

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004.021:621.311.6

Голубева
Ирина Александровна

Алгоритм прогнозирования доступности зарядных станций

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление
и обработка информации»

Научный руководитель
Севернёв Александр Михайлович
кандидат технических наук, доцент

Минск 2023

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия наблюдается рост нерационального использования природных ресурсов и усугубление экологических проблем. Однако признание важности сохранения природы и ее ресурсов привело к усилению регуляторных политик и постепенному формированию экологического сознания в обществе.

Многие страны рассматривают возможность введения ограничений на движение бензиновых и дизельных транспортных средств. Электромобили являются альтернативным видом транспорта, поэтому ожидается рост спроса на зарядку электромобилей, что является важным аспектом инфраструктуры.

Увеличение производства электромобилей может привести к положительным экологическим изменениям, таким как уменьшение выбросов газов в атмосферу и снижение загрязнения окружающей среды.

Недостаточно налаженная инфраструктура зарядных станций, очереди на зарядку и неопределенность наличия свободных зарядных станций – некоторые из факторов, препятствующих широкому внедрению электромобилей.

Одним из шагов на пути к широкому распространению электротранспорта является расширение и оптимизация общественной инфраструктуры для зарядки.

В последнее время интерес к области моделирования нагрузки на зарядные станции для электромобилей стремительно возрастает.

С ростом числа электромобилей их владельцам необходимо точно планировать маршрут, чтобы найти зарядную станцию до того, как разрядится батарея, а поставщикам услуг зарядки – равномерно распределять нагрузку между зарядными станциями. Для этого необходимо обладать информацией о доступности зарядных станций.

Хотя на сегодняшний день и существуют сервисы, предоставляющие пользователям информацию о состоянии зарядных станции в реальном времени, предварительное резервирование на общедоступных зарядных станциях всё ещё недоступно. Водители могут попасть в очередь по прибытии на зарядную станцию, которая была свободна всего лишь несколько минут тому назад.

Прогнозирование поможет владельцам электромобилей избежать неудобств, связанных с занятыми зарядными станциями и сократить время ожидания зарядки, позволит управлять ограниченными ресурсами зарядных станций и равномерно распределять нагрузку между зарядными станциями.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования. Целью магистерской диссертации является регулирование потоков пользователей посредством предоставления прогноза состояния зарядной станции на ближайшие сутки.

Задачи исследования. Для достижения поставленной были поставлены следующие задачи:

- изучить существующие методы и модели прогнозирования доступности зарядных станций;
- выбрать технологии для реализации алгоритма прогнозирования;
- провести предварительную обработку данных для прогнозирования состояния зарядной станции на следующий день;
- провести разведочный анализ данных для выявления особенностей и зависимостей в данных;
- сгенерировать релевантные признаки для повышения качества работы моделей;
- подобрать оптимальные гиперпараметры моделей для достижения наилучших результатов;
- настроить и оценить различные модели прогнозирования;
- сравнить результаты работы моделей, выбрать наилучшую модель.

Объект исследования. Объектом исследования являются сети зарядных станций.

Предмет исследования. Предметом исследования является алгоритм прогнозирования состояния зарядной станции на следующий день.

Актуальность темы исследования. В рамках магистерской диссертации был проведен разведочный анализ данных об использовании зарядных станций, расположенных в городе Боулдер (штат Колорадо, США), за период с 2018-го по 2022-й годы. Из анализа графика распределения сеансов зарядных станций по месяцам следует, что пандемия *Covid-19* оказала существенное влияние на востребованность зарядных станций, а именно, спрос значительно снизился. Однако, после снижения эффекта пандемии, спрос быстро восстановился и в настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к его росту.

Актуальность темы исследования обусловлена развитием электромобильной индустрии, ростом спроса на зарядные станции, необходимостью обеспечения эффективной зарядной инфраструктуры и разработки интеллектуальных алгоритмов для ее оптимального использования.

Возможность прогнозирования состояния зарядной станции позволит оптимизировать общественную инфраструктуру для зарядки; управлять

ограниченными ресурсами зарядных станций и равномерно распределять нагрузку между ними; избежать неудобств, связанных с занятыми зарядными станциями и сократить время ожидания зарядки.

Прогноз доступности зарядных станций может использоваться для разработки системы рекомендаций в режиме реального времени с целью регулирования потоков пользователей, снижения времени ожидания зарядки и управления спросом на электроэнергию. Прогноз может быть также использован для: проведения технического обслуживания, контроля неправомерной парковки, адаптации цен в случае высокой нагрузки, прогнозирования потребления электроэнергии, прогнозирования доступной мощности для умной зарядки.

Применение упомянутых возможностей прогнозирования доступности зарядных станций может вызвать интерес у потенциальных покупателей и способствовать дальнейшему развитию электротранспорта. Это, в свою очередь, может привести к положительным экологическим изменениям, таким как уменьшение выбросов газов в атмосферу и снижение загрязнения окружающей среды.

Область исследования. Информационные технологии в управлении энергосистемами и сетями зарядных станций для электромобилей. Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-40 80 02-2020 специальности 1-40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Теоретическая и методологическая основа исследования. В основу диссертации легли работы зарубежных исследователей в следующих областях:

- прогнозирование временных рядов;
- планирование и эффективное использование инфраструктуры для зарядки электромобилей;
- использование методов машинного обучения для прогнозирования состояния зарядных станций;
- использование методов машинного обучения для прогнозирования потребления электроэнергии.

