



Экономический и Социальный Совет

Distr.: General
8 July 2024
Russian
Original: English

Европейская экономическая комиссия

Комитет по устойчивой энергетике

Группа экспертов по энергоэффективности

Одиннадцатая сессия

Женева, 16–17 сентября 2024 года

Пункт 8 предварительной повестки дня

Межсекторальное сотрудничество по сквозным вопросам

Группа экспертов по экологически чистым системам производства электроэнергии

Двадцатая сессия

Женева, 16–17 сентября 2024 года

Пункт 7 предварительной повестки дня

Межсекторальное сотрудничество по сквозным вопросам

Влияние искусственного интеллекта на цифровую трансформацию и преобразование данных в секторе электроэнергетики

Записка секретариата

Резюме

Ввиду непостоянного характера работы таких возобновляемых источников энергии, как солнечные и ветровые установки, на фоне растущего спроса на энергию в промышленности и секторе жилья возникает необходимость в переосмыслении концепции существующих энергетических систем путем анализа возможностей интеграции управления спросом, смещения периодов пиковой нагрузки, внедрения краткосрочных (несколько часов) и долгосрочных (сезон) технологий хранения энергии (таких как аккумуляторные батареи или экологически чистое топливо, например, водород). Для поддержания общего баланса электросети, регулирования частоты и обеспечения стабильности требуются передовые цифровые технологии. Цифровые технологии и данные обладают огромным потенциалом для ускорения перехода к чистым технологиям производства энергии во всем энергетическом секторе. Цифровизация позволяет сократить потребности в инвестициях, снизить эксплуатационные расходы и затраты на топливо, повысить эффективность и устойчивость, а также уменьшить выбросы.

Развитие цифровых технологий и услуг и расширение возможностей подключения ускоряют цифровую трансформацию энергетики, особенно электрических сетей: за период с 2015 года был отмечен 50-процентный рост инвестиций в цифровые сетевые технологии, при этом ожидается, что в 2023 году их доля достигнет 19 процентов от общего объема инвестиций в сети. Все большее внимание уделяется распределительному сегменту, на который в настоящее время приходится более 75 процентов всех затрат на цифровые технологии при модернизации сетей. Наблюдается значительный рост инвестиций в инфраструктуру зарядки электромобилей, объем которых в 2023 году составил 25,83 млрд долларов



США, а в период с 2024 по 2030 год ожидается ежегодный прирост более чем на четверть.

Участники энергетического рынка располагают технологиями, позволяющими в режиме реального времени планировать работу всех генерирующих объектов на обширных географических территориях, с тем чтобы оптимизировать и снизить затраты на удовлетворение спроса. Однако в данном секторе еще только начинается работа по анализу эквивалентных мер на стороне спроса, где пока не сформировался основной рынок, обеспечивающий такой же уровень оптимизации возобновляемых ресурсов, хранилищ и мощностей, которые могут быть предложены потребителю (или провайдеру).

Чтобы полностью реализовать потенциал цифровизации для ускорения перехода к чистой энергетике, потребуются дополнительные усилия со стороны политиков и промышленности. Эти усилия включает в себя внедрение стимулирующих стандартов, стратегий и нормативных актов, в которых на первое место ставятся инновации и совместимость, а также устранение рисков в области кибербезопасности и обеспечения конфиденциальности данных. Настоящий документ подготовлен Целевой группой по цифровизации в энергетике и посвящен искусственному интеллекту как технологии, позволяющей достичь не только тройной энергетической цели — обеспечить доступ к устойчивой, доступной и безопасной энергии, при этом в нем также в центре внимания находится цифровой переход применительно к электроэнергетическому сектору как звену в цепочке создания стоимости в энергетике.

Упоминание в настоящем документе какой-либо компании, товара, услуги или лицензированной технологии не означает одобрения либо критики со стороны Организации Объединенных Наций. Употребляемые обозначения не означают выражения со стороны Секретариата Организации Объединенных Наций какого бы то ни было мнения относительно правового статуса той или иной страны, территории или района либо их властей.

I. Введение

1. Ускоренная трансформация энергетического сектора за счет декарбонизации, децентрализации и цифровизации открывает новые возможности и области применения современных технологий для обеспечения планирования и эксплуатации¹. В частности, растущая важность данных и аналитики закладывает основу для создания новых возможностей оптимизации².

2. Цифровизация за счет снижения стоимости информационно-коммуникационных технологий, а также увеличение вычислительных мощностей позволяют увеличить объем имеющихся данных и открывают новые возможности для их анализа. На фоне развития прерывистых и не поддающихся диспетчерскому управлению источников генерации энергии и роста числа участников (а также единиц оборудования) в секторе повышается сложность и растет спрос на аналитику данных, включая передовые методы искусственного интеллекта, такие как машинное обучение (МО) и глубокое обучение (ГО). По всей цепочке создания стоимости в энергетике все чаще используются методы прогнозирования и оптимизации на основе ИИ, будь то моделирование цифрового двойника энергетического оборудования, прогноз выработки электроэнергии из возобновляемых источников, потребление газа в зависимости от метеоусловий или наличие мощностей в электрических, газовых и тепловых сетях. Процесс цифровизации открывает множество возможностей в энергетическом секторе, включая повышение эффективности эксплуатации и планирования систем с помощью передовых систем измерения и мониторинга, комплексные прогнозы и предиктивное обслуживание, возможности на стороне спроса и оптимизированные системы кибербезопасности.

II. Обзор искусственного интеллекта

3. Технология, известная как искусственный интеллект, не нова и появилась еще в 1950-х годах. Эта область исследований увлекает ученых-компьютерщиков с тех пор, как Алан Тьюринг придумал «Игру в имитацию» в 1950 году. Всякий раз, когда в обществе происходят трансформационные сдвиги в мировоззрении (будь то локальные или глобальные), и особенно когда эти сдвиги обусловлены технологическими переменами, возникает необходимость понять последствия этих перемен. Появление искусственного интеллекта оказывает влияние на все большее количество секторов и, как ожидается, повлияет на глобальную производительность, а также на равенство и инклюзивность. Воздействие ИИ на энергетический сектор, как в качестве фактора, способствующего развитию, так и в качестве нового источника рисков, требует прежде всего глубокого понимания соответствующих технологий. На основе этого можно разработать необходимые методы, усовершенствовать процессы (включая политику и регулирование) и расширить спектр соответствующих источников данных, чтобы обеспечить их использование в устойчивых энергетических системах.

4. Организация экономического сотрудничества и развития определяет систему искусственного интеллекта следующим образом:

«[Машинная] система, которая способна воздействовать на окружающую среду, выдавая выходные данные (прогнозы, рекомендации или решения) для заданного набора задач»³.

5. Определение системы искусственного интеллекта, содержащееся в Законе Европейского союза об искусственном интеллекте, сформулировано так:

«[Машинная] система, предназначенная для работы с различной степенью автономности и способная к адаптации в процессе функционирования, которая для

¹ См. ECE/ENERGY/GE.6/2022/4–ECE/ENERGY/GE.5/2022/4.

