

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ: ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

Бочкарев Константин Георгиевич, id-master@mail.ru

Аннотация:

В статье рассматривается применение нейросетей в задаче прогнозирования спроса на электроэнергию. В качестве основного подхода предлагается использование рекуррентных нейронных сетей (RNN). RNN отличаются тем, что сохраняют внутреннее состояние, которое позволяет учесть контекст и историю данных при прогнозировании будущего спроса на электроэнергию. Для демонстрации эффективности предложенного подхода приводятся результаты сравнения прогнозов нейросетей с традиционными методами прогнозирования на реальных данных. Данная научная статья предлагает новый подход к прогнозированию спроса на электроэнергию, основанный на применении нейросетей, что может значительно повысить точность прогнозов спроса и, следовательно, способствовать более эффективному планированию и оптимизации работы энергосистем.

Ключевые слова: электроэнергия, прогнозирование, прогнозирование спроса, нейронная сеть, прогноз, потребление, эффективность, энергосистема.

Проблема прогнозирования спроса на электроэнергию является критической при планировании и оптимизации работы энергосистемы. Точное прогнозирование спроса позволяет эффективно распределить ресурсы, улучшить надежность энергоснабжения и оптимизировать его стоимость.

Однако, проблема прогнозирования спроса на электроэнергию является сложной из-за ее зависимости от множества факторов, таких как сезонность, погодные условия, экономические факторы и праздники. Традиционные методы прогнозирования, основанные на статистических моделях, не всегда точны из-за сложности и нелинейности взаимосвязей между различными факторами.

В данном исследовании рассматривается применение нейросетей – мощного инструмента в области машинного обучения – для прогнозирования спроса на электроэнергию. Нейросети обладают способностью выявлять сложные нелинейные зависимости в данных и, следовательно, могут быть эффективным инструментом прогнозирования спроса.

Предлагаемые нейросети достигают более точных прогнозов, учитывая сложность зависимостей в данных о спросе на электроэнергию.

Описание проблемы.

Прогнозирование спроса на электроэнергию является одной из наиболее сложных задач для энергетической индустрии. Необходимо учитывать множество переменных, таких как распределение населения, погодные условия, экономический рост и изменения технологий. Неправильное прогнозирование спроса может привести к недостаткам энергии или неэффективному использованию ресурсов.

Одной из причин сложности прогнозирования спроса является нестабильность паттернов потребления электроэнергии. Различные факторы, такие как погода, дни недели и времена года, могут существенно влиять на поведение потребителей. Например, в зимние месяцы спрос на электроэнергию значительно возрастает из-за использования систем отопления, в то время как в жаркий летний период резко возрастает спрос на кондиционирование воздуха.

Еще одной сложностью является неопределенность в изменениях в потребительском поведении. Быстрый технологический прогресс и изменения в образе жизни могут значительно влиять на прогнозирование спроса. Например, резкий рост в использовании электромобилей может привести к значительному увеличению общего спроса на электроэнергию.

Для преодоления этих проблем многие энергетические компании исследуют и внедряют новые методы прогнозирования. Использование алгоритмов машинного обучения и анализа больших данных позволяет более точно учитывать различные факторы и изменения в потребительском поведении. Кроме того, сотрудничество с университетами и научными центрами позволяет энергетической индустрии получать актуальные данные и аналитическую поддержку для более точного прогнозирования спроса.

Прогнозирование спроса на электроэнергию остается актуальной и сложной задачей для энергетической индустрии. Благодаря использованию новых технологий и улучшению методов прогнозирования, можно достичь более точных результатов, что поможет обеспечить стабильное и эффективное энергообеспечение в будущем.

Решение проблемы.

Нейросети – мощный инструмент в сфере прогнозирования спроса на электроэнергию, проблема которой заслуживает особого внимания. Спрос на электроэнергию является ключевым фактором, определяющим эффективность энергетической системы и возможность поддержания стабильности в поставках электричества.

