

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

МРНТИ 621.3:621.31:004.7
УДК 621.3:621.31:004.7

[DOI: 10.4411/s00890-023-456](https://doi.org/10.4411/s00890-023-456)

В.Д. Николенко

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау
(E-mail: v.nikolenko@ttu.edu.kz)*

Использование технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности управления энергетическими системами

Современные энергетические системы становятся все более сложными и требуют новых подходов для повышения их эффективности и надежности. Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в управление энергетикой открывает возможности для оптимизации потребления ресурсов, прогнозирования спроса и снижения операционных затрат. Эта тема предполагает исследование методов ИИ для управления энергосетями, улучшения систем мониторинга и диагностики, а также разработки решений для умных энергетических систем, которые могут адаптироваться к меняющимся условиям в режиме реального времени. Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) в управлении энергетическими системами представляет собой перспективное направление для повышения эффективности и устойчивости энергоснабжения. Применение ИИ позволяет решать такие задачи, как прогнозирование энергопотребления, оптимизация работы энергосетей, управление распределением ресурсов и мониторинг состояния оборудования. В работе рассматриваются современные методы и алгоритмы, используемые для повышения точности прогнозов и сокращения энергопотерь, а также анализируются примеры успешного внедрения ИИ в энергетическую инфраструктуру. Особое внимание уделяется развитию умных энергетических систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и минимизировать риски отказов. Результаты исследования показывают значительное сокращение операционных затрат и повышение надежности энергосистем при внедрении интеллектуальных технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, управление энергосистемами, умные энергосети, прогнозирование энергопотребления, оптимизация ресурсов, мониторинг оборудования, устойчивость энергоснабжения, интеллектуальные технологии.

Введение

Системы энергетического управления находятся в центре внимания в свете глобальных изменений в потреблении энергии, растущих требований к надежности и устойчивости энергоснабжения, а также необходимости снижения углеродного следа. В последние десятилетия наблюдается значительный рост потребления энергии, вызванный стремительным развитием технологий и увеличением населения. В таких условиях традиционные подходы к управлению энергетическими системами начинают демонстрировать свои ограничения, что требует внедрения новых решений и методов, способных обеспечить устойчивое развитие и удовлетворение потребностей пользователей.

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование технологий искусственного интеллекта (ИИ). ИИ имеет потенциал для революционного изменения методов управления энергетическими системами благодаря своей способности обрабатывать большие объемы данных, выявлять скрытые зависимости и предоставлять точные прогнозы. В отличие от традиционных методов, которые зачастую основываются на статических моделях и не учитывают динамику изменений, ИИ позволяет адаптироваться к меняющимся условиям, улучшая точность прогнозов и скорость реакции на нештатные ситуации.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Применение ИИ в энергетических системах охватывает широкий спектр задач, включая прогнозирование спроса на электроэнергию, оптимизацию распределения ресурсов, управление нагрузкой и диагностику состояния оборудования. Например, алгоритмы машинного обучения могут анализировать исторические данные о потреблении и, основываясь на них, предсказывать будущие потребности в энергии. Это позволяет операторам заранее принимать меры для предотвращения перегрузок и оптимизации работы энергосетей, что, в свою очередь, способствует снижению операционных затрат.

Кроме того, технологии ИИ могут значительно улучшить мониторинг состояния энергетических систем. Системы, основанные на ИИ, способны обрабатывать данные в реальном времени и мгновенно выявлять аномалии, что помогает минимизировать время простоя оборудования и повышает общую надежность энергоснабжения. Эти технологии также позволяют эффективно управлять распределением энергии между различными потребителями, что имеет особую важность в условиях растущей нагрузки на энергетические системы.

Не менее важным аспектом является развитие умных энергетических систем, которые могут самостоятельно адаптироваться к изменениям в спросе и предложении. Эти системы основаны на принципах децентрализованного управления, где каждое устройство и элемент сети могут взаимодействовать друг с другом, принимая решения на основе анализа данных и предшествующих моделей поведения. Это создает возможности для более устойчивого и эффективного управления энергией, а также способствует интеграции возобновляемых источников энергии в общую систему.

Таким образом, использование технологий искусственного интеллекта в управлении энергетическими системами не только повышает эффективность и надежность, но и открывает новые горизонты для устойчивого развития энергетической инфраструктуры. Эта работа направлена на исследование современных методов и технологий ИИ, применяемых в энергетике, а также анализ успешных примеров их внедрения, что позволит глубже понять, как инновации могут помочь справиться с вызовами, стоящими перед энергетическими системами в будущем.

Если начать перечислять, где используется искусственный интеллект, то перечень может оказаться весьма длинным – от процессов производства высокотехнологичной сложной продукции до прогнозирования изменения погоды (рисунок 1).