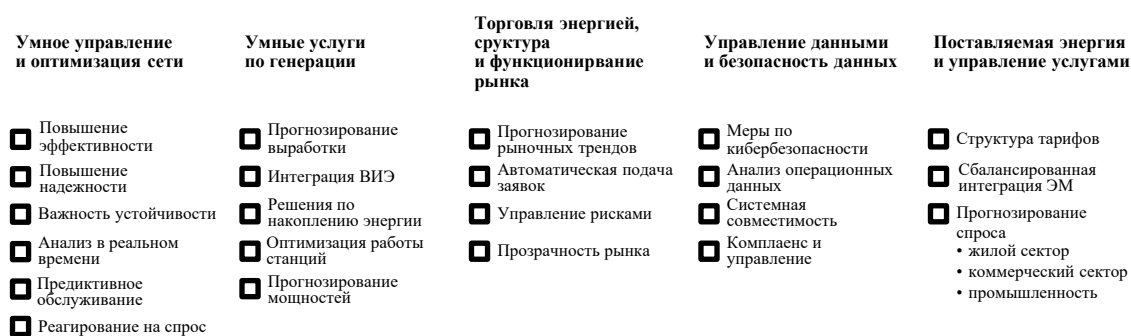
² См. GEEE-9.2022.INF.3 и ECE/ENERGY/GE.6/2023/4–ECE/ENERGY/GE.5/2023/4.

³ <https://mneguidelines.oecd.org/RBC-and-artificial-intelligence.pdf>.

явных или неявных целей определяет на основе полученных входных данных способ генерирования таких выходных данных, как прогнозы, контент, рекомендации или решения, которые могут влиять на физическую или виртуальную среду»⁴.

6. Различные системы ИИ различаются по уровню автономности и адаптивности в процессе работы. Искусственный интеллект — это широкая область, включающая в себя такие направления, как машинное обучение, глубокое обучение, а в последнее время — генеративный ИИ. Иногда эти термины используются как взаимозаменяемые для описания систем с интеллектуальными способностями; их относительное положение и ключевые области применения в электроэнергетике представлены на рис. I.

Рис. I
Области применения ИИ в электроэнергетике



7. ИИ можно классифицировать по нескольким признакам: например, семейству алгоритмов, используемых для разработки, приложениям, для которых используется ИИ, способностям, воспроизводимым технологией. Наиболее целесообразный подход к классификации ИИ может быть определен целями исследования, в котором он будет использоваться⁵. Таксономии ИИ представлены на рисунке II⁶.

Рис. II
Иллюстрация вложенных позиций для областей генеративного ИИ, ГО и МО в области ИИ



8. МО относится к классу алгоритмов, которые используют данные для обучения правилам и поиска обобщенных предиктивных моделей. Имеется три основных категории МО, и подходы к ним традиционно классифицируются как:

⁴ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0138-FNL-COR01_EN.pdf.

⁵ Samoilis, S., López Cobo, M., Gómez, E., De Prato, G., Martínez-Plumed, F., and Delipetrev, B., AI Watch. Defining Artificial Intelligence. Towards an operational definition and taxonomy of artificial intelligence, EUR 30117 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-17045-7, doi:10.2760/382730, JRC118163.

⁶ Sarker, I.H. Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions. SN COMPUT. SCI. 2, 420 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>.

а) контролируемое обучение: алгоритмы, обучающиеся на основе набора входных данных и размеченных выходных данных, чтобы выдавать прогнозы либо в виде реальных значений (регрессия), либо дискретных меток классов (классификация, например, прогнозирование и расчет спроса на энергию);

б) неконтролируемое обучение: алгоритмы, анализирующие закономерности, сходства, различия и структуры неразмеченных данных (например, обнаружение аномалий для предиктивного обслуживания);

с) обучение с подкреплением: алгоритмы, которые анализируют и оценивают различные решения и возможности, после чего запоминают оптимальный результат для набора определенных правил. Этот тип машинного обучения схож с человеческим методом проб и ошибок (например, оптимальный режим работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования, переменного тока высокого напряжения (ПТВН)).

9. Поскольку природа систем обучения продолжает развиваться, появляются подходы, которые полностью не вписываются в эти три категории и требуют нового описания (например, обучение с частичным привлечением учителя, самоконтролируемое обучение), но эта классификация полезна при рассмотрении потенциального пространства применения ИИ.

10. ГО — это направление машинного обучения, предусматривающее применение методов на основе использования искусственных нейронных сетей. В данном контексте «глубокое» означает использование состоящей из нескольких слоев сетевой иерархии, которая служит для преобразования данных в полезные абстрактные образы, которые запоминаются автоматически. В этом состоит его ключевое отличие от традиционных методов МО, которые опираются на преобразования данных, определяемых человеком.

11. Генеративный ИИ — это одна из подгрупп ГО, которая анализирует структуру и закономерности данных, чтобы затем генерировать новые данные с аналогичными характеристиками. Генеративные алгоритмы ИИ обычно опираются на неконтролируемые методы обучения или метод обучения с частичным привлечением учителя, которое сочетает в себе контролируемый подход, с использованием как размеченных, так и неразмеченных данных. Обучение с частичным привлечением учителя играет важную роль в тех случаях, когда получение адекватных размеченных данных чрезмерно сложно или дорого, а большие объемы неразмеченных данных получить проще⁷. Большие языковые модели (БЯМ), как и GPT, представляют собой разновидность генеративного ИИ, который изучает грамматическую структуру и контекстуальные связи между словами путем обучения на огромном массиве текстовых данных. Они считаются базовыми моделями, поскольку обучаются на огромном массиве данных, что позволяет применять их в самых разных контекстах⁸.

III. Применение искусственного интеллекта в электроэнергетике

12. На фоне развития цифровых технологий и осознания организациями ценности данных, генерируемых их подключенными к сети установками, и соответствующей трансформации процессов ИИ может обеспечить возможность обработки больших объемов данных и реализовать потенциал всей цепочки — от создания данных до принятия более эффективных решений.

13. Возникающие в связи с трансформацией электроэнергетических систем потребности, которые потенциально могут быть решены с помощью ИИ, можно отнести к следующим группам:

⁷ <https://www.ibm.com/topics/semi-supervised-learning>.

⁸ <https://cset.georgetown.edu/article/what-are-generative-ai-large-language-models-and-foundation-models/>.

а) повышение сложности планирования и эксплуатации электрических сетей и рынков электроэнергии в связи с увеличением числа участников и услуг. Ныне действующая система электроснабжения не была рассчитана на использование диверсифицированных и распределенных источников энергии, в частности ВИЭ с переменным характером производства энергии;

б) все более широкое использование датчиков, таких как умные счетчики, и технологий интернета вещей (ТИВ) в электросетях открывает дорогу для новых направлений бизнеса, в которых извлекается польза из собранных данных и которые, в конечном итоге, могут повысить энергоэффективность и/или снизить затраты для потребителей и компаний;

в) трансформация функционирования оптового и розничного рынков электроэнергии. Новые рыночные модели, например локальные рынки или энергетические сообщества с одноранговой торговлей, требуют наличия оперативно действующих механизмов для распределения ресурсов и выставления счетов⁹.

14. В настоящем документе использование ИИ в электрических сетях сгруппировано по следующим направлениям, указанным на рисунке I: управление и оптимизация¹⁰; генерация и услуги генерации; торговля энергией, структура и функционирование рынков; управление данными и кибербезопасность; поставляемая энергия и управление услугами.

15. Балансировка электрической сети — сложная и ответственная задача, обеспечивающая стабильное и надежное электроснабжение. Основная цель — обеспечить соответствие предложения электроэнергии спросу в режиме реального времени и с планированием на час вперед, на сутки вперед и т. д. Этот процесс, собственно, и означает «балансировку» энергосети.

