

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.852 + 004.89

Пинчук  
Алексей Алексеевич

СРЕДСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПАРКОВОК

**Автореферат**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-31 80 10 «Теоретические основы информатики»

Научный руководитель

Романов Владимир Ильич

Кандидат технических наук, доцент  
кафедры ИИТ

Минск 2020

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной проблемой среди водителей транспортных средств является нехватка парковочных мест. Результаты многочисленных опросов показывают, что водители ежедневно прилагают большие усилия для поиска свободного места и в среднем проезжают около 2.5 километров для этого. Около 30% пробок возникает из-за загруженности дорог водителями, которые ищут, где можно припарковать свой автомобиль. Выходом из сложившейся ситуации может стать разработка средств прогнозирования загруженности парковок. Система поможет оптимизировать использование парковок, сокращая время поиска свободного места и тем самым снижая загруженность дорог. Уменьшение количества автомобилей на дорогах в свою очередь поможет сократить выбросы углекислого газа в атмосферу, что положительно скажется на экологической обстановке города. Приток автомобилей на парковки, расположенные рядом с торговыми центрами и супермаркетами прямо пропорционален количеству покупателей и будет полезен для планирования продаж.

Целью данной работы является повышение качества прогнозирования загруженности парковок.

Таким образом, прогнозирование загруженности важно с точки зрения следующих акторов:

1. Для владельца парковки вопрос загруженности важен для планирования выручки и стоимости парковочного места.
2. Подсистема будет полезна для обслуживающего персонала парковки, так как она сможет подсказать наиболее свободные часы, в которые можно провести технические работы или обслуживание датчиков.
3. Пользователь же сможет принять решение об оптимальном районе для парковки.
4. Загруженность парковки является хорошим индикатором притока покупателей в супермаркет или торговый центр, рядом с которым она располагается.

Таким образом, разрабатываемые средства прогнозирования загруженности парковок помогут добиться большего удобства в использовании и автоматизации работы городских уличных парковок.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Цель и задачи исследования.**

*Целью* работы является повышение качества прогнозирования загруженности парковок. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие методы, модели и технологии прогнозирования;
- проанализировать и обработать имеющиеся статистические данные об использовании парковок;
- спроектировать средства прогнозирования загруженности парковок;
- реализовать средства прогнозирования загруженности парковок;
- оценить качество прогнозирования реализованных средств.

*Объектом* исследования являются системы городских парковок.

*Предметом* исследования является ситуационное прогнозирование загруженности городских парковок.

Основной *гипотезой*, положенной в основу данной работы, является возможность использования современных методов машинного обучения, облачных платформ, а также методологии интернета вещей для прогнозирования загруженности городских парковок.

### **Новизна полученных результатов.**

В данной работе впервые был применен подход прогнозирования загруженности парковок на основе показаний IoT датчиков с помощью нейронных сетей с долгой краткосрочной памятью.

### **Опубликованность результатов исследования.**

По теме диссертации опубликована статья на 56-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников.

В первой главе представлен анализ методов, моделей и технологий прогнозирования, анализ существующих систем, а также анализ программных средств, применяющихся для разработки средств прогнозирования.

Вторая глава посвящена проектированию средств загрузки парковок, описанию функциональных требований, подготовке и анализу статистических данных, выбору фреймворка для веб-разработки и облачной платформы для развертывания приложения.

В третьей главе рассмотрен пример реализации средств прогнозирования парковок на языке Python, а также интерпретация и оценка результатов прогнозирования.

Общий объем работы составляет 63 страницы, из которых основного текста 61 страница, 43 рисунка, 2 таблицы и список использованных источников из 18 наименований на 2 страницах.

Библиотека БГУИР

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава диссертации посвящена анализу предметной области. Глава начинается с анализа существующих навигационных приложений и систем для автоматизации работы парковок. Среди них Waze, Inrix и Google Maps. В ходе изучения представленных систем было выяснено, что они либо не предоставляют функционал прогнозирования загруженности, либо данная функция доступна в ограниченном количестве городов, что делает разработку средств прогнозирования для стран СНГ актуальной.

Далее в главе приведен анализ моделей прогнозирования временных рядов, описаны преимущества и недостатки использования моделей авторегрессионных скользящих средних и искусственных нейронных сетей. Искусственные нейронные сети для прогнозирования временных рядов являются хорошей альтернативой, поскольку они помогают избежать многих ограничений семейства моделей авторегрессионных скользящих средних: стационарности и линейности - характеристик, которые чаще всего нарушаются в реальных временных рядах в транспортных задачах. Нейронные сети, в свою очередь, предоставляют возможность построения моделей краткосрочного прогнозирования, более адаптированных к внезапным изменениям данных. В главе описано использование некоторых разновидностей нейронных сетей, среди которых многослойный персептрон, рекуррентные сети и сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM). В отличие от традиционных рекуррентных нейронных сетей, LSTM-сеть хорошо приспособлена к обучению на задачах классификации, обработки и прогнозирования временных рядов в случаях, когда важные события разделены временными лагами с неопределённой продолжительностью и границами. Относительная невосприимчивость к длительности временных разрывов даёт LSTM преимущество по отношению к альтернативным рекуррентным нейронным сетям и другим методам обучения для прогнозирования последовательностей в различных сферах применения и делает их подходящим инструментом для прогнозирования загруженности парковок.