Однако, точное прогнозирование спроса на электроэнергию является сложной задачей из-за множества факторов, влияющих на этот процесс. Традиционные методы прогнозирования, такие как статистические модели и регрессионный анализ, ограничены в своей точности и не всегда учитывают все важные аспекты.

Применение нейросетей в прогнозировании спроса на электроэнергию предлагает новые возможности в решении этой проблемы. Нейросети, основанные на принципах искусственного интеллекта, способны анализировать огромные объемы данных и находить сложные взаимосвязи между различными факторами, влияющими на спрос на электроэнергию.

Ключевым преимуществом нейросетей является их способность к обучению на основе имеющихся данных. Алгоритмы нейросетей способны автоматически настраиваться и улучшать свои результаты с течением времени. Это позволяет достичь более точных и надежных прогнозов спроса на электроэнергию, что в свою очередь способствует оптимизации процессов энергетической системы и более эффективному планированию электроэнергетической инфраструктуры.

Использование нейросетей в прогнозировании спроса на электроэнергию не только повышает точность и надежность прогнозов, но также позволяет учитывать сложные динамические изменения внешних факторов, таких как погода, экономические тенденции и поведение потребителей. Это помогает энергетической системе быть гибкой и адаптивной к изменениям, что является важным фактором для обеспечения устойчивого и надежного доступа к электроэнергии.

В заключение, использование нейросетей в прогнозировании спроса на электроэнергию представляет собой перспективное направление для энергетической индустрии. Этот инновационный подход не только повышает точность прогнозов, но также способствует более эффективному и устойчивому функционированию энергетических систем, что является важным шагом в направлении устойчивого развития и оптимизации энергетического сектора.

Нейросети являются мощным инструментом в сфере прогнозирования спроса на электроэнергию. Уникальные алгоритмы, в основе которых лежат искусственные нейронные сети, позволяют точно предсказывать электропотребление в определенные периоды времени.

Эффективность нейросетей в прогнозировании спроса на электроэнергию основана на их способности обучаться на основе большого объема данных. Алгоритмы анализируют предшествующие временные ряды спроса на электроэнергию, учитывая сезонность, праздники, дни недели и другие факторы, которые могут повлиять на потребление энергии.

Одним из преимуществ использования нейросетей является их способность обнаруживать сложные взаимосвязи между различными факторами, которые могут влиять на потребление энергии. Например, нейросеть может учитывать температуру, время суток, длительность рабочего дня и другие факторы, которые могут влиять на электропотребление.

Полученные прогнозы спроса на электроэнергию, основанные на анализе данных с использованием нейросетей, являются более точными, по сравнению с традиционными статистическими моделями. Это позволяет энергетическим компаниям улучшить планирование и оптимизировать процессы поставки электроэнергии, избегая перепроизводства или недостатка ресурсов.

Таким образом, применение нейросетей в прогнозировании спроса на электроэнергию является неотъемлемой частью современного энергетического сектора. Этот инновационный подход обеспечивает более точные прогнозы, что способствует эффективному управлению ресурсами и обеспечению надежной поставки электроэнергии для потребителей.

Для прогнозирования спроса на электроэнергию используется широкий спектр моделей, включая статистические модели, эконометрические модели и машинное обучение. В последние годы машинное обучение, особенно методы глубокого обучения, получили большое внимание в этой области.

Методы глубокого обучения позволяют автоматически извлекать признаки из данных и строить сложные нелинейные модели. Они могут быть эффективными в прогнозировании спроса на электроэнергию, так как они могут учитывать сложные взаимосвязи между различными факторами, такими как погода, временные ряды, экономические показатели и т. д.

Однако использование методов глубокого обучения также имеет свои ограничения. Они требуют большого количества данных для обучения, особенно если необходимо учитывать большое количество факторов. Кроме того, модели глубокого обучения могут быть сложными для интерпретации, что может затруднить понимание причин и взаимосвязей между различными факторами, влияющими на спрос.

В целом, прогнозирование спроса на электроэнергию – это сложная задача, требующая комбинации различных моделей и методов. Использование методов глубокого обучения может быть эффективным, но требует аккуратного подхода и анализа результатов для достижения точности, и надежности прогнозов.

