

О прогнозировании развития науки как задаче слабого искусственного интеллекта (концептуальный подход)



А. А. Макоско,
д. т. н., профессор,
главный научный сотрудник,
член-корреспондент РАН
aamacosco@mail.ru



В. К. Абросимов,
д. т. н., старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
avk787@yandex.ru

Межведомственный центр аналитических исследований при Президиуме РАН

Проведен анализ существующих подходов к прогнозированию направлений развития науки в РАН, базирующихся на экспертных, математических, статистических, имитационных методах. Показано, что данная задача не имеет четких алгоритмов решения и относится к задачам слабого искусственного интеллекта. Предлагается решать задачи прогнозирования с использованием специализированной информационно-коммуникационной экспертной среды, обеспечивающей высокую ситуационную осведомленность экспертов и реализующую принципы и подходы искусственного интеллекта для организации процессов принятия решений при прогнозировании.

Ключевые слова: фундаментальная наука, фундаментальные и поисковые исследования, прогноз развития науки, долгосрочный прогноз, стратегическое планирование, экспертное прогнозирование, искусственный интеллект.

Введение

В настоящее время в практике государственного управления наиболее востребованы понятия: стратегическое планирование, стратегический анализ, стратегическое прогнозирование. При этом стратегический анализ и стратегическое прогнозирование являются важнейшим начальным этапом стратегического планирования.

Согласно Федеральному закону от 28.07.2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» РАН участвует в разработке документов стратегического планирования, разрабатываемых в рамках прогнозирования, к которым относятся:

- а) прогноз научно-технологического развития Российской Федерации;
- б) стратегический прогноз Российской Федерации.

Эти два прогноза разрабатываются с учетом и на основе данных, представляемых органами исполнительной власти и Российской академией наук. РАН в качестве таких данных представляет прогноз развития важнейших направлений фундаментальных и

поисковых научных исследований на долгосрочную перспективу.

Однако потенциал РАН существенно больше и идея создать в стране современный междисциплинарный центр стратегического прогноза, на разработки которого могло бы опираться руководство страны, неоднократно высказывалась ведущими российскими учеными.

Федеральным законом от 19 июля 2018 г. 218-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» существенно расширены функции академии, в том числе на РАН возложена функция прогнозирования основных направлений научного, научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации. Такое существенное расширение прогностической функции РАН объективно оправданно. Действительно, только российская фундаментальная наука, как системообразующий институт, обеспечивающая получение новых знаний и опирающаяся на собственную логику развития, может выполнить

ключевую роль в своевременном предвидении и оценке рисков, обусловленных научно-технологическим и социально-экономическим развитием, а также в обеспечении подготовки страны к большому вызову, в том числе еще не проявившимся и не получившим широкого общественного признания.

В целях повышения эффективности фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований РАН, усиления их направленности на научное обеспечение реализации национальных проектов (программ), определенных указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.», основных положений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, и в соответствии с Федеральным законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» при президиуме Российской академии наук создан Научно-координационный совет РАН по проблемам прогнозирования и стратегического планирования в Российской Федерации. Завершается проработка вопроса о создании в структуре Российской академии наук специализированного подразделения, обеспечивающего проведение аналитических, прогнозных и экспертных работ в интересах совершенствования системы стратегического планирования. В рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 23 «Научные основы развития российского научно-инновационного комплекса в контексте глобальных трансформаций» проводится развитие методических и технологических основ научно-информационной поддержки процессов стратегического планирования, подготовки аналитических и прогнозных материалов РАН. Для проведения экспертных работ в РАН сформирован корпус экспертов в количестве 7265 ученых из академических институтов, других научных организаций, ведущих вузов.

Таким образом, в РАН завершается создание необходимой научно-организационной инфраструктуры для реализации новой функции прогнозирования основных направлений научного, научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации.

Здесь уместно вспомнить, что к числу первых отечественных комплексных прикладных прогнозных аналитических исследований относится Государственный план электрификации России (ГОЭЛРО), разработанный в 1920-1922 гг. Затем долгое время считалось, что существовавшая система жесткого централизованного планирования экономики полностью отвечала потребностям и задачам развития народного хозяйства.