Первая глава завершается рассмотрением наиболее популярных технологий и программных средств, использующихся для создания средств прогнозирования. Для разработки был выбран язык Python, так как он сочетает в себе мощь языков программирования с простотой использования предметно-ориентированных скриптовых языков типа MATLAB или R. В Python есть библиотеки для загрузки данных, визуализации, статистических вычислений, обработки естественного языка, обработки изображений и многого другого. Этот обширный набор инструментов предлагает специалистам по работе с данными большой набор инструментов общего и специального назначения. В главе также приведена краткая информация о каждой из используемых библиотек, среди которых TensorFlow, Keras,

NumPy, SciPy, matplotlib.

Вторая глава посвящена проектированию средств прогнозирования загруженности парковок. Глава начинается с описания функциональных требований к системе и вариантов ее использования. Главным требованием к приложению является предсказание двух величин: количества прибывающих автомобилей и количества автомобилей, покидающих парковку в конкретный момент времени. Зная эти величины, а также отталкиваясь от текущего количества занятых мест, можно подсчитать примерное количество мест, которые освободятся или будут заняты и судить об общих тенденциях использования парковки. Эти данные позволят водителям понять, освободится ли в ближайшее время место для парковки - стоит ли потратить время на ожидание или продолжить поиск в другом месте.

Далее следует описание методологии прогнозирования, подробно рассматривается архитектура и принцип работы сетей с долгой краткосрочной памятью. Программное решение в своей архитектуре использует методологию интернета вещей. На месте каждого парковочного места находится беспроводной сенсор, который может находиться в двух состояниях: занят или свободен. Прогнозирование осуществляется на основе собранных статистических данных об использовании парковочных мест с помощью сетей LSTM. Работа системы описана с помощью диаграмм UML.

Во второй главе рассмотрен процесс подготовки и анализа данных. Приводятся графики об использовании парковок, выявляются тренды и тенденции. На основе полученных данных выбирается признаковое описание объекта прогнозирования.

В главе также осуществляется анализ моделей облачных вычислений, выбор фреймворка для веб-разработки и платформы для развертывания приложения. Было решено использовать фреймворк Django, так как этот фреймворк предоставляет все необходимые инструменты для веб-разработки, а также возможность администрирования (в том числе интерфейс пользователя) базы данных «из коробки». Для развертывания приложения по ряду причин была выбрана платформа Heroku.

Третья глава посвящена реализации средств прогнозирования. Глава начинается с краткой характеристики процесса обучения модели прогнозирования и метрик качества. Далее следует описание реализации модели на языке Python с приведением фрагментов кода.

В главе также приводится интерпретация полученных результатов. На начальных этапах исследования обучение модели производилось на наборе данных, который не включал признаки характеризующие погодные условия, день недели и государственные праздники. Различные комбинации количества скрытых слоев и нейронов не позволяли добиться приемлемых результатов. После включения упомянутых признаков в набор данных наилучших результатов удалось добиться при 5 скрытых слоях. Оптимальный

шаг обучения составил 0.01. Для сети с долгой краткосрочной памятью ошибка составила  $RMSE_{LSTM} = 0,2284$ .

Третья глава завершается описанием процесса развертывания Django приложения на платформе Heroku.

Библиотека БГУИР

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе исследования были изучены основные методы, модели и технологии, применяющиеся в системах прогнозирования, их достоинства и недостатки. В ходе сравнительного анализа существующих моделей и анализа данных об использовании городских парковок была выбрана наиболее подходящая модель для прогнозирования притока и оттока автомобилей. Были подобраны оптимальные значения параметров модели для повышения качества прогнозов. Был проведен сравнительный анализ работы сетей RNN и LSTM.

2. В рамках работы были подготовлены функциональные требования к средствам прогнозирования загруженности, а также представлены варианты ее использования. Были изучены основные возможности и ограничения облачных платформ. Была выбрана подходящая платформа для развертывания приложения и фреймворк для веб-разработки.

3. Средства прогнозирования загруженности парковок были спроектированы и реализованы на языке Python. Функционал решения описан блок-схемами и диаграммами UML. Приложение развернуто на платформе Heroku.

4. В рамках магистерской диссертации был предложен новый подход к прогнозированию загруженности парковок. Удалось добиться высокого качества прогнозов.



## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Пинчук, А.А. Средства прогнозирования загруженности парковок. / Алексей Пинчук // Интеллектуальные информационные технологии: материалы 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. (Минск, 21 - 24 апреля 2020 года). – Минск: БГУИР, 2020. – С. 18.

Библиотека БГУИР