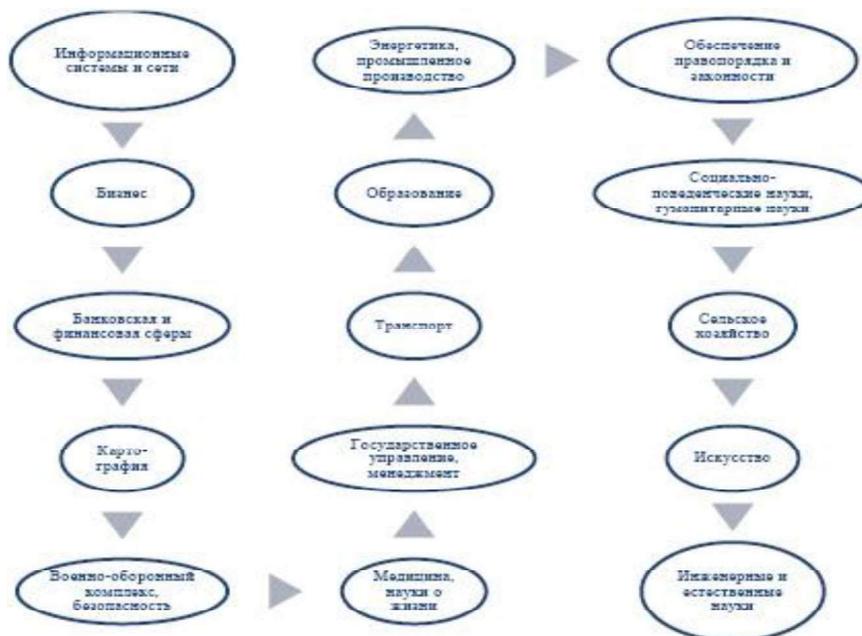


Рисунок 1. Сферы и направления применения искусственного интеллекта
 Источник: составлено авторами на основе обобщения научной литературы

Интеллектуальный капитал несет в себе поистине революционный эффект: «обнаружение образцов среди миллиардов, кажущихся несвязанными точек данных, искусственный интеллект может

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

улучшить прогнозирование погоды, повысить урожайность сельскохозяйственных культур, помочь в обнаружении рака у пациентов, предсказать эпидемию и улучшить производительность труда в промышленности» [2]. Стоит, однако, различать слабый и сильный искусственный интеллект. Системы, которые могут решать сложные, но узкоспециализированные задачи, являются примерами слабого искусственного интеллекта. Это результаты интеллектуальной деятельности, которые легко поддаются отчуждению и коммерциализации. В виде роботизированных систем слабый искусственный интеллект широко используется при осуществлении производственных, логистических, управленческих и других бизнес-процессов, при проведении аналитических исследований на основе большого массива данных и т.п. Сильный искусственный интеллект, появление которого эксперты [3] определяют в конце шестого технологического уклада (примерно к 2040 году) по сути представляет собой искусственную личность, обладающую самосознанием, желаниями, собственным мнением и т.п. Появление сильного искусственного интеллекта пока остается открытым и дискуссионным вопросом, порождающим прогнозирование определенных возможностей и серьезных угроз его применения.

применения технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности управления энергетическими системами:

1. IBM Watson в энергетике: IBM использует платформу Watson для анализа данных из энергетических систем и оптимизации их работы. Например, Watson анализирует данные о потреблении электроэнергии и предсказывает пиковые нагрузки, что позволяет операторам заранее принимать меры для распределения ресурсов.

2. Google DeepMind и снижение потребления энергии: Исследования Google DeepMind показали, что применение ИИ для оптимизации работы систем кондиционирования в дата-центрах позволило сократить потребление энергии на 40%. Алгоритмы машинного обучения анализируют условия окружающей среды и режимы работы оборудования, чтобы находить наилучшие параметры для работы систем охлаждения.

3. Enel и умные сети: Итальянская энергетическая компания Enel использует ИИ для управления умными сетями, которые автоматически адаптируются к изменениям в потреблении энергии. Системы на базе ИИ могут предсказывать, когда произойдет увеличение нагрузки, и корректировать распределение электроэнергии в реальном времени.

4. Siemens и предсказательная аналитика: Siemens применяет технологии ИИ в своих системах управления для предсказательной аналитики. Например, они используют алгоритмы для прогнозирования отказов оборудования в электростанциях, что позволяет заранее проводить техническое обслуживание и минимизировать время простоя.

5. Edison Energy и оптимизация микросетей: Edison Energy разрабатывает решения на основе ИИ для оптимизации работы микросетей. Эти системы могут управлять распределением энергии, получаемой от возобновляемых источников, таких как солнечные панели и ветряки, для обеспечения стабильности энергоснабжения и минимизации затрат.