Использование нейросети в прогнозировании спроса на электроэнергию.

В настоящий момент прогнозирование электропотребления стало одной из основных задач исследований в электроэнергетике. Оно играет значимую роль в планировании режимов и эксплуатации энергосистемы. С точки зрения энергосистемы в текущих рыночных условиях точность прогнозирования электропотребления влияет на решение задачи экономической диспетчеризации и повышение благосостояния всех участников рынка [1].

Нейросети могут быть эффективным инструментом для прогнозирования спроса на электроэнергию. Вот несколько способов, которыми их можно использовать:

1. Предсказание с использованием исторических данных: Нейросети могут анализировать исторические данные о спросе на электроэнергию, такие как потребление в разные моменты времени, сезонные изменения и погодные условия. На основе этой информации они могут обучаться и создавать модели прогнозирования спроса на электроэнергию в будущем.

2. Анализ погодных условий: Погодные факторы, такие как температура, влажность, день недели и время года, могут сильно влиять на спрос на электроэнергию. Нейросети могут анализировать эти погодные данные и использовать их для прогнозирования будущего спроса на электроэнергию.

3. Прогнозирование спроса на короткое время: Нейросети могут быть использованы для прогнозирования спроса на электроэнергию на более короткое время, например, в течение нескольких часов или дней вперед. Это может быть полезно для оптимизации работы электростанций и распределения электроэнергии.

4. Автоматическое управление нагрузкой: Нейросети могут также использоваться для автоматического управления нагрузкой, чтобы оптимизировать расход электроэнергии в системе. Например, они могут прогнозировать будущий спрос на электроэнергию и в зависимости от этого управлять нагрузкой, чтобы минимизировать затраты или соблюдать определенные ограничения.

Проблематика повышения качества прогнозирования энергопотребления актуальна для 80 % всех предприятий, организаций и учреждений Российской Федерации и состоит в снижении экономической эффективности ввиду отсутствия возможности осуществлять качественное прогнозирование энергопотребления энергосистемами и комплексами (ЭСиК). Более чем 35 % предприятий указывает высокий износ технологического оборудования значимой причиной,

усложняющей прогнозирование по причине существенного дрейфа фактических характеристик ЭСик относительно проектных значений.

Для достижения поставленной цели ЭСик целесообразно представить как систему, описываемую тремя классами математических моделей:

1) агрегативно, основываясь на причинности во времени (и в неявной форме), считая систему не упреждающей;

2) экономико-математическими моделями, в частности, на основании модели Неймана;

3) как сообщество технических изделий, на множестве которых осуществлено разбиение на семейства и виды, принадлежащие данному множеству [2].

Языки программирования для прогнозирования спроса на электроэнергию.

Нейронные сети могут быть использованы для прогнозирования спроса на электроэнергию с использованием различных языков программирования. Вот некоторые из наиболее распространенных языков программирования, которые можно использовать для создания и обучения нейронных сетей:

1. *Python*: Python является одним из наиболее популярных языков программирования для работы с нейронными сетями. Он предлагает множество библиотек и фреймворков, таких как TensorFlow, Keras, PyTorch, которые облегчают создание и обучение нейронных сетей.

2. *R*: R — это язык программирования и среда разработки, широко используемые в статистическом анализе и прогнозировании. R также предоставляет множество пакетов и библиотек для работы с нейронными сетями, таких как neuralnet, caret, h2o и другие.

3. *MATLAB*: MATLAB — это высокоуровневый язык программирования, который также широко используется для прогнозирования и анализа данных. MATLAB предлагает инструменты и функции для создания и обучения нейронных сетей, таких как Neural Network Toolbox.

4. *Java*: Java — это объектно-ориентированный язык программирования, который может быть использован для создания и обучения нейронных сетей. Существуют различные библиотеки и фреймворки, такие как Deeplearning4j и DL4J, которые предоставляют возможности для работы с нейронными сетями в Java.

5. *C++*: C++ — это язык программирования общего назначения, который также может быть использован для создания и обучения нейронных сетей. Библиотеки, такие как TensorFlow и Caffe, предоставляют возможности для работы с нейронными сетями на C++.