16. Помимо инструментов, используемых в режиме реального времени для обеспечения баланса, таких как автоматическое управление генерацией (АУГ), отключение нагрузки, управление спросом, важную роль играет точность прогнозов нагрузки и генерации. С диверсификацией источников генерации, включая «внешнюю генерацию», «умные здания», микросети и т. д., эффективность традиционных моделей, используемых сегодня для прогнозирования нагрузки и генерации, ставится под сомнение, и они порой уже не обладают необходимой точностью, поскольку эти модели, как правило, основаны на сопоставлении исторических моделей. Модели искусственного интеллекта могут успешнее решать задачи повышенной сложности и выдавать более точные прогнозы по нагрузке, генерации и потенциальным мощностям. Модели ИИ могут задействовать различные методы, включая МО и ГО, а также гибридные модели, сочетающие различные подходы к ИИ.

17. При планировании работы сети (на час вперед, на сутки вперед, на неделю вперед и т. д.) для оптимизации могут использоваться модели МО, что позволяет сократить время и риск ошибок при проведении таких сложных расчетов.

Управление сетью и ее оптимизация

18. Энергосистема — сложная и живая структура, причем ее сложность возрастает с добавлением таких нетрадиционных элементов, как инверторные ресурсы (накопители энергии, солнечные генераторы, зарядная инфраструктура для электромобилей и т. д.). Поэтому человеку-оператору становится все труднее

⁹ F. Heymann, H. Quest, T. Lopez Garcia, C. Ballif, M. Galus, 'Reviewing 40 years of artificial intelligence applied to power systems – A taxonomic perspective', Energy and AI, Volume 15, 2024, 100322, ISSN 2666-5468, <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2023.100322>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666546823000940>, дата последнего просмотра: 29 мая 2024 года.

¹⁰ См. IRENA, 'Artificial Intelligence and Big Data', 2019 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_AI_Big_Data_2019.pdf?rev=13acc202641648b1b24ea17dacd72e.

распознавать закономерности, полностью понимать и вникать в происходящие процессы, особенно при нарушении штатных режимов.

19. Использование искусственного интеллекта для оптимизации планирования, проектирования, эксплуатации и мониторинга работы энергосистем, повышения пропускной способности электропередающих и распределительных линий, а также продления срока службы оборудования будет иметь ключевое значение для поддержки энергетического перехода. С повышением степени интеграции и децентрализации электросети за оптимизацию системы теперь отвечают сети не только высокого, но и низкого напряжения, а распределительные сети приобретают важное значение для долгосрочного планирования. Поддержание стабильности энергосистемы и обеспечение надежности поставок может стать более сложной задачей, поэтому автоматизация ранее выполнявшихся вручную процессов и проверок системы может иметь значительные последствия.

20. Хотя создание полностью автоматизированной энергосистемы, в которой не требуется вмешательство человека, остается далекой мечтой, искусственный интеллект позволяет операторам в реальном времени быстрее и эффективнее принимать решения по управлению сетью. За счет способности анализировать огромные объемы данных ИИ может помочь операторам электросетей:

a) находить основную причину сбоев и предлагать план действий по их устранению;

b) классифицировать сигналы тревоги, определять и приоритизировать корневые сигналы, а не причинно-обусловленные;

c) прогнозировать проблемы до их возникновения и предлагать меры по их устранению;

d) в случае крупных сбоев или отключений электроснабжения ИИ может проанализировать множество возможных сценариев восстановления работоспособности энергосистемы и предложить дополнительные действия в зависимости от уровня приемлемого риска;

e) даже при нормальной работе ИИ позволяет оптимизировать энергопотоки в сети и тем самым снизить ее загрузку и/или затраты.

21. Помимо этих преимуществ в процессе эксплуатации ИИ вносит значительный вклад в процессы, связанные с обслуживанием оборудования, и помогает сократить административную нагрузку в связи с эксплуатационно-техническим обслуживанием (перейти от периодического обслуживания к обслуживанию по реальному состоянию оборудования), улучшить управление установками (перейти от замены оборудования по причине выработки срока к замене на основе реального технического состояния) и оптимизировать графики обслуживания для выездных бригад. В этом сегменте необходимо иметь всеобъемлющую и четко организованную систему управления данными, включая журналы регистрации технического обслуживания оборудования, данные по оборудованию и датчикам, рыночную информацию, информацию о ценах на сырьевые товары, прогнозы погоды, графические изображения и видеоматериалы.

Генерирующий сектор

22. Поскольку все больше генерирующих мощностей, например ветротурбины и солнечные панели, зависят от погодных условий, повышение качества прогнозирования этих возобновляемых ресурсов поможет как операторам, так и рынку. С помощью моделей ИИ можно более точно прогнозировать производимую мощность, например уровень солнечной и ветровой генерации, основываясь на исторических погодных данных, измерениях скорости ветра и суммарной мощности солнечного излучения в реальном времени с местных метеостанций, показаниях датчиков, а также изображениях и видеоданных (например, спутниковых снимках облачного покрова).

23. Для операторов систем точное краткосрочное прогнозирование выработки электроэнергии позволит улучшить планирование пуска и останова агрегатов,

повысить эффективность диспетчеризации и снизить проблемы надежности, а значит, сократить операционные резервы (включая топливо), необходимые системе.

24. Кроме того, такие более точные краткосрочные прогнозы в сочетании с использованием локальных накопителей энергии, возможностями подключения электромобилей к сети (V2G) или виртуальных электростанций (ВЭС), зарядки и разрядки позволяют сократить периоды отключения ВИЭ и повысить надежность работы сети. Это также поможет генерирующим компаниям на основе ВИЭ в процессе подачи заявок на оптовых и балансирующих рынках, а также позволит снизить штрафы; при этом также обеспечит возможность гибкости для операторов энергосетей, если они интегрированы в работу энергосистемы, и повысит их надежность и живучесть. ИИ обеспечивает возможность более эффективно управлять этими технологиями за счет максимальной интеграции ВИЭ (включая повышение точности прогнозов генерации), снижения цены и увеличения прибыли владельцев накопительных систем.

25. В сетях ведется работа по ускорению интеграции систем на основе ВИЭ для снижения выбросов углерода и обеспечения устойчивости и независимости потребителей за счет оптимизации управления энергией и ее хранения, и ИИ может обеспечить динамичное управление, необходимое для координации производства, хранения и распределения электроэнергии в моменты пикового спроса. Совместное использование технологий искусственного интеллекта в рамках интеграционных процессов позволит быстрее решать сложные задачи, возникающие при интеграции дорогостоящих систем генерации, хранения, управления и коммуникации.

26. Выведение на полную мощность будущих энергосистем повлечет за собой рост стоимости установок, проверок и мер по обслуживанию и ремонту в процессе расширения сетей (например, кабелей, опор, трансформаторов, программного обеспечения и т. д.). Алгоритмы МО помогут операторам понимать события, происходящие в реальном масштабе времени, реагировать на них столь же динамично и прогнозировать будущие события.

27. Для комплексного анализа этих интегрированных систем требуется отлаженная структура документирования информации, начиная с планирования строительства и определения местоположения, управления агрегатами и отчетов об отказах, до графиков технического обслуживания и прогнозов производства электроэнергии. В то же время такой анализ будет способствовать надежной и экономичной интеграции ВИЭ в энергосистему.

Торговля энергоресурсами, структура и функционирование рынков

28. ИИ наиболее эффективен при выявлении закономерностей в больших массивах данных и оптимизации процессов. По мере расширения энергосистемы за счет распределенной генерации устройства ТИВ, которые способствуют наступлению новой эры энергетических сетей, ежедневно генерируют сотни терабайт данных¹¹. Лишь небольшая часть этих данных, около 2 процентов, хранится на постоянной основе¹². Чтобы открыть доступ к целому ряду энергетических услуг, включая энерготранзакции, относящиеся к электрогенерирующим объектам, находящимся вне пользования поставщика энергии (VTM), эти распределенные агрегаты должны играть определенную роль в балансировке сети и оптимизации качества электроэнергии.

