

УДК 621.311

**НЕЙРОСЕТЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ
ДАННЫМИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
NEURAL NETWORK TECHNOLOGY FOR BIG DATA MANAGEMENT IN
ENERGY SYSTEMS**

Е.С. Петракова, А.С. Шакур, М. Донг

Научный руководитель – Е.Н. Савкова, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Y. Petrakova, A. Shakun, M Dong.

Supervisor – Y. Saukova, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В работе представлена концепция нейросетевого управления большими данными в энергетических системах на основе опыта Китайской Народной Республики. Рассмотрены ключевые проблемы обработки данных, архитектура современной системы и применение нейросетевых технологий для прогнозирования, оптимизации и диагностики в энергетике.

Abstract: The paper presents the concept of neural network big data management in energy systems based on the experience of the People's Republic of China. The key problems of data processing, architecture of a modern system and application of neural network technologies for forecasting, optimization and diagnostics in power engineering are considered.

Ключевые слова: большие данные, энергетические системы, нейросетевые технологии, машинное обучение, Китайская Народная Республика, управление данными.

Keywords: big data, energy systems, neural network technologies, machine learning, the People's Republic of China, data management.

Введение

Настоящее исследование представляет концепцию нейросетевого управления большими данными в энергетических системах на основе опыта Китайской Народной Республики. Цель работы – систематизация целей и принципов науки о больших данных с их адаптацией для энергетического сектора. Актуальность обусловлена глобальной цифровой трансформацией энергетики, которая сталкивается с беспрецедентными объемами информации, генерируемой умными сетями (Smart Grid), возобновляемыми источниками энергии и устройствами Интернета вещей (IoT). В этом контексте опыт КНР, как страны с одной из крупнейших и наиболее технологически развитых энергосистем мира, представляет значительный научный и практический интерес.

Основная часть

Проблема больших данных, впервые упомянутая в 1998 году и получившая терминологическое оформление в 2008 году в публикации Клиффорда Линча, изначально относилась к неоднородным массивам объемом свыше 150 ГБ в сутки. Однако в дальнейшем, особенно в таких капиталоемких и критически

важных отраслях, как энергетика, проблема приобрела поистине глобальный масштаб. Ключевые проблемы обработки данных в энергетике можно структурировать по трем основным направлениям. Во-первых, это качество данных, которое страдает от несоответствия форматов, поступающих с разнородного оборудования (датчики SCADA, умные счетчики, системы телеметрии), а также от неполноты и избыточности информации, что существенно затрудняет последующий анализ. Во-вторых, это безопасность и конфиденциальность, поскольку энергосистема является объектом критической инфраструктуры, и соблюдение строгих нормативных требований для предотвращения утечек и кибератак становится вопросом национальной безопасности. В-третьих, это масштабируемость систем, то есть способность ИТ-инфраструктуры адаптироваться к экспоненциально растущим объемам данных без потери производительности. Перспективы развития управления большими данными в энергетике тесно связаны с тремя компонентами: развитие технической базы (внедрение облачных технологий, систем хранения данных и высокопроизводительных вычислений), формирование кадровых резервов (где сегодня наблюдается перекося в пользу приборостроения и ИТ при недостаточном внимании к энергетике как к комплексному сервисному сектору) и управление ресурсами данных (определение объемов, источников, политик обмена и распространения информации).

Наука о больших данных базируется на пяти фундаментальных принципах, известных как модель «5V». Принцип «Volume» (Объем) касается вопросов генерации и хранения эксабайтов данных. «Velocity» (Скорость) подчеркивает необходимость обработки информации в реальном времени для оперативного управления режимами энергосистемы. «Variety» (Разнообразие) отражает многообразие форматов данных – от структурированных таблиц до неструктурированных видеозаписей с инспекционных дронов. «Veracity» (Достоверность) акцентирует внимание на качестве и точности данных, а «Value» (Ценность) является конечной целью – извлечением полезной информации для принятия управленческих решений. Для работы с большими данными используется специализированный инструментарий, включающий языки программирования (Python, R, Scala), средства визуализации (Tableau, Grafana) и мощные облачные платформы (такие как Alibaba Cloud в КНР), которые предоставляют необходимые вычислительные ресурсы по запросу.

На основе анализа эволюции энергетической системы КНР до 2004 года и современной системы выявлены ключевые, принципиальные различия. Основным отличием является наличие в современной системе специальных технических и программных средств, предназначенных для обработки колоссальных объемов информации, их резервирования и защиты. Система 2004 года, будучи по большей части аналоговой и централизованной, не справлялась с увеличивающимися объемами и скоростью поступления данных, что обусловило острую необходимость внедрения новых цифровых технических решений. Одним из таких решений стала нейросетевая технология на основе машинного обучения. Ее ключевое преимущество заключается в радикальном сокращении временных затрат на анализ: обученная нейросеть самостоятельно подбирает

релевантные данные, перебирает тысячи вариантов решений и выбирает наиболее рациональный, оптимизируя такие процессы, как диспетчеризация или прогнозирование нагрузки. Однако проблемы внедрения нейросетей остаются значительными и включают в себя трудоемкий процесс создания и наполнения тематических библиотек для обучения, само обучение моделей на репрезентативных данных, постоянную проверку (валидацию) их работы на реальных системах и обеспечение комплексной защиты от вредоносных воздействий и несанкционированного доступа.

