

УДК 004.048

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.45.2.015](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.015)

## Анализ данных сервиса платной парковки для создания эффективной системы ценообразования (на примере Владивостока)

И.Р. Ерёмин✉, П.В. Никитин

*Финансовый университет при правительстве Российской Федерации, Москва,  
Российская Федерация*

**Резюме.** Проблема распределения и эксплуатации парковочных мест является важной частью исследований в области интеллектуального транспорта. В последние годы в связи с резким увеличением числа автомобилей выразилась проблема ограниченности ресурсов парковочных мест. Эффективное управление парковками требует анализа огромного массива данных и проведения моделирования для оптимизации использования парковочных мест. Внедрение и функционирование умного платного парковочного пространства в г. Владивостоке создает интересную прикладную область для интеллектуального анализа данных и машинного обучения. В исследовании используются масштабный набор данных об исторических транзакциях по парковке во Владивостоке, включая тип транспортного средства, время, местоположение, продолжительность сессии и другие критерии для создания модели данных, отражающей взаимосвязь между ценами на парковку, спросом и доходами. В статье описывается механизм создания модели данных, включающей в себя все важные аспекты функционирования платных парковок и факторы, влияющие на заполняемость. Использование этой модели позволит проводить машинное обучение, применять модели и оценивать эффективность их применения. Исследование также определяет ключевые факторы, влияющие на спрос на парковку, такие как время суток, день недели, местоположение и др. Модель данных и идеи, полученные в результате этого исследования, могут быть использованы правительствами и собственниками для оптимизации использования платных парковок и улучшения управления дорожным движением в умных городах. Подход, представленный в этой статье, можно применить к другим городам для создания систем ценообразования на основе данных, отвечающих конкретным потребностям и характеристикам каждого города.

**Ключевые слова:** моделирование, платные парковки, анализ данных, Гауссово распределение, оптимизация.

**Для цитирования:** Ерёмин И.Р., Никитин П.В. Анализ данных сервиса платной парковки для создания эффективной системы ценообразования (на примере Владивостока). *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(2). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1585> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.015

## Analysis of paid parking service data to create an effective pricing system (using the example of Vladivostok)

I.R. Eryomin✉, P.V. Nikitin

*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,  
the Russian Federation*

**Abstract.** The problem of allocation and operation of parking spaces is an important part of research in the field of intelligent transportation. In recent years, due to the sharp increase in the number of cars, the problem of limited parking space resources has been expressed. Effective parking management requires analysis of huge amounts of data and modeling to optimize the use of parking spaces. The

implementation and operation of smart paid parking space in Vladivostok creates an interesting application area for data mining and machine learning. The study uses a large-scale data set of historical parking transactions in Vladivostok, including vehicle type, time, location, session duration, and more, to create a data model that reflects the relationship between parking prices, demand, and revenue. The article describes the mechanism for creating a data model that includes all important aspects of the functioning of paid parking lots and factors affecting occupancy. Using this model will allow for machine learning, application of models and evaluation of the effectiveness of their application. The study also identifies key factors influencing parking demand, such as time of day, day of week, location, etc. The data model and insights gained from this research can be used by governments and property owners to optimize the use of paid parking and improve traffic management in smart cities. The approach presented in this article can be applied to other cities to create data-driven pricing systems that meet the specific needs and characteristics of each city.

**Keywords:** modeling, paid parking lots, data analysis, Gaussian distribution, optimization.

**For citation:** Eryomin I.R., Nikitin P.V. Analysis of paid parking service data to create an effective pricing system (using the example of Vladivostok). *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(2). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1585> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.015 (In Russ.).

## Введение

Проблема распределения и эксплуатации парковочных мест является важной частью исследований в области интеллектуального транспорта. В последние годы, в связи с резким увеличением числа автомобилей выразилась проблема ограниченности ресурсов парковочных мест. Эффективное управление парковками требует анализа огромного массива данных и применения алгоритмов для оптимизации использования парковочных мест.

Данная проблема описана в ряде исследовательских работ. Ниже приведем обзор литературы, связанной с работой платных парковок.

Статья [1] объединяет все аспекты исследований (оценка характеристик парковки, спроса на парковку и поведения водителя при выборе парковочного места) и представляет современный обзор моделей и исследований, посвященных парковочной системе. На выбор парковочных мест влияют такие аспекты социальных, экономических и экологических факторов, как возраст, доход, количество доступных парковочных мест, цена парковки, доступность, время поиска, наличие системы навигации и т. д. [1].

Подробно обсуждаются:

- проблемы, связанные с парковкой и обусловленные ею;
- различные характеристики парковки и их изменение;
- поведение водителей при выборе места для парковки;
- модели спроса с учетом различных факторов;
- пересмотр политики парковки как неотъемлемой части городской транспортной системы.

Авторы обнаружили, что исследователи чаще уделяют больше внимания таким показателям, как *простота доступа, время ходьбы, тарифы, информационная система парковочного пространства* и т. д., на всех этапах планирования и разработки политики.

Кари Лаутсо математически осмысляет и анализирует основные статистические показатели функционирования парковок. В работе обсуждаются методы пересмотра и обобщения данных полевых обследований, собранных методами периодической проверки [2], математически связываются показатели, описываются зависимости с целью сокращения числа проверок (замеров). Получены математические соотношения

между более чем двадцатью факторами, описывающими парковку. Эти соотношения могут быть использованы при планировании и проектировании парковочных мест.

