

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

С. А. Солдатенко

*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Россия, soldatenko@aari.ru*

Рассмотрена проблема управления климатическими рисками в условиях беспрецедентного по масштабам и темпам изменения климата Земли. Обсуждены возможные направления применения технологий искусственного интеллекта в задачах прогнозирования климата, оценки уязвимости природных и антропогенных систем к изменению климата, и климатического риск-менеджмента в целом. Отмечено, что получение количественных оценок степени влияния изменения климата на различные системы (природные, социальные, экономические, технические и др.) невозможно без построения адекватных математических моделей этих систем и исследования их чувствительности в пространстве параметров, в число которых входят климатические переменные. На наш взгляд, модели, построенные на основе технологий ИИ, не могут самостоятельно решить весь спектр задач, нацеленных на оценку и управление климатическими рисками и разработку стратегий адаптации к изменению климата, но могут рассматриваться в качестве дополнительного рабочего инструмента в руках экспертного сообщества.

Ключевые слова: искусственный интеллект; климатические риски; изменение климата; уязвимость систем.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CLIMATE RISK MANAGEMENT

S. A. Soldatenko

*Arctic and Antarctic Research Institute,
St. Petersburg, Russian Federation, soldatenko@aari.ru*

The issue of climate risk management is discussed, given the unprecedented scale and pace of Earth climate change. Areas of possible application of artificial intelligence technologies in climate prediction, assessing the vulnerability of natural and anthropogenic systems to climate change, and climate risk management in general were disputed. It is noted that obtaining quantitative estimates of the degree of influence of climate change on various systems (natural, social, economic, technical, etc.) is impossible without constructing adequate mathematical models of these systems and studying their sensitivity in the space of parameters, which include climate variables. In our opinion, models built on the basis of AI technologies cannot independently solve the problems of assessing climate risks and developing adaptation strategies, but can be considered as an additional tool in the hands of the expert community.

Keywords: artificial intelligence; climate risks; climate change; system vulnerability.

По мере многовекового развития человеческого общества неизбежно возникали социальные и природные феномены и проблемы, которые первоначально носили локальный характер и затрагивали интересы отдельных людей, племен, народов, стран, регионов. С течением времени спектр проблем менялся, а глубина некоторых из них постепенно увеличивалась. На рубеже XX и XXI вв. часть накопленных проблем приобрели беспрецедентные масштабы и охватили всю планету, превратившись, по сути, в цивилизационный вызов. Сложившаяся в мире ситуация, послужившая благоприятным фоном для возникновения глобальных проблем, актуальных для всего человечества и охватывающих практически всю планету, характеризуется резким обострением неравномерности развития общества во всех областях (социальной, экономической, экологической, политической, культурной, научно-технологической, демографической и др.), а также возрастанием процесса интернационализации всей общественной деятельности, всемирной экономической, политической, культурной интеграции и унификации.

Причины глобальных проблем скрыты в противоречиях между человеческой культурой и самой природой. Как самоорганизующийся организм природа регулируется посредством отрицательных обратных связей, которые ей присущи, и поэтому имеет тенденцию находиться в некотором равновесном состоянии. В отличие от природы, в человеческом обществе, как системе, превалируют положительные обратные связи, сопровождающиеся нестабильностью системы, приводящей к экстремальным состояниям. К числу наиболее важных проблем современности, переросших в кризисное состояние планетарного масштаба, относится кризис экологический, включающий в качестве основной компоненты проблему изменения глобального климата [1]. Результаты исследований, выполненных в 1960-1970-е гг. по заказу Римского клуба, стали основой зарождения концепции устойчивого развития, рассматриваемой мировым сообществом как безальтернативную парадигму развития человечества и планеты. Под устойчивым развитием понимается процесс социально-экономических изменений, когда ресурсы планеты, финансовые потоки, организация технического прогресса, институциональные изменения и развитие личности гармонично согласованы между собой и обеспечивают удовлетворение человеческих потребностей и устремлений.

В 2015 г. Генеральной ассамблеей ООН сформулированы 17 целей в области устойчивого развития, названные «Повесткой дня на период до 2030 года». В качестве одной из целей названа борьба с изменением климата.