29. Реагирование на спрос (РС), хотя и не является новым рыночным механизмом, все еще находится на стадии становления в контексте энергетического рынка, поскольку большинство программ РС работают на основе взаимных договоренностей между операторами сетей и владельцами оборудования. Мощные накопители в масштабах сети могут способствовать оказанию сетевых и вспомогательных услуг (например, регулирование частоты), а при интеграции с распределенными

¹¹ <https://explodingtopics.com/blog/data-generated-per-day>.

¹² Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025, Petros Taylor, 2023, Statista.com. <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>.

мощностями и устройствами ТИВ открывают возможности для новых рыночных схем, таких как виртуальные электростанции (ВЭС)¹³.

30. Растет скорость функционирования и сложность рынков электроэнергии, включая рыночные операции в течение дня, рынки мощности, интеграцию новых, зачастую мелких, игроков и т. д.

31. На этом фоне ИИ может помочь оптимизировать рыночные операции в режиме, близком к реальному времени, опираясь на большие потоки данных, что позволит быстро реагировать на рыночные изменения. Благодаря использованию ИИ можно улучшить прогнозирование цен, агрегирование и повысить гибкость торговли. По мере развития рынков ИИ может обеспечить разработку новых алгоритмов, новых торговых схем и новых рыночных правил.

32. Данные, необходимые для этих приложений, включают данные об оборудовании и датчиках, данные о рынке, товарах и погоде. ВЭС могут использовать преимущества других цифровых технологий, таких как блокчейн^{14, 15}.

Управление данными и кибербезопасность

33. Цифровизация — это ключ к объединению различных сегментов энергетического сектора в надежную, доступную и чистую систему. Цифровые технологии позволяют автоматизировать сложные процессы, синхронизировать работу разрозненных систем, упростить обмен информацией между распределенными системами и играют фундаментальную роль в обеспечении скоординированного перехода. Однако без данных в реальном времени, передовой аналитики и автоматизации управлять сложными энергетическими системами будущего будет невозможно. Главная задача — обеспечить постоянное и последовательное обновление наборов данных и управление ими таким образом, чтобы гарантировать целостность данных о происхождении¹⁶.

Поставляемая энергия и управляемые услуги

34. Прогноз спроса (нагрузки) — это вторая часть уравнения балансировки. Точное прогнозирование спроса вкпе с прогнозированием выработки электроэнергии из возобновляемых источников позволит обеспечить оптимизацию экономического распределения нагрузки, а также улучшить управление спросом и повысить эффективность.

35. Традиционные сложившиеся графики нагрузки утратили надежность, поскольку они подвержены влиянию изменения климата, поведения потребителей, инверторных ресурсов, распределенных энергетических ресурсов (РЭР) и т. д.

36. Объединение более точных прогнозов генерации с прогнозами спроса на электроэнергию для оптимизации как краткосрочного, так и долгосрочного планирования и эксплуатации системы обладает значительным потенциалом — это позволяет повысить оптимальность операций (оптимизация лимитов передачи, резервов и т. д.) и эффективность долгосрочных инвестиций в сеть.

37. На стороне потребителей приложения ИИ могут помочь понять потребительские привычки и способствовать более эффективному управлению нагрузкой, чтобы оптимизировать управление энергопотреблением зданий или даже района, что позволит сократить расходы на электроэнергию и окажет помощь

¹³ https://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_AI_to_accelerate_the_Energy_Transition_2021.pdf.

¹⁴ https://unece.org/sites/default/files/2022-07/ECE_ENERGY_GE.6_2022_4_ECE_ENERGY_GE.5_2022_4_Final.pdf.

¹⁵ Khatoon, A.; Verma, P.; Southernwood, J.; Massey, B.; Corcoran, P. Blockchain in Energy Efficiency: Potential Applications and Benefits. *Energies* 2019, 12, 3317. <https://doi.org/10.3390/en12173317>.

¹⁶ Werder, K., Ramesh, B., & Zhang, R. (Sophia). (2022). Establishing Data Provenance for Responsible Artificial Intelligence Systems. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 13(2), 22:1-22:23. <https://doi.org/10.1145/3503488>.

операторам сети и планировщикам загрузки мощностей. ИИ может использоваться применительно к зданиям для оптимизации использования электроэнергии в установках переменного тока высокого напряжения (ПТВН) на основе данных датчиков и информации о количестве людей в здании для определения типичного потребления и понимания теплового поведения здания (потенциально с помощью технологий «умного» дома).

38. В промышленности и центрах обработки данных ИИ используется для оптимизации потребления электроэнергии, а также для прогнозирования потенциальных угроз и факторов уязвимости¹⁷. ИИ может быть использован для снижения спроса на электроэнергию, а также для смещения пикового спроса в соответствии с периодами пиковой выработки электроэнергии из ВИЭ, что позволяет спросу следовать за предложением. ИИ может помочь лучше спланировать работу солнечных и ветряных электростанций и накопителей, чтобы минимизировать перебои и увеличить локальные мощности.

39. Энергопредприятия (т. е. поставщики энергии) могут использовать ИИ для разработки тарифов и анализа влияния классификации потребительских тарифов, коррелирующей с пиковым спросом. По мере расширения доступа к данным высокого разрешения сценарии динамического ценообразования переходят из разряда амбициозных планов в практическую плоскость.

40. В процессе усложнения энергосистемы, которая все больше превращается в систему систем, у ИИ будет все больше возможностей помочь в управлении этими сложными процессами.

IV. Данные для приложений искусственного интеллекта

41. Энергетический сектор в значительной степени зависит от данных, и эта тенденция будет усиливаться, поскольку от них зависят как краткосрочные стратегические решения, так и долгосрочная операционная эффективность. Развитие инфраструктуры, интеграция ВИЭ и эффективное управление потоками энергии — во всех этих областях использование данных дает выигрыш.

42. Ниже подробно рассматриваются ключевые аспекты управления данными в энергетической отрасли, подчеркивается необходимость надежного управления и инновационных стратегий для защиты и оптимизации массивов данных.

Важность данных

43. С точки зрения операционной оптимизации данные играют важную роль в качестве катализатора для поставщиков энергии, позволяющего точно настроить операционную эффективность. Это предполагает использование данных в режиме реального времени для оперативного реагирования на колебания спроса на энергию и оптимизации работы энергосистемы. Эффективное использование данных способствует развитию гибких систем распределения энергии, что крайне важно для поддержания стабильности и эффективности энергоснабжения.

44. Данные играют ключевую роль в содействии интеграции ВИЭ в энергосистему. С помощью данных энергетические системы способны реализовать эффективное управление ВИЭ, имеющими изменчивую и прерывистую природу, и обеспечить стабильность энергоснабжения.

45. Например, в отраслях с высокотемпературными (500–1500 °C) процессами ведутся интенсивные исследования и разработки в области технологий хранения энергии (сжатый углекислый газ, вулканические породы, накопители на основе химического преобразования энергии), которые позволят вместо ископаемого топлива использовать ВИЭ. ИИ является одной из важнейших составляющих, которая оценивает спрос на энергию в промышленности и прерывистость ВИЭ и принимает

¹⁷ <https://www.digitalrealty.com/resources/articles/data-center-ai>.

решение о смещении нагрузки и оптимальном хранении энергии на основе избытка энергии из ВИЭ и/или цены электроэнергии на рынке.