Остин [3] рассмотрел модель, включающую в себя конечный пункт назначения водителя в районе центрального делового района, используя соотношение времени ходьбы от парковочного места до пункта назначения и стоимости парковки, с целью моделирования поведения людей при выборе парковки. Модель отличается от моделей энтропийного и линейного программирования, которые используют некоторую форму коллективной, а не индивидуальной функции оптимизации в процессе распределения. Фундаментальные статистические методы используются для генерации различных характеристик водителя, и эти характеристики взаимодействуют с доступными вариантами выбора в физической системе, создавая результирующую модель поведения. В более поздних моделях были учтены информирование пользователей, нерациональность выбора и т. п. [1]

Политика ценообразования очень важна, поскольку влияет не только на использование мест, но и на транспортный поток на прилегающей территории [4].

Стратегии ценообразования можно разделить на:

- ценообразование на основе переговоров;
- дифференциацию цен
- пространственно-временное ценообразование [5].

Пространственно-временное ценообразование (используется в организации парковочного пространства Владивостока) обычно основано на использовании парковочных ресурсов, в зависимости от местоположения. Ожидается, что схемы ценообразования, основанные на использовании ресурсов, будут использовать доступность парковочных мест для обновления цен, чтобы сократить время, затрачиваемое водителями на поездку, и уменьшить заторы на дорогах в перегруженных местах [6]. Простая реализация заключается в искусственном установлении ценового коэффициента на основе процента занятых мест, то есть умножении исходной цены парковки на определенный процент для различных показателей занятости [4]. Цены в зависимости от местоположения зависят от расстояния между парковкой и центральным деловым районом. Разумная плата за парковку должна удовлетворять условию: чем ближе к центральному деловому району, тем дороже плата за парковку [7].

В рамках теории игр Корягиным М.Е. и Вылегжаниным И.А. [8] рассматривается задача распределения городской территории возле некоторого центра притяжения (аэропорта, вокзала, ТРЦ и т. п.) между платной и бесплатной парковками. Теоретически описано взаимодействие участников, рассмотрены целевые функции игроков и доказано существование равновесия Нэша, в частности, описана целевая функция собственника платной парковки, зависящая от *ставки тарифа, стоимости времени* пользователя, *времени поиска* парковочного места, *интенсивности потока* автотранспорта и *затрат* собственника на одно парковочное место. Авторы указывают на необходимость учета в модели масштабируемости до уровня многих районов города и ее интеграции с общественным транспортом, однако рассматриваемый частный случай позволяет лучше понять поведение пользователей и факторы, влияющие на прибыль.

Выбор функций вероятности или полезности является типичной стратегией выбора альтернатив парковки [9]. Водители часто выбирают более дешевую парковку. Алгоритм поиска кратчайшего пути Дейкстры часто используется, когда транспортные средства выбирают маршруты [9]. Алгоритм Дейкстры использовался также в работе российских авторов для поиска кратчайшего пути между двумя районами при оценке транспортной связности городских территорий [10].

Некоторые авторы комбинируют описанные модели с другими способами передвижения (например, общественным транспортом), чтобы снизить общие затраты на поездку с точки зрения равновесия транспортных потоков.

В экономическом плане парковочные места относятся к «скоропортящимся» товарам [11]. Скоропортящийся товар имеет фиксированную стоимость и не подлежит хранению. Места в авиакомпаниях и гостиничные номера являются примерами скоропортящихся товаров – пустое место в самолете или пустой гостиничный номер не могут быть сохранены и проданы позже. Следовательно, как и эффективное управление авиакомпаниями и отелями, эффективное управление парковкой требует обеспечения эффективного использования свободных мест.

Что касается оптимизации, большая часть этой стратегии сосредоточена на увеличении доходов от парковок или социального благосостояния. Показатели социального благосостояния включают общее время в пути, общее время ожидания и пройденные километры транспортного средства, оборачиваемость парковки, рассчитываемая как отношение числа новых сессий за период к общему количеству мест. Правительство города Владивостока, в частности, ориентируется на показатели заполняемости и оборачиваемости.

Дональд Шуп [11] отмечает, вместо того чтобы стремиться к целевой средней заполняемости, город может стремиться сохранять по крайней мере одно свободное место в каждом квартале по крайней мере на определенную долю каждого часа. Перед городом будут стоять три цели при установлении целевого уровня заполняемости платных парковок:

1. Доступность – может быть определена как доля часа (например, 50 минут) при наличии по крайней мере одного свободного места в квартале. Наличие свободных мест означает, что водители обычно могут найти удобное свободное место.

2. Высокая заполняемость – средняя доля мест, занятых в течение часа. Высокая заполняемость означает, что места хорошо используются и обслуживают максимум клиентов.

3. Выручка – зависит как от тарифа. Доход не должен быть основной целью города, но он будет при эффективном управлении.

Город Лос-Анджелес заключил контракт с Исследовательским центром Херох в Гренобле, Франция, на анализ данных о заполняемости парковочных мест и выработку рекомендаций по изменению цен. Компания разработала алгоритм, который сравнивает доли времени, в течение которых происходит переполнение или недостаточное использование мест [11].

Простое продление времени работы существующих счетчиков до вечера в местах с высоким спросом вместо того, чтобы отключать счетчики в 18 часов вечера, является стратегией, основанной на спросе, и она не требует каких-либо новых инвестиций. Один из способов решения проблемы как перегруженности, так и недостаточного использования заключается в разделении дня на более короткие периоды времени, что позволяет устанавливать разные ставки в течение дня. Сейчас Владивосток не берет плату за парковку с 19:00 до 8:00 утра.