Информационная база исследования сформирована на основе технической литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна полученных результатов. На сегодняшний день существуют такие сервисы как *MALANKA*, *ChargePoint*, *ChargeHub*, которые предоставляют пользователям информацию о состоянии зарядных станций в реальном времени. Однако резервирование заранее на общедоступных зарядных

станциях всё ещё недоступно. Водители могут попасть в очередь по прибытии на зарядную станцию, которая была свободна несколько минут назад. Поэтому задача реализации алгоритма, позволяющего получать информацию о состоянии зарядной станции заранее, становится актуальной.

Разработанный алгоритм учитывает различные факторы, влияющие на доступность зарядных станций, такие как месяц, день недели, время суток, государственные праздники и нерабочие дни, школьные каникулы и другие. Это позволяет достичь достаточно высокой точности прогнозирования и эффективного планирования использования зарядной инфраструктуры.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанный алгоритм может быть использован в реальных условиях для оптимизации зарядной инфраструктуры, распределения нагрузки между зарядными станциями, прогнозирования потребления электроэнергии и обеспечения более удобного доступа к зарядным станциям для владельцев электромобилей.

Алгоритмы прогнозирования доступности зарядных станций могут быть реализованы как часть систем управления зарядными станциями, платформ или приложений для электромобилей.

Личный вклад соискателя. Соискателем самостоятельно выполнены все поставленные задачи исследования и сделаны выводы о полученных результатах. Постановка задач и обсуждение достигнутых результатов проводились совместно с научным руководителем.

Публикация результатов исследования. Результаты магистерской диссертации были опубликованы в сборнике материалов XII Международной научной конференции «Информационные технологии и системы» (*The International Scientific Conference «Information Technologies and Systems», ITS-2022*) и в сборнике материалов 59-й научно-технической конференции магистрантов, аспирантов и студентов УО «БГУИР», Минск, 2023г. [1–А., 2–А.].

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 «Анализ существующих методов и моделей прогнозирования доступности зарядных станций» магистерской диссертации рассматривается понятие анализа временных рядов и существующие методы и модели прогнозирования временных рядов; приводится подробное описание моделей *Random Forest Classifier*, *Gradient Boosting Classifier* и *SARIMAX*.

В главе 2 «Разработка алгоритма прогнозирования доступности зарядных станций» предлагается алгоритм прогнозирования доступности зарядных станций, включающий в себя предварительную обработку и разведочный анализ данных, генерацию признаков модели, выбор метрик для качественной оценки прогнозов и выбор оптимальной модели с помощью вложенной перекрестной проверки с последовательными обучающими наборами на внешнем и внутреннем циклах. Каждый этап алгоритма подробно рассматривается, приводятся примеры программного кода для реализации.

В заключительной главе 3 «Используемые технологии и результаты работы алгоритма» обосновывается выбор технологий и программных средств для реализации алгоритма, приводятся результаты работы моделей *Random Forest*, *Gradient Boosting* и *SARIMAX*, их сравнение и выводы.

Диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности соответствует норме, установленной кафедрой. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке использованных источников».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной магистерской диссертации были поставлены цель, задачи и определены объект и предмет исследования, связанные с прогнозированием состояния зарядной станции на ближайшие сутки. Целью исследования являлось регулирование потоков пользователей путем предоставления прогноза доступности зарядной станции.

В ходе исследования было обнаружено, что модель *SARIMAX* показывает менее точные результаты прогнозирования доступности зарядных станций по сравнению с *Gradient Boosting Classifier* и *Random Forest Classifier*. Однако, *SARIMAX* может быть полезна в случаях, когда доступно ограниченное количество данных, например, когда станции только начинают функционировать.

Модель *Gradient Boosting Classifier* показала наилучшие результаты. Применение технологии *RFE* незначительно влияло на результаты, а для некоторых станций ухудшало оценки.

Сгенерированные экзогенные признаки оказали малое влияние на предсказание. При реализации алгоритма важно учитывать особенности локализации, например: уровень общественной инфраструктуры, климат, осадки, наличие больших концертных площадок и спортивных сооружений, которые могут повлиять на востребованность зарядных станций. Возможно, использование упомянутых признаков улучшило бы качество предсказания.

Результаты данного исследования вносят вклад в область прогнозирования доступности зарядных станций и могут быть использованы в различных практических задачах, связанных с управлением потоками пользователей в сетях зарядных станций. Разработанный алгоритм прогнозирования может служить основой для создания интеллектуальных систем управления зарядными станциями, что позволит эффективно распределять ресурсы и повысить качество обслуживания пользователей электромобилей.

В перспективе алгоритм можно усовершенствовать, добавив возможность учитывать статистику пользовательских запросов в качестве весового коэффициента при расчете вероятности доступности станции в текущий момент времени.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

[1–А.] Голубева, И.А. Анализ временных рядов для прогнозирования доступности зарядных станций / И.А. Голубева // Сборник материалов XII Международной научной конференции «Информационные технологии и системы». – 2022. – С.147.

[2–А.] Голубева, И.А. Методы классификации для прогнозирования доступности зарядных станций / И.А. Голубева // Сборник материалов 59-й научно-технической конференции магистрантов, аспирантов и студентов УО «БГУИР», Минск, 2023. – С.28.