В 1960-е гг. произошло возрождение прогнозирования как научного направления в недрах Научно-исследовательского экономического института при Госплане СССР. В 1971-1972 гг. под руководством А. И. Анчишкина, С. С. Шаталина и Ю. В. Яременко впервые была предпринята попытка разработки альтернативной концепции развития народного

хозяйства на период с 1976 по 1990 гг. Во второй половине 1970-х гг. в СССР в качестве координирующего органа прогнозно-аналитических исследований в стране был создан Научный совет по проблемам научно-технического и социально-экономического прогнозирования при Президиуме АН СССР и Государственном комитете СССР по науке и технике под руководством вице-президента АН СССР В. А. Котельникова. Результаты оформлялись в виде регулярно выходившей с интервалом в пять лет Комплексной программы научно-технического прогресса СССР (КПНТП) с заблаговременностью 20 лет с разбиением по пятилетиям. Всего в свет было выпущено 3 КПНТП [1].

В 2008 г. на общем собрании РАН ставится вопрос о межведомственном координационном совете по научно-технологическому и социально-экономическому развитию. В соответствии с поручением Президента Российской Федерации ученые академии провели исследования и подготовили доклад о прогнозе научно-технологического развития страны до 2030 г. Исследования такого масштаба были организованы в России под эгидой академического сообщества впервые за последние более чем 20 лет. Координацию осуществлял Координационный совет РАН по прогнозированию под руководством академика А. Д. Некипелова.

Задачи прогнозирования на долгосрочную и даже среднесрочную перспективу в условиях существенной неопределенности относятся к одним из самых сложных задач в любой области знаний. Особо сложное положение складывается в области фундаментальных наук, где временные горизонты прогноза объективно очень значительны. Необходимо учитывать поистине необозримое количество факторов, имеющих различные сущности, размерности, зачастую неформализуемых вообще, но которые могут неожиданно быстро повлиять на развитие фундаментальной науки.

В методологическом отношении основой разработки в РАН Прогноза развития важнейших направлений фундаментальных и поисковых научных исследований на долгосрочную перспективу были и остаются экспертные методы прогнозирования. В числе привлекаемых экспертов — ведущие ученые, крупные специалисты в своих научных областях. Но эксперт всегда находится в рамках своих знаний, представлений, личного опыта. Вспоминая теорему Геделя о принципиальных ограничениях всякой формальной системы, можно провести определенные ассоциации: эксперту для выработки потенциально эффективных направлений развития науки необходимо выработать утверждения, которые должны выходить за рамки его представлений о предмете прогнозирования. Однако именно в этом и заключается «подводный камень». Авторы настоящей публикации знают по себе: как только возникает новая задача в их научной сфере, ум «услужливо подсказывает» алгоритм решения, основанный на изученных, в свое время апробированных для решения аналогичных задач эффективных подходах и методах. Частым источником погрешностей прогноза является объективно ограниченная осведомленность эксперта. Все чаще у экспертов наступают

своего рода «информационные тупики», связанные либо с обилием сведений и нерешенной проблемой отсеивания малозначимой и недостоверной информации, либо с отсутствием необходимых для принятия решений данных вследствие замкнутости знаний в рамках одного института, научного центра, кафедры, лаборатории и др.

Своего рода «сюрпризом» последнего времени стало появление инновационных технических решений, которые становятся двигателем фундаментальных исследований. Например, появление Интернета как некоторой комфортной открытой сети для общения исследователей, поставило перед фундаментальной наукой задачи доступности и надежности сетей, состоящих из миллиардов узлов, оперативности получения, хранения, обработки и передачи больших данных, обеспечения безопасности информации, развития суперкомпьютеров и др. Как бы не относиться к порой фантастическим новациям убыточных компаний Илона Маска, но постановки и практические реализации связанных с его именем технических задач существенно обогатили теорию управления, мехатронику, информатику и др. По некоторым данным уже свыше 80% результатов фундаментальных исследований в США сейчас делается с существенным участием информационных технологий.

Представляют определенный интерес подходы к решению задачи прогнозирования развития науки за рубежом. Перечень ведущих зарубежных центров в этой сфере охватывает большое количество организаций, среди которых: Департамент Форсайта Министерства науки Великобритании (Foresight, Government Office of Science); Институт инновационных исследований Университета Манчестера (Manchester Institute of Innovation Research) (Великобритания); Институт перспективных технологических исследований Испании (Institute for Prospective Technological Studies); Фраунгоферовский Институт системных и инновационных исследований Германии (Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research); Институт научно-технической политики Японии (National Institute of Science and Technology Policy) и др.