6. NextEra Energy и интеграция возобновляемых источников: NextEra Energy, один из крупнейших производителей солнечной и ветровой энергии в США, применяет ИИ для прогнозирования выработки энергии от возобновляемых источников. Это позволяет им более эффективно планировать и управлять ресурсами, что способствует снижению зависимости от ископаемых источников энергии.

7. Schneider Electric и управление потреблением: Schneider Electric использует ИИ в своих решениях для управления энергией в зданиях и промышленных предприятиях. Их системы могут автоматически регулировать потребление энергии в зависимости от текущих нужд, тем самым снижая затраты и увеличивая устойчивость.

Эти примеры демонстрируют, как технологии ИИ могут значительно повысить эффективность управления энергетическими системами, улучшить надежность и способствовать интеграции возобновляемых источников энергии.

Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) в управлении энергетическими системами приносит ряд конкретных выгод, которые способствуют повышению их эффективности, надежности и устойчивости. Вот основные направления, в которых ИИ приносит пользу:

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

1. Оптимизация потребления энергии: ИИ-алгоритмы способны анализировать данные о потреблении и выявлять модели, что позволяет лучше планировать распределение ресурсов. Это ведет к более эффективному использованию энергии и снижению затрат для пользователей.

2. Прогнозирование спроса: Технологии ИИ могут прогнозировать изменения в потреблении энергии, основываясь на исторических данных, погодных условиях и других факторах. Это позволяет операторам заранее готовиться к пиковым нагрузкам и избегать перегрузок в энергосетях.

3. Мониторинг состояния оборудования: ИИ помогает в реальном времени отслеживать состояние оборудования, выявляя аномалии и предсказывая возможные отказы. Это позволяет проводить техническое обслуживание до возникновения серьезных проблем, что снижает время простоя и увеличивает надежность систем.

4. Управление распределением ресурсов: Системы, использующие ИИ, могут эффективно управлять распределением электроэнергии между различными источниками, включая возобновляемые. Это особенно важно для интеграции солнечных и ветровых источников энергии, которые зависят от погодных условий.

5. Снижение операционных затрат: Внедрение ИИ позволяет автоматизировать многие процессы, что приводит к снижению операционных затрат. Например, использование предсказательной аналитики может сократить расходы на электроэнергию за счет оптимизации работы систем охлаждения и отопления в зданиях.

6. Устойчивость к сбоям: ИИ может помочь в управлении рисками и минимизации последствий сбоя в энергосистемах. Он способен быстро реагировать на изменяющиеся условия и перенаправлять ресурсы, обеспечивая бесперебойное снабжение энергией.

7. Поддержка умных сетей: ИИ способствует развитию умных энергосетей, которые могут самостоятельно адаптироваться к изменениям в спросе и предложении, обеспечивая более устойчивое и эффективное энергоснабжение.

8. Снижение углеродного следа: Оптимизация работы энергетических систем с использованием ИИ позволяет увеличить долю возобновляемых источников энергии, что в свою очередь помогает сократить выбросы углерода и улучшить экологическую ситуацию.

9. Улучшение клиентского опыта: ИИ позволяет создавать персонализированные решения для потребителей, предлагая им более гибкие тарифы и услуги на основе их потребления и предпочтений.

Таким образом, технологии ИИ обеспечивают не только экономическую выгоду для энергетических компаний, но и экологические преимущества, улучшая общее качество жизни пользователей и способствуя устойчивому развитию энергетических систем.

Выводы

Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) в управлении энергетическими системами представляет собой революционный шаг в направлении повышения эффективности, надежности и устойчивости энергетической инфраструктуры. В условиях растущего спроса на энергию и необходимости перехода к более экологически чистым источникам, внедрение ИИ-технологий становится не только актуальным, но и необходимым.

Искусственный интеллект позволяет эффективно прогнозировать потребление энергии, оптимизировать распределение ресурсов и проводить мониторинг состояния оборудования в режиме реального времени. Это не только снижает операционные затраты, но и увеличивает надежность систем, минимизируя риск сбоев и простоев. Кроме того, применение ИИ способствует интеграции возобновляемых источников энергии, что в свою очередь помогает сокращать углеродный след и улучшать экологическую ситуацию.

Анализ успешных примеров внедрения технологий ИИ в энергетические системы демонстрирует значительные достижения в области управления энергией, повышения энергоэффективности и создания умных энергосетей. Такие системы способны самостоятельно адаптироваться к изменениям в условиях спроса и предложения, что открывает новые горизонты для устойчивого развития энергетики.

