Анализ потребления электроэнергии по регионам РФ

Д.А. Малюжанцев, А.М. Тарасова, А.К. Андаралова, П.С. Белокоровий, Д.А. Салчак

Департамент социально-экономических исследований и регионального

развития, ШЭМ ДВФУ

E-mail: andaralova.ak@dvfu.ru, [belokorovii.ps@dvfu.ru](mailto:belokorovii.ps@dvfu.ru), [malyuzhantcev.da@dvfu.ru](mailto:malyuzhantcev.da@dvfu.ru), [salchak.da@dvfu.ru](mailto:salchak.da@dvfu.ru), tarasova.am@dvfu.ru

Научный руководитель – А.Ю. Филатов

E-mail: [filatov.aiu@dvfu.ru](mailto:filatov.aiu@dvfu.ru)

Analysis of Electricity Consumption Across Russian Regions

Dmitrii A. Maliuzhantsev, Arina M. Tarasova, Anna K. Andaralova, Polina S. Belokorovii, Dariana A. Salchak

Scientific supervisor – Aleksandr Yu. Filatov

*Ключевые слова:* прогнозирование протребления электроэнергии, рынок электроэнергии, цены на электроэнергию, SHAP-анализ в Python, машинное обучение в энергетике, регрессионные модели для регионов России, сезонность в энергопотреблении, влияние погоды на энергопотребление, промышленное потребление электроэнергии

*Keywords:* Energy demand forecasting, electricity market, electricity prices, SHAP analysis in Python, machine learning in energy, regression models for Russian regions, seasonality in energy consumption, impact of weather on energy consumption, industrial electricity consumption

Введение

**Значимость исследования:**

В условиях динамичного развития экономики и изменений в потребительских предпочтениях, компании, занимающиеся электроэнергетикой, сталкиваются с необходимостью точного прогнозирования спроса на электроэнергию. В частности, для эффективного управления запасами и оптимизации поставок необходимо учитывать региональные особенности потребления. Сложности в анализе потребления электроэнергии по регионам РФ усугубляются недостатком актуальных данных и отсутствием моделей, способных адекватно предсказывать цены и объемы спроса. Это может понадобиться для оптимизации поставок и эффективного управления запасами.

**Исследовательский вопрос:**

Каковы основные факторы, влияющие на потребление электроэнергии в различных регионах РФ?

Модели машинного обучения

Разработано по одной модели для каждого из четырех регионов: Московская область, Иркутская область, Челябинская область, Татарстан. Нынешний код проекта прикрепляем в Приложении В. Код написан на языке Python. Этот код реализует процесс анализа и визуализации влияния признаков на предсказания модели регрессии с использованием библиотеки SHAP.

Рассчитываются значения SHAP, которые показывают вклад каждого признака в предсказания модели. Эти значения используются для визуализации через функции Summary\_plot, Bar\_plot и Dependence\_plot. Визуализация результатов: с помощью matplotlib создаются и сохраняются графики (сводный график, график столбцов и графики зависимостей) для углубленного анализа влияния признаков на предсказания. Гибкость в выборе набора данных: код позволяет пользователю выбирать файл с данными из нескольких доступных (irkutsk.csv, moscow.csv, chelyabinsk.csv и tatarstan.csv) и обрабатывать его.

Наш код формирует полный процесс анализа данных, от предобработки до обучения модели и визуализации влияния признаков. Параметры обучения данной модели были получены с помощью перебора. Перебор осуществлялся только на данных по Иркутской области. Прогонять алгоритм перебора под каждый отдельный регион не стали, так как опасались переобучения. Желательно для начала изучить сами данные через аналитику.

На данный момент наиболее высокая точность предсказания у модели по Московской области. Вывод кода по разным регионам:

\*irkutsk.csv\*

Mean Squared Error: 1207.3694696398038

R^2 Score: 0.965735472087121

\*moscow.csv\*

Mean Squared Error: 1622.7107786144907

R^2 Score: 0.9828934640935785

\*tatarstan.csv\*

Mean Squared Error: 1328.8559843398473

R^2 Score: 0.9786274154950795

\*chelyabinsk.csv\*

Mean Squared Error: 1153.7947621535104

R^2 Score: 0.9737566527089901

Согласно результатам анализа с использованием графиков SHAP, время суток и месяц оказались наиболее значительными факторами, влияющими на потребление электроэнергии. Это подтверждает наличие выраженной сезонной и суточной динамики в потреблении. Например, в зимний период наблюдается рост спроса из-за отопления, тогда как летом наблюдается увеличение потребления энергии из-за использования кондиционеров. Данные о планируемом производстве на гидроэлектростанциях (ГЭС), атомных электростанциях (АЭС), солнечных электростанциях (СЭС) и ветровых электростанциях (ВЭС) также оказались важными для понимания динамики потребления. Это подчеркивает необходимость эффективного планирования производства и распределения ресурсов для удовлетворения растущего спроса.

Интересно отметить, что факторы, связанные с ценами на уголь и сталь, также влияют на потребление электроэнергии, хотя и косвенно. Эти зависимости могут быть объяснены влиянием промышленного потребления на общий спрос. Важно подчеркнуть, что внешние экономические условия, такие как инфляция и колебания валютных курсов, оказывают влияние на стоимость электроэнергии и, следовательно, на её потребление. Однако эти факторы имеют меньшую значимость по сравнению с внутренними показателями и плановыми значениями. Однако в Иркутской области, где присутствуют значительные запасы природных ресурсов, наблюдается другая динамика: здесь важным фактором является не только время суток, но и уровень промышленного производства. Республика Татарстан демонстрирует схожие тенденции с Московской областью, однако здесь более заметно влияние сельскохозяйственного сектора на потребление электроэнергии.