По отдельным сведениям основное отличие при использовании экспертных методов за рубежом состоит в принципиально ином подходе к мотивированию экспертов и организации экспертизы; весьма эффективными при долгосрочных прогнозах становятся продуманные финансово и поддержанные информационно-коммуникационными технологиями системы коллективной экспертизы [2].

Не вполне ясны принципы формирования, например, ежегодных отчетов типа «Research Fronts 2017: 100 Top Ranked Specialties in the Sciences and Social Sciences» агентства Thomson Reuters, содержащих разделенные на 10 групп 100 актуальных и 44 прорывных направлений научных исследований (в области естественных и общественных наук), однако ссылки на Scopus и Web of Science позволяют предположить взаимосвязь их подготовки с публикационной активностью.

Уникальная, пока еще не имеющая аналогов в мире эффективность организационной структуры DARPA

Министерства обороны США как постановщика общего замысла и активной контрактной работы с научными учреждениями и одновременно с организациями промышленности, готовности разрушения концепций, созданных предшественниками, работа по высокозатратным проектам, в том числе и тем, в которых вероятность неудачи достаточно высока, приводящая к адекватной современности расстановке целей и приоритетов, обеспечении возможности быстрого открытия новых направлений исследований и закрытию бесперспективных, стремление спрогнозировать и виртуально описать будущее, а затем технологически «приблизить это будущее», продолжает оставаться если не образцом, то хорошим примером [3].

1. Задача прогнозирования как задача слабого искусственного интеллекта¹

Очевидно, что необходимым элементом качественного прогноза эксперта являются его знания, подкрепленные осведомленностью. В работе [4], где проанализирован многолетний опыт построения систем ситуационной осведомленности, еще раз подчеркивается три основных понятийно-образующих элемента этого понятия:

- качественная и достоверная информация об окружающей ситуации во времени и пространстве;
- адекватное реальности распознавание значения ситуации;
- прогнозирование сценария развития ситуации, собственных действий и действий других участников.

Указанное в полной мере относится к прогнозированию развития науки.

Действительно, если проанализировать работу квалифицированного эксперта над проблемой выявления новых направлений науки в своей области, то можно заметить, что эксперт последовательно решает три основных задачи.

Информационная задача. Эксперт, прежде всего, изучает информационные источники. При этом используются методы структуризации, классификации и формализации знаний из различных доступных эксперту по его квалификации и техническим возможностям проблемных областей. Обучение и самообучение посредством автоматического накопления и формирования знаний с использованием процедур анализа и обобщения данных относится к задачам искусственного интеллекта.

Задача распознавания. Основываясь на анализе имеющейся разнородной информации, эксперт распознает ситуацию, связанную с перспективами развития науки в той предметной области, в которой он компетентен. Он выделяет отличительные признаки текущего состояния исследований и методов исследо-

¹ Понятие искусственного интеллекта (ИИ) пытались формализовать Алан Тьюринг (1950 г.), а затем Джон Серль (1980 г.), который ввел философские понятия «слабый ИИ» и «сильный ИИ». Под слабым ИИ понимается способность компьютеров решать информационные задачи. Сильный ИИ подразумевает, что компьютер не просто оперирует информацией, а, в той или иной степени, понимает ее смысл.

ваний, часть гипотез высказывается по аналогии. Приверженцы корректного обоснования прогнозов строят специальные строгие прогнозные модели. Появление новых, возможно еще нечетко выраженных признаков, фактов, событий заставляет эксперта осознать, что новая, прогнозируемая на перспективу ситуация не может быть отнесена ни к одному известному классу. Задачи такого типа также относятся к задачам искусственного интеллекта.

Задача принятия решений. Эксперт, наконец, делает умозаключение. Он принимает решение относительно перспектив развития науки в том направлении, в котором возникшая в настоящее время ситуация с его личной точки зрения, еще не имеет прецедентов. Задачи анализа и моделирования умозаключений также относятся к задачам искусственного интеллекта.

Важнейшими задачами научного сообщества являются признание или отрицание новых идей и теорий, обеспечивающих развитие соответствующей области знаний. Поэтому двигательной силой науки является сомнение. Настоящий ученый всегда сомневается и взаимодействует с другими экспертами для того, чтобы получить подтверждение своим выводам. Система распределенных ситуационных центров [5], видимо, в максимальной степени способна задействовать потенциал экспертного сообщества, но вопросы качества прогнозов остаются. Постепенно в результате коллективной работы над такими предложениями экспертов разрабатываются обобщенные прогнозы развития фундаментальных исследований академического сектора науки, которые становятся информационной базой для принятия управленческих решений, непосредственно касающихся сфер экономики и науки [6].