Это лишь несколько примеров языков программирования, которые могут быть использованы для прогнозирования спроса на электроэнергию с помощью нейронных сетей. Выбор языка программирования зависит от ваших предпочтений и требований проекта.

Нейронные сети как инструмент прогнозирования энергопотребления.

В свете программы «Цифровая энергетика Российской Федерации» повышение точности прогнозных расчетов спроса на энергетические ресурсы становится актуальной задачей. При разработке прогнозного спроса на энерго-

ресурсы используются два основных подхода: формульные модели и статистические данные [3].

Формульные модели имеют ограничения в описании даже простого здания школы и, тем более, среднего промышленного предприятия. Множество неизвестных факторов, таких как тепловое сопротивление ограждающих конструкций, воздействие ветра и солнца, график эксплуатации оборудования и привычки персонала, делают формульные модели сложными.

Кроме того, сложно сформулировать прогнозную модель энергопотребления для одного изделия на предприятии с развитым технологическим циклом, так как одно и то же оборудование может использоваться в различных циклах производства разных продуктов. Для решения этой проблемы предлагается использовать искусственные нейронные сети, сочетая их с упрощенными формульными моделями для основных энергопотребителей. В некоторых случаях также эффективно применять многофакторный регрессионный анализ.

При использовании статистических методов для формулирования математической функции прогнозного спроса на энергетические ресурсы главной задачей является определение минимального набора входных параметров, удовлетворяющих требованиям исследования. Также необходимо синхронизировать статистические данные по временной шкале и очистить их от возмущающих факторов, не связанных с основной задачей инженерной системы, например утечек теплоносителя в системе отопления.

На рисунке 1 представлены результаты прогнозирования для угольной шахты, расположенной за полярным кругом. Сплошной линией показано фактическое, пунктирной – прогнозное потребление электрической тепловой энергии, точность прогнозирования составляет 90,3 % [3].

Также на основе полученной нейронной сети можно выполнять прогнозирование энергосберегающего эффекта. На рисунке 2 приведён фактический и прогнозный графики потребления электрической энергии системой освещения подмосковного города до и после замены светильников типа ДНаТ на светодиодные аналоги. Точность прогнозирования 98,2 %.

Ещё одним интересным применением прогнозной модели спроса на энергоресурсы является проверка корректности передаваемых в информационную систему показаний приборов учёта. На рисунке 3 представлены графики теплотребления, для школы, расположенной в климатической зоне умеренного климата. Приведён коридор прогнозных значений, рассчитанный с учётом возможности колебания всех входных факторов.

Исходя из приведённых данных можно сделать предположение о том, что данные вносились некорректно в феврале 2018 г. и в октябре 2019 г. Данное предположение подтверждается информацией от управляющего персонала школы. Именно в эти месяцы ответственный за съём показаний с приборов учёта тепловой энергии и передачу их в информационную систему уходил в отпуск. Последующие несоответствия фактического графика прогнозируемому обусловлены попытками хозяйственного штата школы привести показания в норму без резких скачков.

Таким образом, использование искусственных нейронных сетей позволяет решить не только задачу повышения точности прогнозных расчётов спроса на энергетические ресурсы, но также и проверить корректность передаваемых показаний приборов учёта. Особо необходимо отметить возможность весьма точного прогнозирования эффекта от внедрения разнообразных энергосберегающих мероприятий.