В работе [12] описываются свойства сходимости итерационной схемы (ежемесячное обновление тарифов с определенным шагом в цене при неудовлетворенной заполняемости) и доказывают, что она сходится к разумному распределению для очень широкого класса моделей. Алгоритм используется для определения тарифов на парковку на более чем 6000 парковочных местах в центре Лос-Анджелеса с июня 2012 года в рамках проекта «LA Express Park» [12]. В статье представлены новые алгоритмы, которые используют эти данные. Однако часто такой подход не осуществим на практике в силу политических причин. Избиратели остро

воспринимают практику использования платных парковок. Во Владивостоке любой пересмотр тарифов возможен очень редко, поскольку требует долгих согласований.

Зутер Онно и др. [12] указывают на то, что любая модель спроса не может быть изучена до внесения нескольких изменений в тариф. Чтобы получить надежные данные, в работе используется простая итерационная схема, которая основана на стохастической аппроксимации. Тарифы указаны на дискретной ценовой шкале (в Лос-Анджелесе – \$0.5, \$1, \$1.5, \$2, \$3, . . ., \$6) [12]. В конце каждого периода проверки (каждый квартал или каждый месяц) изучаются данные о парковке, и для каждого квартала определяется, должна ли цена увеличиться на одну ступень, снизиться на одну ступень или остаться прежней. Период проверки не может быть слишком коротким, потому что водителям необходимо узнать о новых тарифах и изменить свои привычки, прежде чем станут доступны данные о новом равновесии. Интуитивно, если мы заметили, что спрос был слишком высоким, тарифы должны быть повышены, если спрос был слишком низким, тарифы должны снизиться.

Авторы формулируют простое правило изменения тарифа, основанное на разнице между долей перегруженного времени и долей недоиспользованного времени. Ставки повышаются только в том случае, если преобладающей проблемой является перегруженность дорог, снижаются только в том случае, если преобладающей проблемой является недостаточное использование дорог, и консервативно оставляются на том же уровне, если проблемой являются как перегруженность, так и недостаточное использование дорог. Представляют алгоритм итерации изменения скорости по умолчанию, обобщающий описанный метод [12]:

1. Расчет индекса перегруженности (доля часов работы за рассматриваемый период, в течение которой парковка была перегружена (загруженность > 90 %).
2. Аналогично расчет индекса недоиспользования (заполняемость < 70 %).
3. Определение баланса перегрузки ( $B$ ) и недостаточного использования как разницы между индексами.

Для **всех** парковок с  $B > 1/3$  (проблема с преобладанием перегрузки) увеличивается тариф одну ступень лестницы. Для **всех** парковок с  $B < -1/3$  (доминирующая проблема недостаточного использования) уменьшается ставка на одну ступень лестницы.

Однако в ситуации с г. Владивостоком есть сложность в реализации подобного алгоритма, поскольку он требует возможность ежемесячного пересмотра тарифа для попадания в целевой коридор заполняемости. Ориентироваться нужно в первую очередь на пространственные данные и искать зависимость заполняемости при определенной ставке и местоположении.

## Материалы и методы

После получения ряда данных необходимо произвести их преобразование. Было замечено, что данные о парковочных зонах вводились вручную, с опечатками и прочими ошибками, что потребовало обработки и дополнения этого массива данных с помощью языка python (в основном посредством строковых методов). Так, например, потребовалось привести к одному виду название улицы: "*Партизанский проспект*", "*ул.Партизанский проспект*", "*Партизанский пр.*", "*ул.Партизанский проспект*", "*пр.Партизанский*", "*ул.Партизанский проспект*", устранить лишние пробелы, точки и т. д. Потребовалось также выделить несколько категорий местоположения: название улицы, название улицы и номер дома, координаты.

Из-за различных причин в данных возникают пропуски и аномалии, поэтому требуется проведение предварительной обработки данных. В первый месяц работы

сервиса зафиксировались «бесконечные» сессии и другие подобные неточности, поэтому информация за первый месяц была исключена из анализа.

### Создание модели данных

В модель данных помимо двух таблиц (парковочные сессии, список парковочных зон) были также добавлены данные из других внутренних источников: таблица с календарем, включая флаг рабочий день или выходной и праздничный день (в выходные и праздничные дни плата за парковку не взимается); таблица вместительности по зонам (общие места и места для стоянки транспортных средств, которыми управляют инвалиды либо в которых перевозят инвалидов) (Рисунок 1).