Достижение данной цели предполагает реализацию многочисленных многовекторных мероприятий, способствующих стабилизации состояния земной климатической системы. Данная задача, прямо скажем, является глобальной по своему характеру и вряд ли кто-нибудь сегодня осмелится сказать, что она будет успешно решена. Поскольку предотвратить изменение климата, которое происходит в сторону потепления, мы не имеем реальной возможности, возникает проблема адаптации к этим изменениям. В этом контексте на передний план выдвигаются задачи, связанные с оценкой уязвимости природных и антропогенных систем к изменению климата и управлением климатическими рисками.

Несмотря на то, что в Российской Федерации (РФ) реализуется Национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата до 2025 года», утвержденный федеральным Правительством, следует констатировать, что подавляющее большинство исследований и разработок, выполняемых в рамках данного плана и касающихся всех аспектов климатического риск-менеджмента, включая оценку уязвимости различных систем к изменению климата и разработку предложений по их адаптации к изменению климата, носят характер качественных рассуждений. На наш взгляд, количественный подход к проблеме климатического риск-менеджмента невозможен без построения адекватных математических моделей социально-экономических систем, в число параметров которых должны входить климатические переменные и их производные. Тогда количественно оценить степень влияния изменения климата на эффективность функционирования систем возможно на основе методов теории чувствительности динамических систем.

Однозначной трактовки сущности риска не существует, поскольку риск всегда связан с субъектом и решениями, которые тот принимает, поэтому для определения риска используются достаточно много формулировок. Однако есть одно общее свойство, которое подразумевается, явно или неявно, практически во всех этих определениях — риск всегда связан с неопределенностью будущих событий и является следствием принимаемых решений субъектом оценки. Ясно, что будущее мы предвидеть не можем, а можем лишь оценить с определенной долей вероятности. Отсюда вытекает вероятностная природа риска. Обычно риск связывают с неопределенностью конечных результатов целенаправленной деятельности субъекта (результатов проекта), которая обусловлена событиями, имеющими малую повторяемость, но значительные последствия для субъекта (результатов). Именно поэтому в большинстве случаев в качестве количественной меры риска R принимается сочетание вероятности наступления неблагоприятного события P и потерь (ущерба) X , обусловленных этим

событием, т. е. $R = P \times X$. При этом риск R выражается в тех же показателях, что и ущерб X . Попутно отметим, что термин «риск» происходит от латинского «*risicare*», что означает «решиться».

Погодно-климатические риски — относительно новый вид рисков, порожденный глобальными климатическими изменениями, происходящими особенно интенсивно в последние несколько десятилетий на нашей планете. Основным источником этих рисков (факторами риска) являются изменения, происходящие в земной климатической системе вследствие естественных и антропогенных причин. Изменение климата непосредственно и опосредованно влияет на функционирование многих природных и антропогенных систем.

На сегодняшний день существуют четыре основных метода идентификации климатических рисков, которые основаны, соответственно, на (I) оценке уязвимости систем к изменению климата; (II) оценке влияния изменения климата на системы; (III) оценке адаптационных возможностей систем; (IV) интегральном подходе к оценке.

Существуют области человеческой деятельности (например, страховая и финансовая отрасли, национальная безопасность, ядерная безопасность, медицина и здоровье человека), в которых понятие риска используется в течение многих десятилетий. Имеются соответствующие разработки и методики, на основе которых риск оценивается и управляется. Однако, эти знания применительно к проблеме анализа и оценки климатических рисков используются в малой степени ввиду того, что эксперты, работающие, в области изучения изменения климата, и эксперты в области корпоративного риск-менеджмента, финансовом и страхом секторах, национальной безопасности, слабо взаимодействуют между собой. При этом следует учитывать, что проблема оценки климатических рисков достаточно специфична. Специфика этой проблемы состоит в том, что анализируя и оценивая климатические риски, мы должны исходить из целостного взгляда на проблему и рассматривать в тесной взаимосвязи сценарии эмиссий парниковых газов в обозримой перспективе, изменения, происходящие в климатической системе и агрегированную стоимость последствий предполагаемого изменения климата.