46. Анализ данных обеспечивает поддержку принятия обоснованных решений по важнейшим направлениям деятельности сектора, включая разработку политики, снижение рисков и планирование будущих инвестиций. Такая глубина понимания процессов повышает гибкость и устойчивость в условиях меняющегося энергетического ландшафта. Основанные на данных решения позволяют прогнозировать энергопотребности и соответствующим образом корректировать стратегии.

Конфиденциальность и защита данных

47. Активная цифровизация энергетических систем порождает серьезные проблемы, связанные с конфиденциальностью, особенно в связи с широким внедрением умных счетчиков, которые подробно отслеживают данные о потреблении. При всей своей эффективности эти технологии несут в себе риски, связанные с конфиденциальностью и безопасностью данных. Умные счетчики, хотя и улучшают оперативную информацию, поднимают вопросы, связанные с конфиденциальностью индивидуальных особенностей потребления энергии. По мере роста степени взаимосвязанности энергетических систем и их управляемости данными обеспечение конфиденциальности данных потребителя приобретает первостепенное значение.

48. Энергетические компании обязаны соблюдать строгие законы о защите данных, такие как Общее положение о защите данных (GDPR). Эти правила предписывают защищать данные потребителей, обеспечивать конфиденциальность и защиту от несанкционированной утечки информации. Соблюдение этих норм является не только юридическим обязательством, но и критически важным аспектом для поддержания доверия потребителей и авторитета компаний. Чтобы соответствовать этим нормам, энергетические компании должны внедрять передовые меры безопасности, проводить регулярные аудиты и обеспечивать прозрачность и безопасность всех методов работы с данными. Эти меры необходимы для защиты конфиденциальных данных от киберугроз и поддержания целостности энергетических систем. Инвестируя в надежные протоколы кибербезопасности и прозрачные методы управления данными, поставщики энергии могут снизить риски и повысить устойчивость к потенциальным утечкам данных или кибератакам.

Инициативы в области открытых данных

49. Инициативы по созданию открытых данных играют важную роль в повышении прозрачности энергетического сектора, обеспечивая открытый доступ к данным. Такая прозрачность способствует подотчетности и поощряет позитивные отзывы потребителей и регулирующих органов. Это очень важно для укрепления общественного доверия и создания условий для совместной разработки политики.

50. Упрощая открытый доступ к энергетическим данным, эти инициативы способствуют развитию инновационных технологий и решений, направленных на повышение энергоэффективности и поощрение устойчивых практик. Открытые данные служат бесценным активом для исследователей и инновационных компаний, предоставляя им возможность изучить новые подходы к энергосбережению и управлению.

51. Инициативы по созданию открытых данных позволяют разнообразным заинтересованным сторонам, включая исследователей, предпринимателей и широкую общественность, пользоваться энергетическими данными, что способствует формированию более осведомленного и активного сообщества. Такое всестороннее участие является основополагающим для демократизации доступа к энергетической информации и снабжения потребителей знаниями, позволяющими им принимать обоснованные решения об использовании энергии.

Коммерческие данные и данные в открытом доступе

52. Коммерческие данные, принадлежащие частным лицам, такие как корпоративная информация о производстве энергии и технологиях энергосистем, тщательно охраняются для сохранения конкурентных преимуществ. Эти данные являются краеугольным камнем для стратегического планирования и коммерческого процветания частных энергетических предприятий.

53. С другой стороны, данные в открытом доступе служат более широким общественным интересам, обогащая общественные знания и поддерживая как академические, так и коммерческие исследовательские начинания. Они способствуют широкому распространению знаний и поощряют совместный подход к решению проблем в энергетическом секторе.

54. Достижение равновесия между защитой коммерческих интересов и обеспечением общественного доступа к данным является важнейшей задачей. Такой баланс способствует развитию инноваций, обеспечивая при этом соблюдение права собственности владельцев данных, оптимальное использование преимуществ данных и сохраняя конкурентные позиции.

Критическая инфраструктура и персональные данные

55. Защита информации о критической инфраструктуре (КИИ) и идентифицирующих личность данных (ИЛД) играет важнейшую роль для снижения риска возможных серьезных нарушений и защиты частной жизни. Эта защитная мера имеет ключевое значение для сохранения безопасности, надежности и безотказности энергетических систем, что крайне важно как для обеспечения бесперебойной работы сети, так и доверия потребителей.

56. Обязательным условием для защиты этой конфиденциальной информации от растущих киберугроз и попыток несанкционированного доступа является установление строгих требований и протоколов безопасности. Используя многоуровневые процедуры безопасности, энергетические компании могут повысить живучесть своих энергетических систем и обеспечить эффективную защиту от различных кибератак.

57. Чтобы соблюсти требования законодательства в области защиты данных и обеспечить эффективную защиту конфиденциальной инфраструктуры и персональных данных, компаниям нужно разобраться в множестве сложных нормативных актов, и это представляет собой серьезную проблему. Выполнение требований этих многочисленных норм не только необходимо для соблюдения законодательства, но и имеет первостепенное значение для поддержания стабильности работы и снижения потенциальных рисков.

Объем и качество данных

58. Эффективность моделей ИИ в прогнозировании энергопотребления и оптимизации работы энергосистем зависит от доступа к большим объемам высококачественных данных. Для повышения точности и эффективности управления в энергетике этим технологиям необходимы обширные массивы данных.

59. Объем и качество данных напрямую влияют на точность прогнозирования и надежность моделей искусственного интеллекта и машинного обучения в этом секторе. Обеспечение высокого качества данных позволяет этим моделям работать в оптимальном режиме, что позволяет улучшить процесс принятия решений и повышает операционную эффективность.

60. Получение достаточного количества данных надлежащего качества часто требует значительных инвестиций в технологии и инфраструктуру для сбора, хранения и обработки данных. Эти инвестиции необходимы для расширения возможностей применения ИИ и МО в энергетическом секторе.

Синтетические данные

61. Синтетические данные являются практичной альтернативой реальным данным, особенно в ситуациях, когда использование подлинных данных может поставить под угрозу конфиденциальность или безопасность. Эти данные, создаваемые с помощью сложных вычислительных алгоритмов, имитирующих реальные модели данных, позволяют сохранить конфиденциальность и с высокой точностью соответствуют подлинным данным.

62. Использование синтетических данных облегчает разработку и обучение надежных моделей МО без рисков, связанных с раскрытием конфиденциальной информации. Синтетические данные могут быть настроены в соответствии с конкретными требованиями и сценариями и представляют собой универсальный и безопасный способ обучения моделей, обеспечивающий оптимальные параметры.

63. Создание синтетических данных решает проблему баланса между потребностью в обширных данных для обучения и строгими требованиями по обеспечению конфиденциальности и безопасности. Они позволяют использовать передовые инструменты анализа данных, обеспечивая при этом конфиденциальность и целостность данных, что соответствует развивающимся парадигмам конфиденциальности и нормативно-правовой базе.

Управление и стандартные процедуры

64. В основе эффективного управления данными лежит установление четких правил, регламентирующих владение данными, права на их использование и методы работы с ними. Эти нормы служат ориентиром, определяющим этическое и ответственное использование данных в энергетическом секторе.

65. Соблюдение стандартных процедур необходимо для обеспечения соответствия правовым нормам и прозрачности управления данными. Такое стремление к прозрачности не только укрепляет доверие потребителей и заинтересованных сторон, но и снижает риски, связанные с обработкой данных. Придерживаясь этих принципов, организации формируют культуру подотчетности, закладывая основу для этического управления данными.