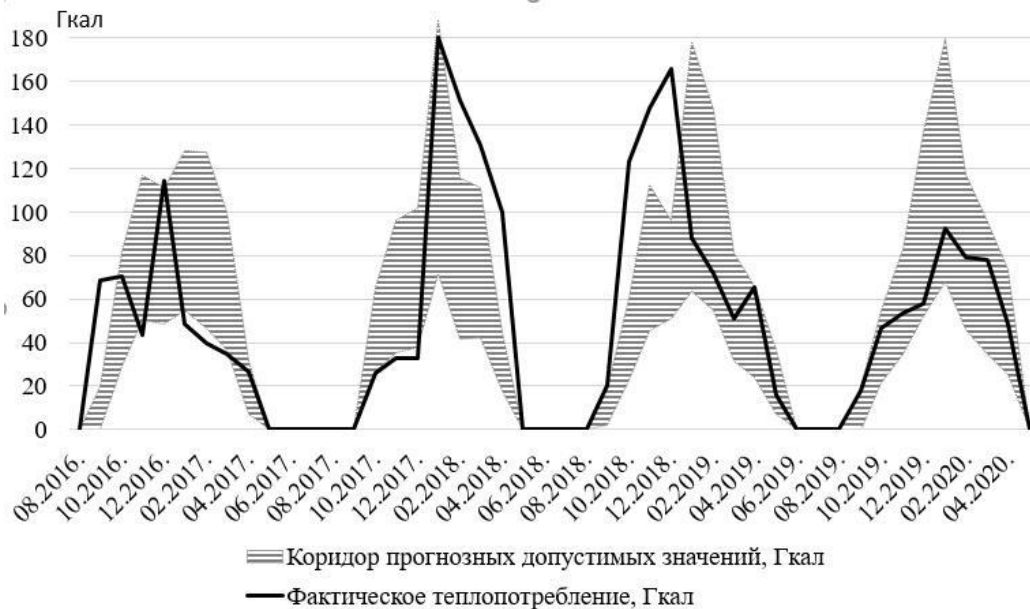


Рисунок 1 – Прогнозирование потребления электрической тепловой энергии для угольной шахты за полярным кругом

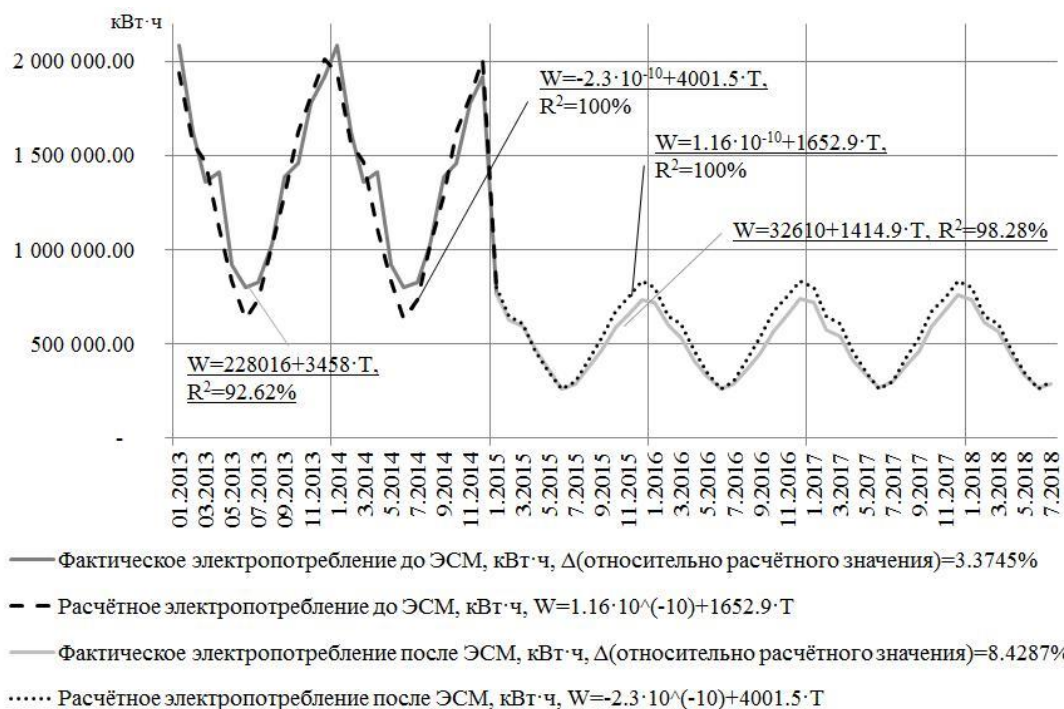


Рисунок 2 – Прогнозирование энергосберегающего эффекта замены светильников на светодиодные аналоги