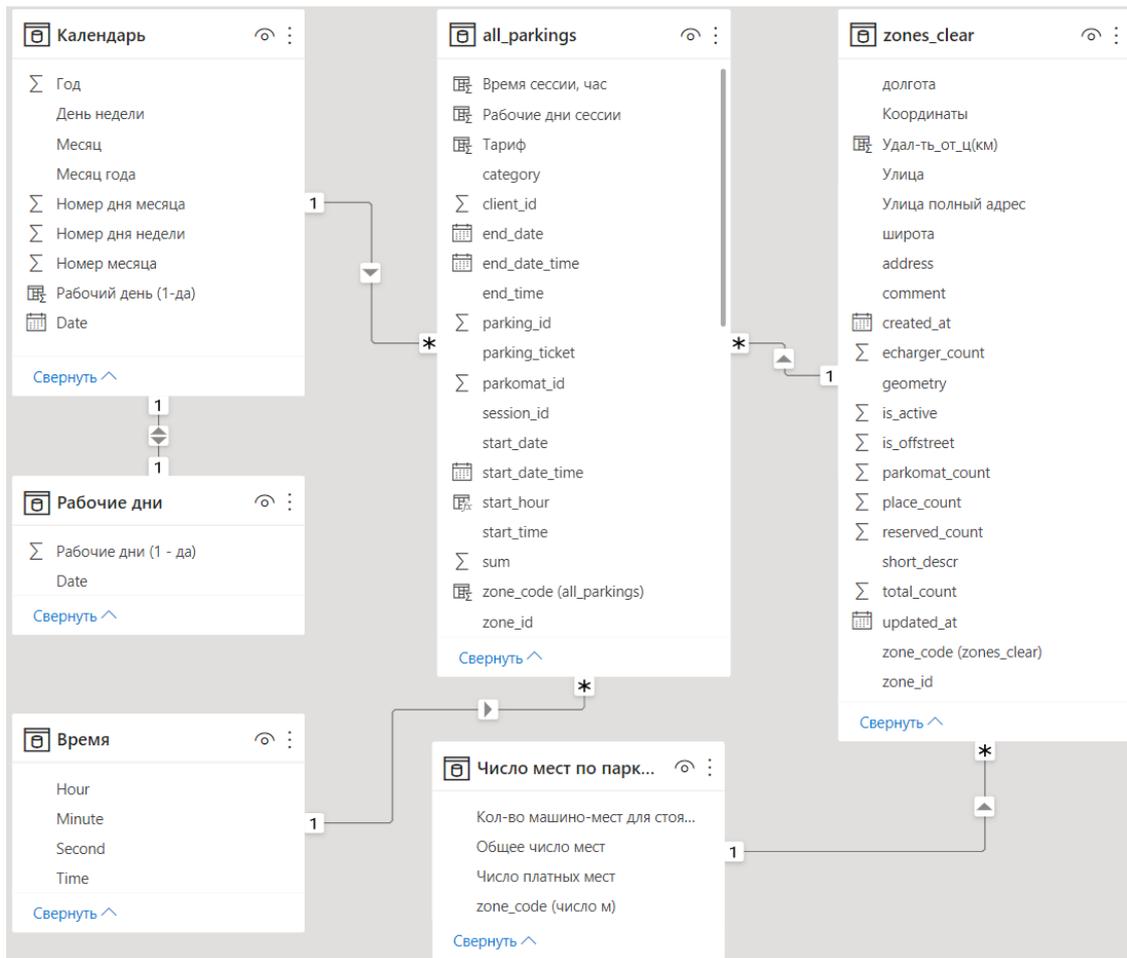


Рисунок 1 – Схема модели данных  
Figure 1 – Data model diagram

Проведенный анализ данных платных парковок позволяет выявить особенности использования парковочных мест, популярные временные интервалы, зависимость спроса от района и тарифных ставок. Полученные данные послужат основой для дальнейшего обучения студентов и применения прикладных методов анализа.

Используемая информация из базы данных (БД) состоит из списка платных сессий и их характеристик: id, категория транспортного средства (А, В, ВЕ, С, D, Е), дата и время начала сессии, дата и время окончания сессии, сумма оплаты, id парковочной зоны за период с октября 2022 г. по 13 марта 2024 г.; а также списка парковочных зон: id парковочной зоны, число платных и льготных мест, координаты, адрес.

Анализ проводится в рамках введенных в действие парковочных мест и не затрагивает поиск привлекательного местоположения для оборудования новых парковочных мест или передислокации текущих.

Достижения в области технологий распространения информации, в первую очередь широкое использование смартфонов, позволяют радикально изменить учет и исследование эксплуатации платных парковочных мест. Внедрение и функционирование умного платного парковочного пространства в г. Владивостоке создает интересную прикладную область для интеллектуального анализа данных, машинного обучения и методов оптимизации.

Раньше подобная информация могла быть собрана лишь с использованием ограниченных средств (метод полевых работ, метод аэрофотосъемки и т. п.). В статье «Mathematical relationships among parking characteristics and revising and reduction methods of parking field survey information» [2] с помощью математических зависимостей описывается алгоритм, с помощью которого можно сократить объем наблюдений, применив методы для обобщения результатов, полученных с помощью методов периодической проверки. Использование информационных технологий позволяет более точно рассчитать зависимости и смоделировать работу парковок на реальных данных.

Таким образом, получаем следующий набор данных, который можно использовать для дальнейшего моделирования:

1. *all\_parkings*:

- *Время сессии, час* – продолжительность сессии в часах, округленная до целого часа в большую сторону (для подсчета фактического тарифа в час (время в часах));
- *Рабочие дни сессии* – флаг рабочего дня (1/0);
- *Тариф* – размер тарифа за час, расчетный (руб.);
- *category* – категория транспортного средства (А, В и т. д.);
- *client\_id, parking\_id, parking\_ticket, parkomat\_id, session\_id* – номера клиента, парковочной сессии, билета, паркомата, сессии (другая таблица), соответственно (целое число);
- *end\_date\_time* – дата и время завершения сессии (дата-время);
- *end\_date* – дата завершения сессии (дата);
- *end\_time* – время завершения сессии (время);
- *start\_date\_time* – дата и время начала сессии (дата-время);
- *start\_date* – дата начала сессии (дата);
- *start\_time* – время начала сессии (время);
- *start\_hour* – время начала сессии, округленное до целого часа в меньшую сторону (время);
- *sum* – сумма оплаты за все время (руб.);
- *zone\_code* – код парковочной зоны (целое число);
- *zone\_id* – номер парковочной зоны (целое число).
- *zones\_clear*:
- *долгота* – долгота парковочной зоны;
- *широта* – широта парковочной зоны;
- *координаты* – координаты парковочной зоны (список из двух элементов);
- *Улица* – название улицы (строка);
- *Улица полный адрес* – название улицы (строка);
- *comment* – возможный комментарий (строка);
- *created\_at* – дата и время добавления новой зоны в таблицу (дата-время);
- *updated\_at* – дата и время последнего обновления (дата-время);