66. Поскольку технологии продолжают развиваться, методы управления должны постоянно совершенствоваться, чтобы учитывать новые типы данных и новые технологии управления данными. Такая адаптация необходима, чтобы упреждать потенциальные проблемы и реализовывать новые возможности использования данных. В условиях продолжающейся цифровизации энергетического сектора растет потребность в обеспечении понимания и управления сложными взаимосвязями между использованием данных, конфиденциальностью, безопасностью и эффективностью. Необходимость создания сложных систем управления данными и инновационных стратегий управления данными имеет решающее значение для раскрытия потенциала данных в формировании будущих устойчивых и живучих энергетических систем.

V. Потенциальные преимущества и барьеры искусственного интеллекта

Преимущества

67. Авторы исследования о роли ИИ в достижении целей в области устойчивого развития¹⁸ выделили 134 задачи, которые способен решить ИИ, и 59 задач, на решение которых ИИ может повлиять. Поскольку потенциал ИИ раскрывается благодаря генерированию больших данных и увеличению вычислительной мощности, он может обеспечить оперативное и интеллектуальное принятие решений, что позволит

¹⁸ Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I. et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nat Commun* **11**, 233 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>.

повысить гибкость энергосистемы и обеспечит интеграцию переменных ресурсов как в процессе эксплуатации, так и при планировании. Некоторые из преимуществ включают:

a) совершенствование анализа: i) операции в реальном времени зависят от большого количества точных и актуальных данных. ИИ может помочь в обработке огромных объемов данных и улучшить их анализ. Например, при возникновении аварийных ситуаций ИИ может помочь проанализировать первопричину; ii) операторы сетей смогут оптимизировать работу системы и принимать более обоснованные решения с помощью более глубокого анализа; iii) ИИ может анализировать динамику данных для прогнозирования стихийных бедствий и их влияния на энергосистему, что позволяет принимать упреждающие меры, например перенаправлять энергопотоки и обеспечивать безопасность критически важных установок;

b) более эффективное планирование: ИИ отлично справляется с моделированием сценариев, прогнозированием результатов и обработкой больших объемов входных данных, что позволяет повысить эффективность стадии планирования. ИИ может, например, моделировать экстремальные погодные сценарии. ИИ может улучшить процесс планирования и повысить эффективность распределения ресурсов, оптимизировать производство и т. д., включая оптимизацию размещения и строительства установок, потоков энергии, а также потенциально ускорить такие транзакционные модели, как одноранговая торговля энергией;

c) управление установками: i) с помощью данных, полученных с контролируемых критически важных объектов, ИИ может обнаруживать на самом раннем этапе аномалии, потенциальные отказы и потребности в обслуживании, что позволяет проводить обслуживание по реальному состоянию оборудования и отказаться от периодического графика; ii) своевременное техническое обслуживание сводит к минимуму незапланированные простои и продлевает срок службы оборудования. ИИ также может помочь в управлении установками на протяжении всего их жизненного цикла и обеспечить потенциальную оптимизацию графиков технического обслуживания;

d) инновации в сфере регулирования: национальные регулирующие органы могут усовершенствовать свою нормативную базу, используя повышенную детализацию и точность данных, предоставляемых операторами, применяющими передовые возможности управления и обработки данных с помощью искусственного интеллекта. В частности, расширение возможностей операторов по мониторингу отдельных компонентов сети может уменьшить информационную асимметрию, с которой сталкиваются регулирующие органы, предоставляя им более полный обзор производительности различных сетевых объектов. Это, в свою очередь, может способствовать разработке новых схем стимулирования для упреждающего управления сетью.

Барьеры

68. Хотя искусственный интеллект может способствовать решению проблем, связанных с усложнением процессов планирования и эксплуатации электрических сетей, структурированием и функционированием рынков, а также созданием стоимости на основе данных, которые становятся все более доступными благодаря цифровизации, для полной реализации всего потенциала искусственного интеллекта необходимо устранить некоторые проблемы и барьеры. Некоторые из них включают:

a) конфиденциальность и безопасность данных: i) проблемы конфиденциальности возникают в связи с масштабным сбором данных, необходимых для обучения ИИ. Чувствительная информация должна оставаться конфиденциальной; ii) кибербезопасность становится критически важной, поскольку системы ИИ взаимодействуют с компонентами энергосистемы. Крайне важная роль отводится защите от утечки данных и несанкционированного доступа;

b) доступность данных: i) для обучения моделей необходимо достаточное количество исторических данных и разнообразие данных, которые могут быть

недоступны в достаточной степени из-за неудовлетворительного курирования данных и отсутствия (или ограничения) обмена данными; ii) необходимо разработать механизм обмена конфиденциальными данными (КИ и ИЛД), а также обеспечить баланс между межотраслевой стандартизацией и возможностью действия сил свободного рынка;

с) устаревшая инфраструктура: многие электросети по-прежнему используют устаревшую инфраструктуру. Интеграция искусственного интеллекта в существующие системы может оказаться сложной задачей и потребовать значительных инвестиций;

д) развитие навыков и наличие квалифицированного персонала: обеспечить наличие работников, обученных навыкам использования искусственного интеллекта и работе с данными, а также хорошо ориентирующихся в сетевой среде, будет сложной задачей. Важную роль играет политика подготовки, при этом залогом для успешного внедрения технологий ИИ будет обучение персонала, включая операторов сетей, навыкам эффективной работы с ИИ;

е) отсутствие прозрачности: i) модели ИИ часто работают по принципу «черного ящика», что затрудняет понимание процесса принятия решений. Социальные сети и основные новостные издания могут быть источниками неверной информации о потенциальных «опасностях» таких технологий, как ИИ; ii) исследования показывают, что ошибки («галлюцинации») ИИ могут иметь непредвиденные последствия и поставить под угрозу безопасность и надежность. Злоумышленники, владеющие передовыми технологиями, такими как ИИ, могут использовать их для нарушения работы энергетических систем и создания вредоносных данных для обучения законных моделей ИИ.

VI. Этика в применении к искусственному интеллекту

69. Интеграция ИИ в энергетический сектор сулит значительные выгоды, однако в то же время ставит важные этические вопросы, которые требуют дальнейшей оценки для обеспечения ответственного и справедливого использования ИИ¹⁹. Основные принципы, определяющие подход к этике ИИ:

а) ответственность («нести ответственность за влияние ИИ на других»): i) предотвращение и ограничение ущерба или негативного побочного эффекта от использования ИИ в энергетическом секторе. Вмешательство ИИ может вызывать побочные последствия; поэтому их необходимо выявлять в максимально возможной степени, чтобы предотвратить ущерб или негативные последствия; ii) предотвращение злоупотребления знаниями, полученными с помощью ИИ, и обеспечение понятности данных, измеренных воздействий и отчетов для целевых пользователей, чтобы избежать неправильного понимания результатов;

б) целостность («влиять, не нарушая целостность»): i) обеспечение того, чтобы все действия ИИ были основаны на принципах целостности, независимости, объективности и профессионализма, не были подвержены влиянию таких внешних сил, как, например, контракты, внешнее давление или властные отношения; ii) открытость в отношении полученных с помощью ИИ результатов, а также того, на каком уровне квалификации, знаний, навыков и ресурсов они основаны. Необходимо указывать, что ИИ может, а что не может генерировать на профессиональном уровне;

с) уважение («влиять на другие целевые группы, обеспечивая их уважение»): уважение частной жизни целевой группы ИИ может оказывать влияние, поскольку проникновение в частную жизнь целевой группы может повлиять на ее поведение, так как данная целевая группа может быть особенно уязвима. Решения ИИ должны учитывать потенциальные последствия дискриминации; поэтому решения, принимаемые искусственным интеллектом, должны основываться на законодательстве, нормативных актах и моральных ориентирах;