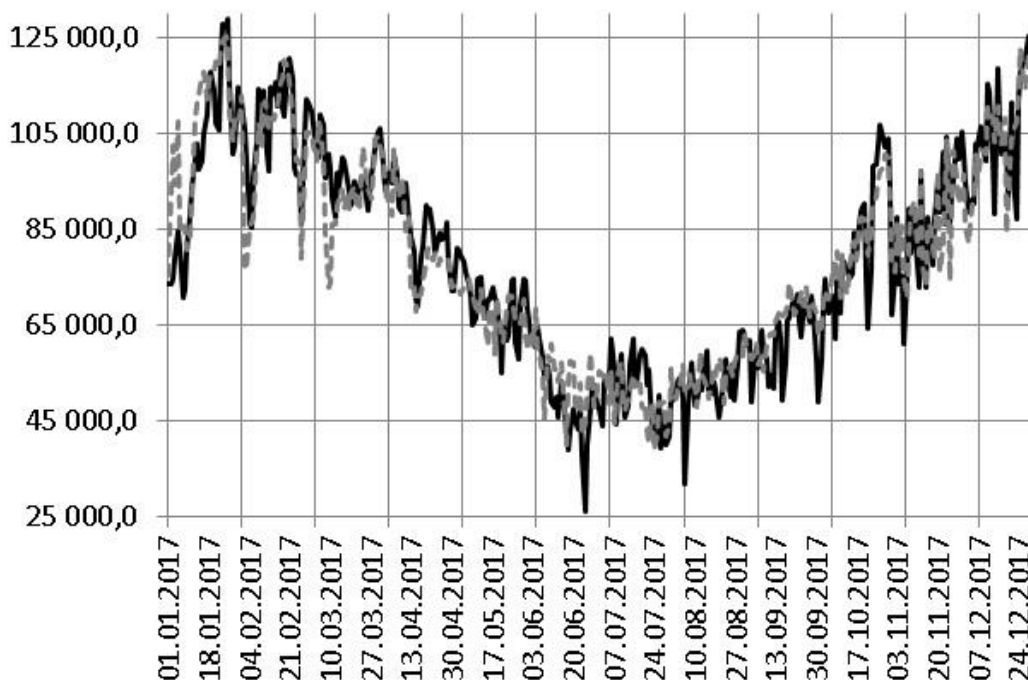


Рисунок 3 – Графики теплотребления и коридор прогнозных значений для школы в умеренном климате

Применение нейронных сетей в энергетике России.

В свете появления оптового рынка электроэнергии в России точность прогнозирования потребления электроэнергии стала важной задачей для поставщиков электричества. Неправильные прогнозы обходятся им дорого. Внедрение нейронных сетей позволяет достичь точности прогнозирования на уровне 96–97 %, что значительно повышает эффективность энергосбытовых компаний.

Программа развития электросетевой компании "Россети" нацелена на переход к интеллектуальным сетям (смарт-грид), обладающим новыми характеристиками надежности, эффективности, доступности и управляемости, позволяющими удовлетворять индивидуальные потребности клиентов. Для реализации этой программы необходимо достичь среднемировых показателей описанных характеристик. Одним из путей достижения этих результатов является точное прогнозирование потребления электроэнергии и формирование профилей клиентов, что влияет на технологические процессы компании и ее экономическую эффективность.

Прогнозирование играет важную роль в балансе электроэнергии в энергосистеме, влияя на выбор режимных параметров и расчетных электрических нагрузок. Баланс производства и потребления электроэнергии является основой технологической устойчивости энергосистемы. Нарушение этого баланса влечет за собой деградацию частоты и напряжения в сети, что снижает эффективность работы оборудования. Кроме того, правильный прогноз позволяет оптимально

распределить нагрузку между объектами энергосистемы, что позволяет управлять стоимостью электроэнергии путем регулирования загрузки оборудования.