- *geometry* – координаты вершин многоугольника, описывающего положение границ парковочной зоны на карте (список числовых значений);
- *is\_active* – флаг, показывающий функционирует ли парковочная зона (доступна для бронирования) (0/1);
- *is\_offstreet* – флаг: закрытая или открытая парковка (0/1);
- *parkomat\_count* – число паркоматов на парковке (целое число);
- *place\_count, total\_count* – число мест (не актуализируется, данные поступают из других источников) (целое число);
- *parkomat\_count* – число паркоматов на парковке (целое число);
- *parkomat\_count* – число паркоматов на парковке (целое число);
- *zone\_code* – код зоны: для связей с другими таблицами (целое число);
- *zone\_id* – номер зоны: по порядку добавления в таблицу (целое число).

2. Сгенерированная таблица «Календарь» включает себя поля: Дата (дата), Месяц (текст), Год (целое число), Месяц года (текст), Номер месяца (целое число), День недели (текст), Номер дня недели (целое число), День (целое число); таблица «Рабочие дни» создана с помощью Excel на основе производственного календаря (таблица связана с календарем связью 1 ко многим), таблица «Время» – сгенерированный набор времени в течение дня с шагом 1 минута:

Для описания парковки можно определить несколько характеристик (Таблица 1).

Таблица 1 – Основные характеристики парковочных мест и обозначения  
Table 1 – Basic characteristics of parking spaces and designations

Показатель	Обозначение	Описание
Текущее накопление (англ. Momentary accumulation)	$K_t(i)$	количество припаркованных транспортных средств в определенной зоне в момент времени $t$
Число сессий	$C_t(i)$	количество парковочных сессий, начатых и закончившихся в течение определенного интервала времени на $i$ -парковочной площадке
Предложение парковочных мест	$P_i$	общее количество парковочных мест на на $i$ -парковочной площадке
Оборачиваемость	$r$	количество начатых сессий за определенный промежуток времени
Заполняемость (иногда называется индексом парковки – parking index)	$O_t(i)$	соотношение между текущим накоплением и количеством парковочных мест в определенный момент времени. $O_t(i) = \frac{K_t(i)}{P_i}$
Интенсивность въезжающего/выезжающего транспортного потока	$q_a(t), q_l(t)$	количество транспортных средств в единицу времени, прибывающих (начинающих сессию) или выезжающих (заканчивающих) с парковочного места в течение определенного интервала времени
Пользователи	$G_{t_0-t_1}$	Число пользователей, приехавших на парковку (начавших сессию) в течение определенного интервала (например, $(G_{9-10})$ )
Предложение парковочных мест	$P_i$	общее количество парковочных мест на на $i$ -парковочной площадке

Таблица 1 (продолжение)  
Table 1 (continued)

Запас парковочного времени	$T_i$	общее время, доступное для парковки в течение определенного интервала времени на $i$ - парковочной площадке
Продолжительность парковки	$x$	продолжительность индивидуальной сессии

Фактическое время пребывания на парковочном месте может немного отличаться от учтенного в Базе данных. Пользователь оплачивает парковку, указывая время сессии через приложение, сайт или паркомат. Пользователей с неоплаченным временем штрафуют, при этом, у водителей есть стимул не бронировать место на время, большее времени фактического пребывания, чтобы избежать переплаты. Предполагается поэтому, что отклонение учтенного времени от фактического минимально и им можно пренебречь в рамках проводимого анализа.

Спрос на парковку варьируется в течение дня, а также между буднями и выходными (Рисунки 2, 3). 22 февраля, предпраздничный день, наблюдается наибольшее значение за месяц. Целевым значением заполняемости в течение является 70–95 %, как указывается в различных источниках [12]. В Распоряжении Министерства транспорта (Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 7 сентября 2023 года № АК-188-р «Об утверждении методических рекомендаций по определению размера платы за пользование платными парковками») рекомендуется интервал от 70 % до 85 %.

На Рисунке 2 показана динамика *заполняемости* в течение дня. Полдень в будний день в среднем наиболее загружен, в то время как парковка в целом недостаточно используется рано утром и в вечернее время (в ночное время с 19:00 и до 8:00 все парковки бесплатны). Теоретически, для максимизации использования каждого места стоило бы установить разные тарифы на разное время дня, чтобы пользователи платили по смешанному тарифу, т. е. интеграл в соответствии с функцией спроса, приближая таким образом заполняемость в течение дня к горизонтальной линии 100 %. В силу этого некоторые исследователи предлагают систему дифференцированных тарифов в течение дня, разделяя день на три периода. Об этом упоминается и в методических рекомендациях Минтранса РФ по определению размера платы за пользование платными парковками.