¹⁹ <https://spectrum.ieee.org/ai-ethics-governance>.

d) экспертиза («влияние, основанное на достаточном опыте»): ИИ должен обеспечивать высокое качество профессионального поведения и соблюдать пределы потенциальной компетенции и ограничения опыта ИИ, а также использовать только те методы, для которых ИИ обладает достаточной квалификацией благодаря образованию, обучению или опыту;

e) данные («использовать законные, надежные и достоверные данные с должным учетом конфиденциальности и безопасности данных»): i) ИИ должен работать с законно полученными данными и соблюдать местное законодательство, такое как GDPR. При разработке ИИ необходимо действовать не только в соответствии с буквой, но и с духом закона. Например, при разработке ИИ необходимо убедиться в том, что будут получены необходимые разрешения и что они будут даны осознанно, автономно, обоснованно и продуманно. ii) необходимо знать об уровне надежности генерируемых и используемых ИИ данных и реагировать соответствующим образом, сообщая о доверительных интервалах и проявляя осторожность в отношении генерируемых ИИ решений или выводов и вмешательств, основанных на данных с малыми числами. Необходимо сообщать, если используемые данные ИИ недостаточно надежны или достоверны; iii) системы ИИ опираются на огромные объемы данных, включая личную и коммерческую информацию, поэтому важно обеспечить сбор, хранение и использование этих данных в соответствии с установленными правовыми нормами и этическими принципами.

70. Эти основные нормы этики необходимо четко понимать и строго соблюдать при использовании ИИ в электроэнергетике.

71. Другие замечания, сделанные ранее Целевой группой по цифровизации в энергетике, о важности комплексного использования больших данных для всесторонней и целостной аналитики²⁰, включают:

a) кибербезопасность. Системы искусственного интеллекта являются неотъемлемой частью энергетической инфраструктуры и создают поверхность атаки, подверженную кибератакам. Для защиты конфиденциальных данных и критически важной инфраструктуры необходимо принять надежные меры безопасности;

b) прозрачность и подотчетность. Алгоритмы искусственного интеллекта достаточно сложны, что затрудняет возможность отслеживания решений, принятых с использованием ИИ. Поэтому необходимо оценить пределы подотчетности и определить, кто несет ответственность за решения, особенно когда они могут оказывать влияние на общество и окружающую среду;

c) предвзятость и справедливость. Системы искусственного интеллекта могут непреднамеренно использовать необъективные данные, на основе которых могут приниматься несправедливые решения, поэтому для выявления и устранения потенциальной необъективности требуется аудит ИИ;

d) равный доступ. Важно обеспечить, чтобы системы ИИ были инклюзивными и охватывали как можно более широкий спектр разнообразных групп, включая маргинализованные слои населения;

e) воздействие на окружающую среду и устойчивость. Разработка и внедрение систем искусственного интеллекта требует значительных энергетических ресурсов, что может привести к росту энергопотребления и выбросов углерода, поэтому необходимо сбалансировать преимущества искусственного интеллекта с его потенциальным воздействием на окружающую среду. ИИ можно использовать только в том случае, если он является устойчивым, чтобы не нанести побочный ущерб окружающей среде;

f) человеческий фактор. При принятии решений в энергетике необходим надзор с участием человека, чтобы обеспечить учет этических соображений. Люди должны иметь решающий голос в принятии ключевых решений;

²⁰ https://unece.org/sites/default/files/2022-08/GEEE-9.2022.INF_3-DataAnalytics_rev.pdf, дата последнего просмотра: 1 июня 2024 года.

g) влияние на занятость. Внедрение ИИ в энергетическом секторе может привести к сокращению рабочих мест. Для смягчения негативного воздействия на занятость и обеспечения справедливого перехода необходимы стратегии по переходу и повышению квалификации рабочей силы;

h) устойчивость и адаптируемость. Энергетический сектор должен быть готов адаптироваться к развитию технологий ИИ и их влиянию, а также сохранять устойчивость к потенциальным сбоям.

72. Эти этические вопросы требуют участия многих заинтересованных сторон, в том числе политиков, гражданского общества, промышленности, поставщиков технологий и т. д. Для ответственного использования всего потенциала ИИ в энергетическом секторе необходимы постоянный диалог и приверженность этическим принципам.

VII. Снижение энергопотребления в центрах обработки данных с помощью искусственного интеллекта — краткое описание конкретного примера

73. Центры обработки данных — основа цифрового мира, однако они требуют огромного количества энергии, особенно для систем охлаждения. Растущий спрос побуждает исследовать возможности использования искусственного интеллекта для повышения энергоэффективности. Значительные перспективы в этой области продемонстрировал алгоритм обучения с подкреплением (ОП), тип ИИ, в котором системы обучаются оптимальному поведению по методу проб и ошибок. Постоянно корректируя работу на основе данных в режиме реального времени, ОП помогает оптимизировать операции, чтобы снизить энергопотребление без ущерба для производительности.

74. Компания Google DeepMind разработала систему искусственного интеллекта на основе ОП для оптимизации процессов охлаждения в своих центрах обработки данных. Система осуществляет съем данных с тысяч датчиков и использует ОП-модели для прогнозирования потребностей в охлаждении. Благодаря динамической настройке параметров охлаждения Google сумела обеспечить 40-процентное сокращение потребления энергии на охлаждение и 15-процентное повышение общей эффективности центра обработки данных. Эти усовершенствования позволили не только сократить расходы, но и значительно уменьшить углеродный след Google, что соответствует целям устойчивого развития компании.

75. Кроме того, корпорации Telus и Vector Institute наладили сотрудничество в целях повышения энергоэффективности центров обработки данных Telus с помощью системы оптимизации энергопотребления (СОЭ), использующей искусственный интеллект. Эта система, построенная на основе обучения модели с подкреплением (ОМП), была разработана для точной настройки систем ПТВН и позволяет оптимизировать температурный контроль на основе данных об условиях в реальном времени и метеопрогнозов. В ходе пилотных испытаний СОЭ обеспечила сокращение потребления электроэнергии почти на 12 процентов в год. Кроме того, открыв исходные коды своего алгоритма, корпорации Telus и Vector Institute дали возможность другим организациям перенять эти инновационные методы, способствуя более широкой экономии энергии и улучшению экологической обстановки.

76. Эти примеры иллюстрируют трансформационный потенциал ИИ в повышении устойчивости центров обработки данных. Используя ИИ для прогнозирования и оптимизации работы, компании могут добиться значительной экономии энергии, снизить операционные расходы и внести вклад в глобальные усилия по сокращению выбросов углерода. Истории успеха Google и сотрудничества Telus с Vector Institute служат убедительными примерами того, как передовые технологии могут решать некоторые из наиболее актуальных экологических проблем в отрасли.

VIII. Выводы и рекомендации для политиков

77. На рисунке I представлены области, в которых необходима активная политическая поддержка для ускорения развития ИИ, но при этом нужно проявить достаточную осторожность, чтобы обеспечить справедливость и равенство для всех заинтересованных сторон и бенефициаров.