Современная энергетическая система КНР характеризуется тремя основными технологическими особенностями. Первая – это глубокая интеграция компьютерных и облачных технологий. Использование распределенных облачных вычислений, в частности технологий туманных вычислений (fog computing), позволяет сократить передачу данных в централизованные дата-центры, снижая сетевую задержку и значительно повышая производительность и скорость отклика системы, что критически важно для управления в реальном времени. Вторая особенность – это интеграция технологий больших данных на основе машинного обучения. Данные технологии позволяют осуществлять автоматическое изучение и обнаружение сложных, неочевидных паттернов в данных для интеллектуального прогнозирования (например, спроса на электроэнергию), предиктивной диагностики ошибок оборудования (предсказание отказов до их наступления) и оптимального контроля режимов работы сети. Третья ключевая особенность – это внедрение технологии блокчейн. Блокчейн, представляя собой децентрализованную и неизменяемую базу данных с последовательными связанными блоками, обеспечивает беспрецедентный уровень безопасности и защиту от кибератак, что особенно актуально для сделок на энергорынках и учета показаний счетчиков.

К системе управления большими данными в энергетике предъявляются высокие требования, среди которых можно выделить три основных. Во-первых, это эффективность и точность, то есть способность выявлять значимые и устойчивые закономерности в огромных и зашумленных массивах данных. Во-вторых, это интерпретируемость моделей, которая становится серьезной проблемой для сложных нейросетей: для принятия ответственных решений оператору необходимо понимание внутренних механизмов, по которым нейросеть пришла к тому или иному выводу. В-третьих, это кибербезопасность, требующая построения многоуровневой системы защиты от широкого спектра атак. В прикладной плоскости в энергетике эти технологии находят применение в трех ключевых областях: для кратко- и среднесрочного прогнозирования потребления энергии с учетом множества факторов (погода, день недели, макроэкономические показатели), для оптимизации распределения ресурсов в режиме реального времени и для выявления неисправностей оборудования на ранней стадии по данным вибрационного анализа, термографии и телеметрии.

На основе успешного опыта КНР была разработана обобщенная концепция нейросети с базой данных, реализующая четыре последовательных этапа. Первый этап – это сбор данных из различных источников, включая интеллектуальные счетчики (AMI), датчики на линиях электропередач и оборудовании подстанций, прогнозы

погоды и данные о работе генерирующих объектов на ВИЭ. Второй этап – хранение собранных данных в специализированных базах данных (как SQL, так и NoSQL) и распределенных хранилищах данных (Data Lakes), обеспечивающих надежность и отказоустойчивость. Третий этап – обработка и анализ с использованием специальных технологий больших данных (таких как Apache Spark) и алгоритмов машинного обучения для выявления скрытых зависимостей. Четвертый, финальный этап – визуализация полученных результатов для человеко-машинного взаимодействия или же непосредственное использование сформированных прогнозов и рекомендаций для дальнейшего машинного обучения, замыкая таким образом итерационный цикл совершенствования системы. Важно понимать, что такая нейросеть функционирует как узконаправленный искусственный интеллект, выполняющий множество операций по распознаванию образов и оптимизации, и требует постоянного дообучения на новых данных для поддержания своей актуальности и точности.

Заключение

Разработанная концепция нейросетевого управления большими данными демонстрирует высокую эффективность интеграции передовых технологий, таких как облачные вычисления, машинное обучение и блокчейн, для решения ключевых задач энергетического сектора. Опыт Китайской Народной Республики наглядно подтверждает практическую реализуемость и операционную эффективность предложенной четырехэтапной архитектуры управления данными. Данная архитектура обеспечивает надежное и точное прогнозирование потребления, оптимальное распределение ограниченных ресурсов и предиктивную диагностику оборудования в современных сложноорганизованных энергосистемах, открывая путь к созданию полностью автоматизированной, устойчивой и интеллектуальной энергетики будущего.

Литература

1. Абуэльгаит М.А. Большие данные и машинное обучение в энергетических системах / Абуэльгаит М.А. - М.: Техносфера, 2021. - 350 с.
2. Майер-Шёнбергер В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим / Майер-Шёнбергер В., Кукьер К. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. - 240 с.
3. Lynch C. Big Data: How do your data grow? / Lynch C. – Nature. 2008. - P. 28-29.
4. Yuan J. Digital Transformation of China's Power System / Yuan J., Xu Y., Hu Z., 2022. - P. 112-125.
5. Zhou K., Fu C., Yang S. Big data driven smart energy management // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2016. - Vol. 56. - P. 215-225.