Таким образом, все три кратко описанных выше решаемых экспертом задачи по сути относятся к области искусственного интеллекта². Подчеркнем, что мы проводим исследование в рамках философского понятия «слабого искусственного интеллекта», то есть не претендуем на моделирование самого мыслительного процесса выработки экспертного решения. Но все изложенное не противоречит и не общепризнанному, но достаточно понятному определению понятия «задача искусственного интеллекта» как задачи, не имеющей алгоритма решения.

Представляется интересной гипотеза об использовании активно разрабатываемых методов искусственного интеллекта для прогнозирования направлений развития российской науки. В этом контексте традиционно активно используются экспертные системы, рассуждения по аналогии, вероятностные модели, методы машинного самообучения, основанные на формализме и статистическом анализе часто эмпирических данных. В последнее время особо активное развитие получили нечеткие модели рассуждений, мягкие вычисления, нейронные сети, эволюционные алгоритмы.

2. Новые методические подходы к решению задачи прогнозирования направлений развития российской науки

Что можно сделать для повышения достоверности столь важных прогнозов? Этому могла бы способствовать некоторая специализированная Среда, с одной стороны создающая необходимые условия для высокой ситуационной осведомленности экспертов, с другой — реализующая механизмы и элементы искусственного интеллекта для организации процессов принятия решений в процессе прогнозирования.

Сформулируем несколько основополагающих принципов такой Среды.

Существенное повышение ситуационной осведомленности. В ожидаемой перспективе вряд ли следует ожидать получения эффективного решения задачи извлечения реально необходимой для эксперта информации из разнообразных информационных ресурсов. Поэтому определяющее значение должны иметь:

- а) доступность необходимой эксперту информации;
- б) целенаправленное информирование эксперта о новых достижениях, фактах, событиях в специализированных и смежных с ними областях науки, в которых он экспертным сообществом считается компетентным.

Обеспечить требуемую ситуационную осведомленность экспертов в современных условиях можно на пути объединения разрозненных источников информации в единую систему разработанных на основе различных технических и организационных решений — цифровых библиотек и архивов, баз знаний, хранилищ и др., и создания комфортных и эффективных условий работы с имеющейся информацией. Важным элементом при этом должны явиться механизмы отсева слабых или неактуальных решений, повторного использования добытой научной информации во всех ее формах, функциональной специализации экспертов. Определяющим здесь будут являться методы извлечения данных и знаний, «заточенных» на вопросы прогнозирования перспектив развития науки и информационно-коммуникационная инфраструктура обмена данными и знаниями между экспертами. Задачи создания таких архивов и методов для России являются амбициозными, но по данному пути идет и мировое развитие информационных технологий [1]. Однако здесь не видно принципиальных преград. С развитием современных методов искусственного интеллекта, обработки больших данных и др. эта задача все более будет приближаться (во всяком случае, технически) к эталонному решению.

Придание результатам прогноза эмергентных свойств. Основным свойством, которое должно быть присуще результату прогноза, должно быть свойство эмергентности, т. е. возникновение особых свойств, не присущих элементам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями. Свойство эмергентности должно возникать в процессе анализа направлений развития науки группой специалистов, обладающих различными знаниями в различных предметных областях, что в результате

² ИИ призван решать задачи либо плохо алгоритмизируемые, либо сложно алгоритмизируемые, т. е., с практической точки зрения, не имеющие алгоритма.

должно приводить к синергии их прогнозов и повышению их достоверности.

Обеспечивать эмергентность можно было бы за счет сетевого характера построения Среды. При таком подходе структура Среды могла бы быть представлена как сеть узлов-генераторов информации. В узлах размещаются эксперты. Каждый эксперт рассматривается как агент многоагентной системы [7], обладающий собственными возможностями по предоставлению прогноза развития науки, и потребностями в информации для разработки такого прогноза. Агенты могут передавать недостоверную или ограниченно правильную информацию; поэтому агент, как источник информации, может быть задействован, ограниченно задействован или выключен. Агенты могут и должны быть ранжированы по важности, рейтингу и др. В задачах прогнозирования вряд ли можно набрать необходимые статистики, поэтому достоверность прогнозов должна описываться скорее лингвистическими и нечеткими переменными.