В будущем использование искусственного интеллекта в энергетических системах будет продолжать развиваться, открывая новые возможности для повышения их эффективности и устойчивости. Рекомендуется продолжать исследование и разработку новых методов и технологий,

Раздел 3. «IT-технологии, энергетика, автоматизация и вычислительная техника»

которые смогут еще более эффективно интегрировать ИИ в энергетику, тем самым обеспечивая надежное и устойчивое энергоснабжение для всех пользователей.

Список литературы

1. Khosravi, A., & Lemaire, S. (2018). Artificial Intelligence Techniques for the Optimization of Energy Systems: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 334-347.
2. Khan, A., & Tavares, J. (2020). Applications of Artificial Intelligence in Energy Systems: A Comprehensive Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109754.
3. IEA (International Energy Agency). (2020). *Energy Technology Perspectives 2020: Special Report on Energy Efficiency*. IEA Publications.
4. Gonzalez, M., & Hu, J. (2021). Data-Driven Smart Energy Management System: A Review of Artificial Intelligence Applications. *Applied Energy*, 280, 115988. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115988.
5. Ahn, J. & Lee, Y. (2021). The Role of Artificial Intelligence in Energy Systems: A Review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48, 101524.
6. Солдаткин, А. И., & Винокуров, В. Н. (2020). Искусственный интеллект в управлении энергетическими системами: обзор. *Энергетика: экономика, технологии, экология*, 4(1), 45-54.
7. Ковалев, А. А., & Фролов, А. В. (2019). Применение методов машинного обучения в системах управления энергией. *Вестник Технологического университета*, 22(5), 134-139.
8. Шевченко, И. В., & Киселев, А. С. (2021). Искусственный интеллект в управлении энергосистемами: текущие тенденции и перспективы. *Энергетическая политика*, 7, 67-75.
9. Захаров, Д. М. (2020). Умные сети и искусственный интеллект: новые горизонты для энергетики. *Научные труды РЭУ им. Г.В. Плеханова*, 1, 12-18.

V.D. Nikolenko

The use of artificial intelligence technologies to improve the efficiency of energy systems management

Modern energy systems are becoming increasingly complex and require new approaches to enhance their efficiency and reliability. The implementation of artificial intelligence (AI) technologies in energy management opens up opportunities for optimizing resource consumption, forecasting demand, and reducing operational costs. This topic involves the exploration of AI methods for managing energy networks, improving monitoring and diagnostic systems, as well as developing solutions for smart energy systems that can adapt to changing conditions in real time. The use of AI technologies in energy management represents a promising direction for improving the efficiency and sustainability of energy supply. AI applications can address tasks such as forecasting energy consumption, optimizing the operation of energy networks, managing resource distribution, and monitoring equipment status. The work examines contemporary methods and algorithms employed to enhance the accuracy of forecasts and reduce energy losses, alongside an analysis of successful AI implementations in energy infrastructure. Special attention is given to the development of smart energy systems capable of adapting to changing conditions and minimizing the risks of failures. The results of the research demonstrate a significant reduction in operational costs and an increase in the reliability of energy systems through the integration of intelligent technologies.

Keywords: artificial intelligence, energy management, smart energy networks, energy consumption forecasting, resource optimization, equipment monitoring, energy supply sustainability, intelligent technologies.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

References

1. Khosravi, A., & Lemaire, S. (2018). Artificial Intelligence Techniques for the Optimization of Energy Systems: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 334-347.
2. Khan, A., & Tavares, J. (2020). Applications of Artificial Intelligence in Energy Systems: A Comprehensive Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109754.
3. IEA (International Energy Agency). (2020). *Energy Technology Perspectives 2020: Special Report on Energy Efficiency*. IEA Publications.
4. Gonzalez, M., & Hu, J. (2021). Data-Driven Smart Energy Management System: A Review of Artificial Intelligence Applications. *Applied Energy*, 280, 115988. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115988.
5. Ahn, J. & Lee, Y. (2021). The Role of Artificial Intelligence in Energy Systems: A Review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48, 101524.
6. Soldatkin, A. I., & Vinokurov, V. N. (2020). Artificial intelligence in the management of energy systems: an overview. *Energy: Economics, Technology, Ecology*, 4(1), 45-54.
7. Kovalev, A. A., & Frolov, A.V. (2019). Application of machine learning methods in energy management systems. *Bulletin of the Technological University*, 22(5), 134-139.
8. Shevchenko, I. V., & Kiselyov, A. S. (2021). Artificial intelligence in power system management: current trends and prospects. *Energy Policy*, 7, 67-75.
9. Zakharov, D. M. (2020). Smart grids and artificial intelligence: new horizons for energy. *Scientific Works of Plekhanov Russian University of Economics*, 1, 12-18.