Дашборд

Дашборд создан с помощью сервиса визуализации и анализа данных Yandex Datalens. На дашборде отображаются графики, которые показывают зависимость спроса на электроэнергию от различных факторов. На данный момент дашборд состоит из пяти вкладок. На первой представлены три точечные диаграммы - для данных за 2020-2021 гг., 2022 г. и 2023-2024 гг. - иллюстрирующие зависимость цены от планового объёма (каждая диаграмма отражает данные для всех четырёх регионов). На остальных вкладках представлены пары графиков для сравнительного анализа ситуации в двух регионах по выбору.

Основное внимание мы удиляем зависимостям спроса на электроэнергию от различных факторов, таких как время суток, день недели и погодные условия. Каждый из графиков позволяет проводить анализ для двух выбранных регионов одновременно, что способствует более глубокой сравнительной оценке.

**1 Анализ спроса на электроэнергию**

1.1 Зависимость спроса от даты.

Гистограммы показывают, как изменяется средний спрос на электроэнергию по дням. Наиболее заметные пики связаны с: Праздничными днями и выходными. Сезонными изменениями, например, повышенным спросом зимой.

Зимний период характеризуется существенным ростом потребления электрической энергии. Ведь именно в это время люди используют электрообогреватели (конвекторы, радиаторы и тепловые пушки), чаще зажигают свет поскольку световой день короткий, а также больше времени проводят за телевизорами и компьютерами.

1.2 Зависимость спроса от времени суток.

Гистограммы зависимости спроса от времени суток показывают характерные пики в определенные часы. Обычно наблюдается увеличение спроса в утренние и вечерние часы, что может быть связано с повышенной активностью потребителей. В утренние часы потреблениеэлектроэнергии увеличивается, так как люди включают свет, включаюттермостаты и используют горячую воду, готовясь к новому дню, а также когда открываются предприятия и офисы. Электрическая нагрузка снова возрастает зимними вечерами, когда люди возвращаются домой и начинают прогревать свои дома и готовить еду. Низкий спрос в ночное время указывает на уменьшение потребления электроэнергии.

1.3 Зависимость спроса от дня недели.

Гистограммы показывают, что спрос на электроэнергию может варьироваться в зависимости от дня недели. Например: в рабочие дни (с понедельника по пятницу) спрос чаще всего выше, чем в выходные (суббота и воскресенье). Возможные колебания могут быть связаны с рабочими графиками и активностью населения, особенно в Московской области наблюдаются максимальные значения объемов энергопотребления.

**2 Влияние погодных условий**

Графики зависимости объема спроса от погоды, такие как температура и ветер, показывают, что более высокие температуры могут привести к увеличению спроса на электроэнергию из-за использования кондиционеров.

Большая часть энергопотребления уходит на обогрев, а в летний период — на охлаждение жилых домов. Также чем жарче на улице, тем больше электроэнергии нужно, чтобы бытовая и промышленная техника могла поддерживать необходимый для работы температурный режим.

**3 Цены на ресурсы**

Графики, показывающие зависимость цены на электроэнергию от различных факторов (времени суток, дня недели, даты), позволяют сделать выводы о 1) колебаниях цен в зависимости от спроса и предложения и 2) влиянии цен на нефть и уголь на стоимость электроэнергии, что может быть особенно актуально для регионов с высокой зависимостью от традиционных источников энергии.

Анализ данных с дашборда позволяет выявить ключевые зависимости и тренды на рынке электроэнергии в исследуемых нами регионах. Как по производству электроэнергетики, так и по потреблению лидирует Московская область. Несмотря на то, что Центральный экономический район небогат природными ресурсами, он является лидером как по производству электроэнергетики, так и по ее потреблению. Связано это с тем, что максимальное количество населения сконцентрировано именно в этом экономическом районе, а значит и спрос на энергетику высок. Поскольку энергетику невозможно накапливать, в районе построен ряд мощных теплоэлектростанций, которые работают на привозном топливе, тем самым удовлетворяя потребность населения в электроэнергетике.

Анализ данных с использованием дашборда продемонстрировал, что Московская область является лидером по производству и потреблению электроэнергии. Это связано с высокой концентрацией населения и экономической активностью в данном регионе. Несмотря на отсутствие значительных природных ресурсов, такие как уголь или нефть, Московская область располагает мощной инфраструктурой теплоэлектростанций, которые обеспечивают стабильное снабжение электроэнергией. Таким образом, мы можем констатировать, что плотность населения и уровень урбанизации играют решающую роль в формировании спроса на электроэнергию.

Заключение

В ходе проведенного исследования потребления электроэнергии по регионам Российской Федерации были выявлены ключевые факторы, влияющие на характер и объем спроса. Результаты анализа показали, что \*\*время суток\*\* и \*\*сезон\*\* являются самыми значительными переменными, определяющими колебания потребления. Например, в зимний период наблюдается резкий рост спроса на электроэнергию из-за отопительных нужд, в то время как летом потребление увеличивается в связи с использованием кондиционеров.

Исследование показало, что необходимо учитывать влияние внешнеэкономических факторов, таких как колебания цен на уголь и сталь, на общий уровень энергопотребления. Важно отметить, что именно в регионах с высоким уровнем промышленного производства, как, например, в Иркутской области и Татарстане, наблюдаются дополнительные динамики спроса на электроэнергию.

В заключение, необходимо подчеркнуть, что эффективное планирование и распределение ресурсов в сфере электроэнергетики в значительной мере зависит от понимания специфики регионального потребления. Полученные данные и аналитические выводы могут стать основой для дальнейших исследований и разработки новых стратегий управления энергообеспечением в России.

Список использованных источников

1. Официальный сайт АО "АТС" [Электронный ресурс]. – URL: https://www.atsenergo.ru/ (дата обращения 18.11.2024)