При таком представлении процесс выработки коллективного решения можно построить как процесс самоорганизации групп агентов. В основу технологии самоорганизации в процессе прогнозирования может закладываться принципы Интернета вещей [8] и так называемая технология «разделяемой нервной системы», активно используемая в робототехнике [9]. В современных трактовках понятия Интернета вещей (англ. Internet of Things, IoT) можно упрощенно зафиксировать три основных положения:

- а) концепция IoT связана с физическими объектами;
- б) в концепции IoT предусматривается организация разветвленных многоуровневых сетей;
- в) в концепции IoT реализуется активное взаимодействие (условно-датчиков с датчиками).

Следуя по аналогии, архитектура Среды будет представлять собой самоорганизующуюся сеть экспертов в определенных предметных областях. Так же как малые автономные роботы выполняют простейшие работы, контролируют себя и способны объединяться в сложные формирования, совместно решающие сложные задачи, в сети будут на различных уровнях образовываться и, в зависимости от возникающей ситуации, распадаться группы экспертов, мнения которых относительно некоторого перспективного направления в заданной области науки постепенно станут сближаться. Общение экспертов, как агентов, можно организовать на определенных площадках переговоров; в процессе переговоров будут реализовываться определенные правила самоорганизации и оценки качества решений. Агенты будут выполнять свои ограниченные прогнозы. По аналогии с основной парадигмой Интернета вещей, каждый агент указанной выше сети может и будет представлять интерфейс своего состояния и функций для взаимодействия, доступный другим агентам. При таком подходе агенты смогут запросить друг друга по определенному кругу интересующих их вопросов, в зависимости от результатов общения и статуса управлять процессом выработки мнений.

Выбранные группой экспертов агенты будут обобщать мнение групп и управлять процессом принятия решений, вырабатывая коллективное мнение.

Исключение «наследственности знаний» экспертов. Эксперты являются зависимыми от обстоятельности, что влияет на принятие решений. Указанный фактор целесообразно нивелировать. Необходимо признать принципиальную ограниченность знаний конкретного эксперта и его объективную «заточенность» на собственные представления о путях развития науки. Это означает, что процесс выработки будущих перспективных направлений науки целесообразно максимально «оторвать» от мнений конкретных экспертов и даже сообществ экспертов, но учитывать их как некие правильные исходные данные.

Кроме того, целесообразен постоянный пересмотр статуса и рейтинга эксперта в зависимости от текущих достижений и качества его прогнозов.

Рекурсивность процесса прогноза. Необходимо возможные погрешности прогноза положить в качестве определяющего принципа прогнозирования. Результаты прогноза необходимо снова и снова подвергать сомнению. Это означает, что процесс прогноза должен, скорее всего, иметь рекурсивный характер, то есть уточняться по мере итераций. Тогда при прогнозировании может быть реализовано сочетание методов аналитики и экспертизы с современными методами самообучения, а мнения экспертов выступать в качестве обучающей выборки.

Интересным в данном контексте представляется концептуальный подход, при котором процесс определения новых направлений науки будет реализовываться в итерационном режиме «эксперт–обучающаяся модель». Наша гипотеза состоит в том, что самоорганизующиеся сетевые модели, обученные на исторических примерах и на больших данных о текущей ситуации в соответствующих областях знаний, смогут обнаруживать высокоуровневые признаки перспективных направлений фундаментальных исследований, повысят качество прогноза и обеспечат дополнительное понимание структуры прогноза.

Будущая модель, как представляется, должна обучаться на имеющейся и смодерированной экспертами информации и искать скрытые закономерности в перспективных научных направлениях, после чего снова возвращать ответ экспертам для анализа качества и реализуемости полученного прогноза. В качестве переменных, по которым производится прогнозирование могли бы быть направления различных наук и соответствующие им признаки, например актуальности, новизны, теоретической значимости.

Наиболее эффективным аппаратом для такого рекурсивного прогноза может явиться активно развиваемый в настоящее время в сфере искусственного интеллекта программно-математический аппарат машинного обучения, в частности, например, такого перспективного метода машинного обучения как глубоких (глубинных) нейронных сетей. Целесообразно при этом максимально использовать основное ключевое преимущество глубинного обучения — программа самостоятельно, без участия эксперта, определяет информативные признаки принадлежности ситуации к классу и формирует их иерархию.