Прогноз потребления электроэнергии имеет решающее значение в функционировании энергосистемы [4].

Задача прогнозирования потребления электроэнергии стала особенно актуальной после появления оптового рынка электроэнергии в России. Ошибки в прогнозах стоят очень дорого, поскольку снижается качество управления электроснабжением и ухудшается экономичность сложных режимов работы энергосистемы. За нарушения фактических показателей относительно прогнозных участникам накладываются штрафные санкции, что еще больше увеличивает стоимость электроэнергии. Недооценка прогноза приводит к необходимости включения дорогостоящих аварийных электростанций, а переоценка требует излишних затрат на поддержание излишних мощностей.

Для прогнозирования потребления электроэнергии и создания профилей клиентов, используются различные методы анализа ретроспективной динамики электропотребления и его влияющих факторов, статистической связи между признаками, а также построения моделей. Ранее наиболее распространенными методами были однофакторные прогнозы, основанные на регрессионных подходах. Однако такие прогнозы неспособны учесть влияние таких факторов, как погодные условия, колебания цен на топливо и поломки оборудования, поэтому рекомендуется использовать многофакторное прогнозирование, позволяющее достичь значительно более точных результатов.

Среди многофакторных подходов особенно выделяется метод, основанный на искусственных нейронных сетях. Этот метод позволяет установить связи между выходными характеристиками системы и входными факторами, что позволяет прогнозировать будущие значения параметров и точно классифицировать группы объектов. Кроме того, нейронные сети хорошо масштабируются и преодолевают проблему проклятия размерности, ограничивающую способность моделировать линейные зависимости при большом количестве переменных.

Сильные стороны искусственной нейронной сети (ИНС) включают явный прирост производительности по сравнению с обычными методами машинного обучения [4].

Нейронные сети представляют собой сети элементарных процессоров, нейронов, которые получают и передают сигналы через связи с определенными весами. Результатом работы сети являются числовые данные, которые могут быть преобразованы при необходимости. Выбор подходящей нейронной сети зависит от конкретной задачи, типа данных и их объема.

В итоге, применение нейронных сетей в энергетике позволяет значительно повысить точность прогнозирования электропотребления, что способствует улучшению управления электроснабжением и повышению экономической эффективности энергосистем.

Список используемой литературы

1. Сташкевич Елена Владимировна, Айзенберг Наталья Ильинична, Илюхин Илья Геннадьевич ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ СООБЩЕСТВА МИКРОСЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2022. №2. - С.19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-i-upravlenie-elektropotrebleniem-soobschestva-mikrosetey-s-primeneniem-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 10.02.2024).
2. Гужов Сергей Вадимович О ПРОГНОЗИРОВАНИИ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ // Известия Транссиба. 2020. №1 (41). - С.134–135. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-prognozirovanii-sprosa-na-elektroenergiyu-energосistemami-regionov-rossiyskoy-federatsii-s-primeneniem-iskusstvennyh-neyronnyh> (дата обращения: 15.02.2024).
3. Гужов С. Нейронные сети как инструмент прогнозирования энергопотребления // Эксперт-бюро ЭнергияВита. Энергоэффективность, экология, цифровизация. URL: <https://energivita.ru/2020/06/28/> (дата обращения: 15.02.2024).
4. Васильев Гордей Владимирович, Бердоносков Виктор Дмитриевич МЕТОДИКА ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ // ЭС и К. 2022. №4 (57). - С.92–93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-po-effektivnomu-primeneniyu-gibridnyh-modeley-neyronnyh-setey-dlya-prognozirovaniya-energopotrebleniya> (дата обращения: 16.02.2024).

Информация об авторах

Бочкарев К. Г. - студент группы 8Э(з) -31, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

Научный руководитель

Грибанов А. А., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

Ссылка для цитирования

Бочкарев, К. Г. Применение нейросетей в прогнозировании спроса на электроэнергию: описание проблемы и ее решение / К. Г. Бочкарев, А. А. Грибанов // Энерджинет. 2023. № 1. URL: <http://nopak.ru/231-047> (дата обращения: 02.02.2024).