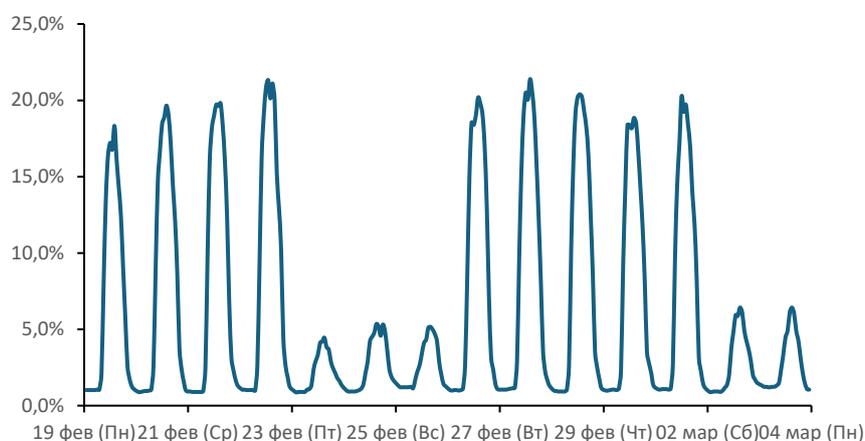


Рисунок 2 – Почасовая динамика заполняемости в течение двух последних недель февраля 2024 г.

Figure 2 – Hourly dynamics of occupancy during the last two weeks of February 2024

Таким образом, сумма поступлений за сутки равна произведению площади фигуры, ограниченной графиком числа активных сессий и осью Ох, и ставки тарифа.

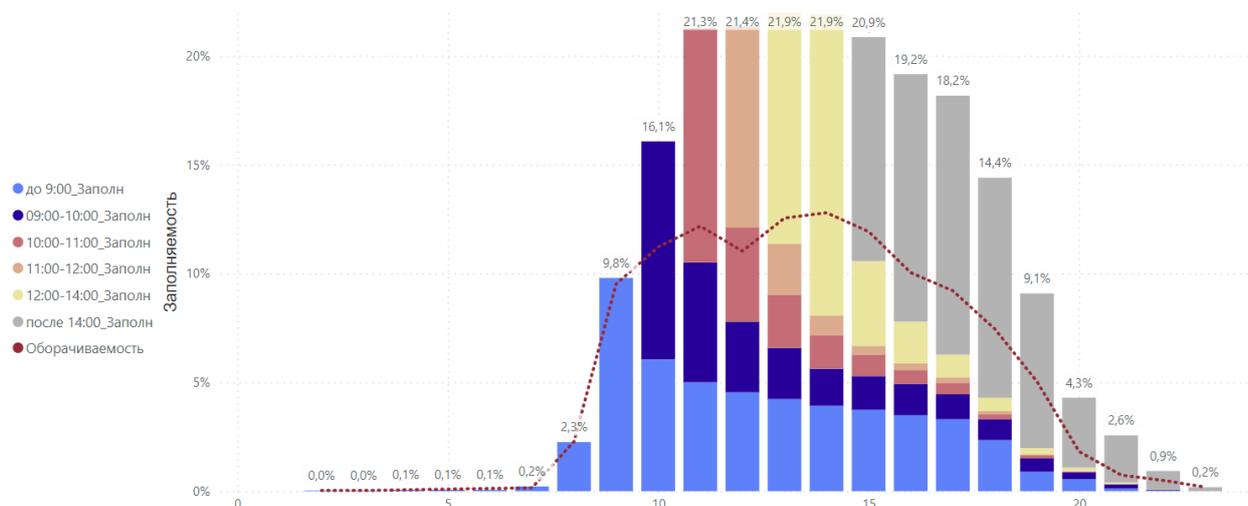


Рисунок 3 – Динамика заполняемости 6 марта 2024 г. (среда)  
Figure 3 – Occupancy dynamics March 6, 2024 (Wednesday)

График распределения заполняемости в течение дня имеет форму колокола, то есть можно сказать, активные сессии нормально распределены в течение дня (Рисунок 3). При этом видно, что большая часть пользователей, приезжающих до 9–10 утра, занимают места до конца рабочего дня, т. е. до 17:00–18:00. Больше половины водителей в последующие часы приезжают не более чем на час. В то же время утро – самая активная часть дня. Оборачиваемость выходит на максимальный уровень еще в 9 утра, несмотря на относительно низкую заполняемость.

Активность пользователей парковки можно выразить уравнением, описывающим график функции заполняемости (или числа активных сессий) (Рисунок 4).