Введем понятие «признак нового направления в науке». Исходя из общеизвестного представления, что

наука и есть упорядоченная совокупность знаний о наиболее существенных признаках изучаемых явлений действительности, закономерностях их возникновения, развития и функционирования, можно предположить, что такие признаки в каждом конкретном направлении науки существуют и их можно выделить. Ранее указывалось, что работа эксперта и заключается в нахождении правильных признаков, отличающих перспективное направление в науке от традиционно исследуемых. Существует даже целое направление, посвященное выбору признаков (feature engineering). Способность правильного решения задачи зависит от того, насколько адекватно эти признаки описывают ситуацию в выбранной области знаний. Но обилие и, что еще более важно, разнородность информации эксперта существенно затрудняет такую работу. Глубинные нейронные сети могут работать со всем набором имеющихся данных, а в процессе обучения нейронная сеть сама определяет, какие признаки в данных важны, а какие нет. Сеть может подобрать такое сложное сочетание признаков, которое человек в силу естественных ограничений вряд ли способен предложить и осмыслить.

Используя методы обучения глубинных нейронных сетей «с учителем», на экспертов будет возлагаться нетривиальная задача создания обучающих выборок. Не исключено, что типовыми примерами здесь станут пока еще не собранные в единые цифровые архивы данные, какие прогнозы и признаки новых направлений в науке разрабатывались в исторической ретроспективе и какие из них оказались правильными.

В случае варианта обучения «без учителя» обучающее множество состоит лишь из входных векторов. В этом процессе на экспертов возлагается роль только формирования хранилищ больших данных по выбранной тематике, описывающих различные направления науки и их типовые признаки. Качество работы сети будет зависеть от объемов такой информации. Ценно

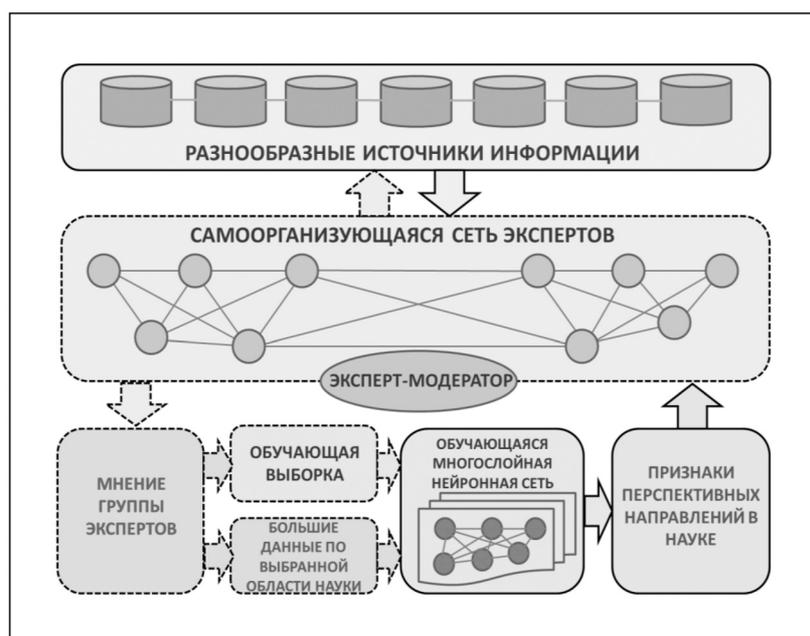
то, что нейронной сети могут быть предложены самые разнообразные сведения в надежде на то, что сеть сама отсеет малозначимые источники и несущественные для развития науки признаки. Это позволит, как представляется, сформировать сложные признаки нового направления в науке из совокупности простых, выделяемых экспертами.

Итак, в нашем подходе при использовании нейронных сетей для задач прогнозирования перспективных направлений в науке на экспертов на первом этапе возлагается только, к сожалению, весьма непростая, функция подготовки исходной информации для многослойной нейронной сети. Результат может быть достаточно неожиданным, нестандартным, так как главный недостаток глубинных нейронных сетей состоит в том, что при обучении в парадигме «без учителя» процесс формирования новых признаков не контролируется и для эксперта остается необъясненным и скрытым. Но на последующих этапах эксперт сможет проанализировать полученный результат и выработать окончательное заключение; поэтому моделирование выступает лишь в качестве вспомогательного аппарата, инициирующего новые идеи и формирующего новые представления (см. рисунок).