При рассмотрении проблемы управления климатическими рисками на территории РФ необходимо принимать во внимание несколько важных обстоятельств [2-4]. Прежде всего, надо иметь ввиду, что скорость происходящих изменений климата на рассматриваемой территории значительно превосходит планетарные показатели. Далее, планы социально-экономического развития страны предполагают реализацию многочисленных проектов, поэтому в различных частях РФ ожидается появление новых видов экономической деятельности. Далее, огромная территория РФ включает в

себя несколько природных зон, причем в некоторых из них природно-климатических условия являются экстремальными и имеют существенную вариативность при движении с запада на восток и с юга на север. Поэтому для решения задач климатического риск-менеджмента необходимо синтезировать цифровую карту, которая отражает климатическое районирование и функциональное зонирование территории страны. На этой основе должна быть сформирована для каждой территориальной единицы информационная база данных, включающая в себя:

- характеристики природно-географических, метеорологических и гидрологических условий;
- ретроспективную и текущую климатическую информацию, а также климатические прогнозы (глобальные и региональные);
- экологическую информацию, в том числе экологические индикаторы, характеризующие состояние экосистем;
- социально-экономическую информацию (ретроспективную, на настоящий момент времени и прогностические оценки), в том числе перечень основных видов социально-экономической деятельности и реестр систем, функционирование которых может зависеть от погодно-климатических условий.

На основе комплексной информации, содержащейся в базе данных, для каждой системы, находящейся в сфере влияния рассматриваемой территориальной единицы, формируется риск-среда, представляющая собой вербальное (качественное) описание внешней по отношению к рассматриваемой системе окружающей среды, ограничений, накладываемых окружающей средой на функционирование системы, а также реакции системы на неблагоприятные условия окружающей среды.

По мнению многих экспертов искусственный интеллект (ИИ), как революционная технологическая парадигма, имеет большой потенциал для оценки, прогнозирования и управления рисками изменения климата, что достигается за счет крайне эффективного использования данных и алгоритмов обучения. В сочетании с классическими моделями земной климатической системы и традиционными подходами к риск-менеджменту, модели, построенные на основе технологий ИИ, могут рассматриваться в качестве дополнительного инструмента в руках специалистов при решении всего спектра задач климатического риск-менеджмента.

К основным сферам применения ИИ для решения задач климатического риск-менеджмента можно отнести:

- разработку прогностических математических моделей природных систем, начиная от цифровых двойников планеты Земля и заканчивая опасными климатическими явлениями;
- анализ временных рядов климатических полей;

- анализ и вторичная обработка выходной продукции прогностических моделей;
- разработку прогностических моделей опасных природно-климатических явлений;
- разработку моделей социально-экономических систем;
- оценку уязвимости природных и антропогенных систем к изменению климата;
- оценку климатических рисков для конкретного сектора экономики, населения конкретного региона, той или иной природной или антропогенной системы.

Наш опыт разработки математических моделей природных и антропогенных систем в том числе с применением технологий ИИ, оценки уязвимости систем к изменению климата и анализу климатических рисков показывает, что ИИ — эффективный и очень мощный инструмент моделирования. Но природные системы подчиняются довольно сложным законам мироздания, воспроизвести которые «черный ящик» вряд ли способен. Таким образом, ИИ следует рассматривать как один из инструментов моделирования, анализа и получения оценок. Вполне возможно, что с появлением сильного ИИ ситуация изменится.

Данная работа выполняется в рамках российско-белорусского проекта «Разработка методов климатического и сверхдолгосрочного прогнозирования погоды для территории Беларуси и России с использованием технологий искусственного интеллекта» (проект РНФ 23–47–10003).

Библиографические ссылки

1. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации /под ред. В. М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Научное издание, 2022. – 676 с.
3. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации /под ред. В. М. Катцова и С.М. Семенова; М.: Росгидромет, 2014. – 1008 с.
4. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Под ред. В.М. Катцова. Санкт-Петербург: ГГО имени А. И. Воейкова. 2017. 106 с.