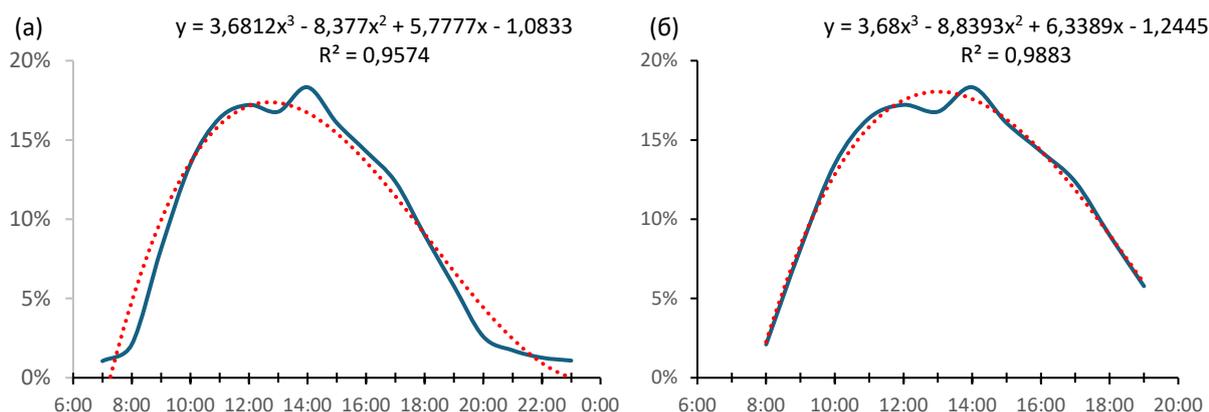


Рисунок 4 – Динамика общей заполняемости всех парковок в течение дня 19 февраля 2024 г. (с 7 до 23 – а, с 8 до 19 – б)

Figure 4 – Dynamics of the total occupancy of all parking lots during the day on February 19, 2024 (from 7 to 23 – a, from 8 to 19 – b)

При этом *продолжительность сессии* тоже имеет определенную функциональную зависимость (Рисунок 5 (а)), которая выражается более явно при удалении выбросов, связанных в первую очередь с круглыми значениями времени, таких

как 1:00, 1:10, 2:00, 2:10 и т. д. (Рисунок 5 (б)). Пользователи чаще выбирают непродолжительный период времени до 1:00 часа или 1:10.

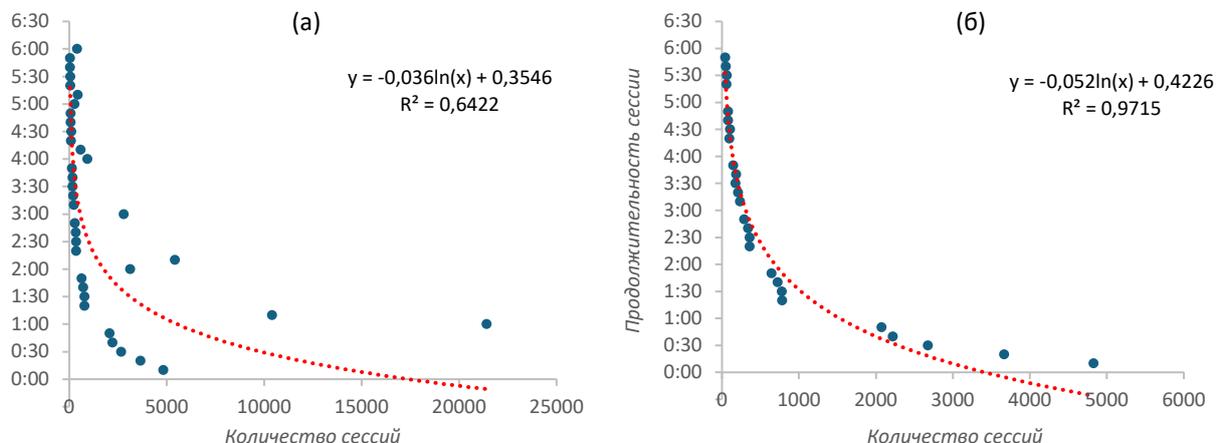


Рисунок 5 – Распределение сессий в феврале 2024 г. в разбивке по их продолжительности (а – все сессии, б – выбросы удалены)

Figure 5 – Distribution of sessions in February 2024 by duration (a – all sessions, b – outliers removed)

Анализ также показывает, что основной вклад в заполненность парковки вносят пользователи, приезжающие утром до 10:00 (Рисунок 6).

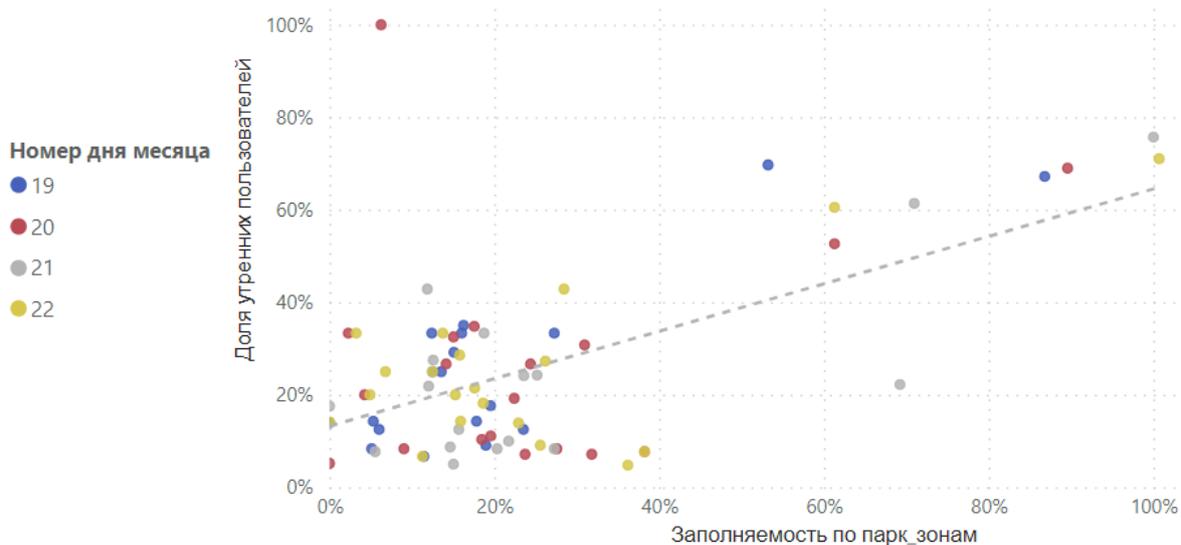


Рисунок 6 – Зависимость заполняемости парковочных зон в 13:00 от доли «утренних» пользователей за период 19–22 февраля (пн-чт)