Предлагаемый подход не бесспорен и, конечно же, не универсален. Глубокое обучение пока показало свою эффективность главным образом в области обработки изображений. Здесь же предлагается проанализировать возможность его использования для решения задач прогнозирования, тем более, что стандартные нейронные сети такие способности на статистических исходных данных уже активно демонстрируют.

Заключение

Предлагаемый концептуальный подход по созданию Среды опережающего мониторинга и прогнозирования направлений развития российской науки (Среда



Архитектура сетевой Среды опережающего мониторинга и прогнозирования направлений развития российской науки

«Тропа») позволит создать постоянно функционирующее на принципах самоорганизации и обновляемое за счет новой поступающей информации экспертное пространство, непрерывно в онлайн-формате исследующее задачи определения перспективных направлений науки. Необходимые формальные срезы ситуации в этой области можно делать по мере необходимости. Единицей информации в такой Среде является «мнение эксперта». Единицей обработки информации является «направление развития науки на определенный период», выраженное как в словесной, так и в цифровой форме. Но возможность взаимодействия в удаленном режиме и последующего объединения экспертов, имеющих различные мнения, в группы, а указанные группы — в самоорганизующуюся сеть, устойчивую к изменению количества экспертов, степени зависимости между ними и индивидуальному мнению конкретных экспертов — это все призвано повысить достоверность прогноза новых направлений развития науки. К числу наиболее перспективных формальных методов для решения задач прогнозирования следует отнести глубинные нейронные сети.

Таким образом, ныне активно используемые экспертные методы прогнозирования развития науки целесообразно дополнить во многом пока еще эвристическими, но все же более строгими методами искусственного интеллекта при том понимании, что математические теории и модели, реализующие ныне используемые алгоритмы, вряд ли будут эффективны при описании во многом недоопределенных факторов.

* * *

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований президиума РАН № 23 «Научные основы развития российского научно-инновационного комплекса в контексте глобальных трансформаций».

Список использованных источников

1. Комплексная программа научно-технического прогресса СССР на 1991-2010 гг. <https://ecfor.ru/publication/kompleksnaya-programma-nauchno-tehnicheskogo-progressa-sssr>.
2. М. Р. Биктимиров, В. Л. Глебский, Б. В. Долгов, С. А. Поликарпов. Использование информационных технологий и инфраструктур для агрегации научной информации. Опыт Канады, Нидерландов, Германии//Моделирование и анализ информационных систем, 2015, т. 22, № 1. С. 114-126.
3. Е. В. Попова. Организационная структура и механизмы функционирования управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA). Возможное использование опыта DARPA для России//Инновации, 2010, № 11. С. 5-10.
4. M. R. Endsley. Situation Awareness Misconceptions and Misunderstandings//Journal of Cognitive Engineering and Decision Making. 2015, 9 (1): 4-32.
5. Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития/Под ред. В. Е. Лепского, А. Н. Райкова. М.: Когито-Центр, 2017. 416 с.
6. Прогноз развития фундаментальных исследований академического сектора науки до 2030 г. М.: РАН, ИПРАН РАН, 2017. 177 с.
7. С. Рассел, П. Норвиг. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
8. A. Whitmore, A. Agarwal, L. Da Xu. «The Internet of Things – A survey of topics and trends»//Information Systems Frontiers, Vol. 17, 2014, No. 2. P. 261-274.
9. N. Mathews, A. Lyhne Christensen, R. O'Grady, F. Mondada, M. Dorigo. «Mergeable nervous systems for robots»//Nature Communications, 2017, vol. 8, Article number: 439.

On forecasting the development of science as the problem of weak artificial intelligence (conceptual approach)

A. A. Makosko, doctor of technical sciences, professor, chief researcher, corresponding member of the Russian academy of sciences.

V. K. Abrosimov, doctor of technical sciences, assistant professor, senior scientist.

(Interdepartment center of analytical research at the Presidium of the Russian academy of sciences)

There are numerous approaches to the forecast of promising areas of science, which are based on expert, mathematical, statistical, imitation methods, and also on various heuristics. It is shown that this problem does not have clear decision algorithms and, therefore, relates to the problems of artificial intelligence. A conceptual approach to solving problems of this class using artificial intelligence methods is proposed.

Keywords: fundamental science, fundamental and exploratory research, forecast of science development, long-term forecast, strategic planning, expert forecasting.