78. Ключевые области, в которых политика может поддержать прогресс рациональной интеграции ИИ в электроэнергетический сектор, включают:

- a) образование:
 - i) во всех областях применения, указанных в настоящем документе, для успешного применения технологий ИИ потребуется повышение квалификации работников сектора энергетики — от планировщиков и администраторов до операторов рынка и техников на установках на местах. Безусловно, для разработки новых и оптимизированных моделей ИИ необходимы знания в области математики и программного обеспечения. Наряду с обучением и развитием этих навыков разработчики ИИ следующего поколения должны понимать необходимость соблюдения принципов честности и морали;
 - ii) налицо острая необходимость в развитии специализированного опыта в цифровой и электротехнической областях для эффективного согласования стратегических целей энергосистем с внедрением систем искусственного интеллекта. В настоящее время такого сочетания навыков не хватает, что вынуждает операторов энергосистем прибегать к услугам дорогостоящих консультантов, которые увеличивают стоимость мер по цифровизации. Кроме того, привлечение специалистов, владеющих цифровыми технологиями, в сектор электроэнергетики является непростой задачей, поскольку многие из них уходят на более выгодную в финансовом плане работу в секторе ИТ;
 - iii) для решения проблемы замены людей в результате применения систем искусственного интеллекта требуются значительные инвестиции в повышение квалификации и подготовку рабочей силы к будущим условиям. Для плавного и справедливого перехода крайне важно обеспечить, чтобы работающие сегодня сотрудники смогли адаптироваться к новым технологиям и рабочим процессам;
 - iv) ниже приведены политические рекомендации для решения этих проблем:
 - a. поощрять инициативы по обучению в течение всей жизни, чтобы вооружить профессионалов необходимыми навыками, позволяющими ориентироваться в меняющемся технологическом мире;
 - b. создавать межсекторальные партнерства между заинтересованными сторонами в сфере энергетики, поставщиками технологий и научными кругами, что будет способствовать передаче знаний и внедрению приложений ИИ в электроэнергетическом секторе;
- b) данные:
 - i) в новых условиях все более объемных больших данных возможности для обучения продвинутых моделей для понимания более детальных моделей в цепочке создания стоимости энергии (например, потребление энергии, поведение пользователей, аварийные сигналы блоков, отказы оборудования) развиваются соразмерно рыночным факторам (например, рост облачных вычислений, улучшение качества обслуживания клиентов, автоматизация ручных задач). Чтобы в полной мере использовать эти достижения, их нужно понять. Эти усилия

включает в себя внедрение стимулирующих стандартов, стратегий и нормативных актов, в которых на первое место ставятся инновации и совместимость, а также устранение рисков в области кибербезопасности и обеспечения конфиденциальности данных. Выявление возможностей межотраслевого применения данных, обеспечение достоверности данных, защита и содействие демократизации чистых и полных исходных данных и наборов обучающих данных, а также обеспечение безопасности данных — все это может открыть дорогу к успешному применению ИИ;

с) регулирование и экономические стимулы:

i) внедрение ИИ требует значительных инвестиций со стороны операторов электроэнергетических систем, что в первую очередь обусловлено необходимостью решения проблем электросетей, таких как интеграция ВИЭ. В настоящее время для решения этих проблем часто используются традиционные стратегии наращивания мощности энергосистем, а не инвестиции в цифровую инфраструктуру, которая способна обеспечить гибкость энергосистем и минимизировать затраты на увеличение мощности. Такое предпочтение во многом объясняется нормативно-правовой базой, которая недостаточно стимулирует развитие сетей и инноваций, делая цифровые инвестиции менее привлекательными и выгодными. Для преодоления этой проблемы можно рекомендовать несколько прямых и косвенных мер:

а. прямые меры:

i. увеличение объема финансирования инноваций: для стимулирования инвестиций в технологии ИИ крайне важно обеспечить мощные финансовые стимулы для инновационных проектов. Обеспечивая более высокую доходность проектов, демонстрирующих инновационные решения и технологические достижения, регулирующие органы могут стимулировать операторов электросетей к приоритетному осуществлению инициатив по цифровизации;

ii. перевод затрат на цифровую инфраструктуру в категорию капитальных: отнесение инвестиций в цифровую инфраструктуру к категории капитальных, а не операционных расходов позволяет операторам электросетей возмещать затраты в течение более длительного периода амортизации, что делает эти инвестиции более финансово жизнеспособными. Такой подход позволяет увязать цифровые инвестиции с традиционными процессами капитального планирования и восстановления и таким образом интегрировать их в более общие финансовые стратегии операторов энергосистем;

б. косвенные меры:

i. разработка конкретных показателей эффективности: необходимо установить показатели эффективности для измерения преимуществ цифровизации, таких как повышение эффективности управления потоками и сокращение системных потерь. Эти показатели могут сформировать основу системы финансового поощрения, основанной на показателях эффективности работы, мотивируя операторов внедрять цифровые технологии и передовые приложения искусственного интеллекта, которые позволяют добиться измеримого повышения операционной эффективности и качества услуг;

ii. стимулирование предиктивного обслуживания и мониторинга состояния систем: поощрение внедрения методов предиктивного обслуживания и мониторинга состояния систем, которые опираются на передовые методы анализа данных и сенсорные технологии для прогнозирования потенциальных отказов и оценки состояния оборудования в режиме реального времени. Такой проактивный подход помогает продлить срок службы оборудования, оптимизировать график технического обслуживания и снизить эксплуатационные расходы. Переход с модели реактивного технического обслуживания на профилактическое обслуживание позволит операторам обеспечить более высокую надежность и эффективность сети, способствуя внедрению инновационных цифровых технологий;

iii. внедрение механизмов вознаграждения за эксплуатацию и техническое обслуживание: внедрение схем, обеспечивающих финансовые стимулы для поддержания и модернизации оборудования после истечения срока их амортизации, побуждает операторов стремиться к долгосрочной устойчивости и эффективности технических систем, чтобы избежать их преждевременной замены. Создавая механизмы, предусматривающие льготы за продление срока службы оборудования, регулирующие органы могут способствовать более эффективному использованию оборудования и оптимизации его производительности, косвенно стимулируя инвестиции в цифровые технологии;

d) преимущества и препятствия

i) рассмотренные ранее достижения могут как способствовать, так и препятствовать успешному применению ИИ. ИИ также не является единственным решением проблемы цифровой трансформации и преобразования данных в энергетике, поскольку существует множество других возможностей. Для этого потребуется комплексный набор инструментов и методик, а также стратегия, поощряющая их использование. Необходимы дополнительные исследования, чтобы выявить и определить, где технологии ИИ могут принести дополнительные выгоды электроэнергетике и всему энергетическому сектору в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и в последующий период. Следует также продолжить работу по выявлению любых препятствий на пути успешного использования ИИ, а также разрабатывать и внедрять механизмы для их устранения.

79. Вместе с тем, следует отметить, что разработчики технологий могут оказать поддержку политикам по следующим вопросам:

a) использование «технической лексики» в правильном контексте — разработчики технологий, как правило, пользуются коротким и лаконичным языком, когда говорят с коллегами о своей области знаний. Это действительно полезно при обсуждении сложных тем в среде экспертов. Тем, кто впервые сталкивается с этой технологией, может быть сложно сориентироваться. Чтобы обеспечить равноправное участие в обсуждении людей, не связанных с технологиями, необходим подробный перевод. Этот этап может стать частью образовательного процесса, о котором говорилось выше;

b) понимание контекста — ИИ, как и любая другая технология, не панацея и не может решить все проблемы в энергетическом секторе в одиночку. Разработчики технологий могут переоценивать значение и роль того или иного решения.

Непредвзятое понимание контекста, в котором применяется технология, поможет всем заинтересованным сторонам в дискуссии;

с) снижение ущерба от дезинформации — о якобы футуристических технологиях ИИ распространяется довольно много неверной информации. Полезно понять, что такое ИИ и что им не является. Обеспечение понимания этого за счет предоставления информации в доступной и удобной форме может ускорить принятие ИИ как технологии теми, кто все еще не уверен в его применимости.