Figure 6 – Dependence of the occupancy of parking zones at 13:00 on the share of “morning” users for the period February 19–22 (Mon-Thurs)

### Обсуждение

Анализ данных о платных парковках позволил получить ценную информацию о динамике использования парковок и генерации дохода. Данные показывают значительные различия в показателях занятости в разных зонах, периодах времени и в продолжительности сессий. Эти различия указывают на потенциал оптимизации цен на парковку для повышения заполняемости при максимизации доходов.

Обучение модели ценообразования на основе исторических данных может значительно повысить эффективность управления парковками. Используя исторические данные о занятости, ценах, спросе и других соответствующих факторах, такая модель может определять оптимальные цены для каждой зоны в режиме реального времени. Такой подход к динамическому ценообразованию позволит оператору парковки корректировать цены в зависимости от текущего спроса и доступности, обеспечивая высокий уровень заполняемости и предотвращая завышение цен.

Будущие исследования могут быть сосредоточены на разработке и проверке масштабируемой модели и организовать инфраструктуру по внедрению алгоритма машинного обучения в работающие сервисы.

Преимуществами данного подхода являются возможность управления в режиме реального времени и интерпретируемость выбора принятия решения по изменению цен.

### Заключение

Проведенный анализ данных платных парковок позволяет выявить особенности использования парковочных мест, популярные временные интервалы, зависимость спроса от района и тарифных ставок. Использование реальных данных эксплуатации платных парковок позволит обучить модель.

Анализ показывает значительные различия в показателях заполняемости в разных зонах, периодах времени, подчеркивая потенциал оптимизации цен на парковку для повышения заполняемости и максимизации дохода.

Основываясь на наших выводах, в будущих исследованиях предлагается обучить модель ценообразования на основе данных, которая будет использовать исторические данные для определения оптимальных цен для каждой зоны в режиме реального времени. Исследования по разработке программного комплекса для оптимизации использования парковочного пространства и максимизации доходов с использованием нейронных сетей и предиктивных алгоритмов глубокого обучения имеет важное значение как для бизнеса, так и для жителей города и экологии. Такой подход к ценообразованию позволит операторам парковок корректировать цены в зависимости от текущего спроса и доступности, обеспечивая высокий уровень заполняемости и предотвращая завышение цен.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Parmar J., Das P., Dave S.M. Study on demand and characteristics of parking system in urban areas: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 2020;7(1):111–124. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.09.003>
2. Lautso K. Mathematical relationships among parking characteristics and revising and reduction methods of parking field survey information. *Transportation Research Part B: Methodological*. 1981;15(2):73–83. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(81\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0191-2615(81)90034-5)
3. Allocation of parking demand in a CBD. URL: <https://trid.trb.org/View/116002> (Accessed 10th January 2024).
4. Kotb A.O., Shen Y.-C., Zhu X., Huang Y. iParker – A New Smart Car-Parking System Based on Dynamic Resource Allocation and Pricing. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2016;17(9):2637–2647. <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2531636>
5. Zhang X., Pitera K., Wang Y. Parking reservation techniques: A review of research topics, considerations, and optimization methods. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. 2023;10(6):1099–1117. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.07.009>

6. Wang H., He W. A Reservation-based Smart Parking System. In: *2011 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPs), 10-15 April 2011, Shanghai, China*. IEEE; 2011. P. 690–695. <https://doi.org/10.1109/INFCOMW.2011.5928901>
7. Lu X.-S., Huang H.-J., Guo R.-Y., Xiong F. Linear location-dependent parking fees and integrated daily commuting patterns with late arrival and early departure in a linear city. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2021;150:293–322. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2021.06.012>
8. Корягин М.Е., Вылегжанин И.А. Равновесие Нэша при выделении площадей для организации платных и бесплатных парковок с учетом интересов автомобилистов, городских властей и владельцев парковок. *T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт*. 2022;16(7):36–43. <https://doi.org/10.36724/2072-8735-2022-16-7-36-43>  
Koryagin M.E., Vylegzhanin I.A. Nash equilibrium in allocating space for paid and free parking, taking into account the interests of motorists, city authorities, and parking owners. *T-Comm – Telekommunikatsii i Transport = T-Comm*. 2022;16(7):36–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.36724/2072-8735-2022-16-7-36-43>
9. Tasserou G., Martens K. The Impact of Bottom-Up Parking Information Provision in a Real-Life Context: The Case of Antwerp. *Journal of Advanced Transportation*. 2017;2017(1). <https://doi.org/10.1155/2017/1812045>
10. Morozov A.S., Kontsevik G.I., Shmeleva I.A., Schneider L., Zakharenko N., Budenny S., Mityagin S.A. Assessing the transport connectivity of urban territories, based on intermodal transport accessibility. *Frontiers in Built Environment*. 2023;9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1148708>
11. Shoup D. *Parking and the City*. New York, NY: Routledge; 2018. 534 p.
12. Zoeter O., Dance C., Clinchant S., Andreoli J.-M. New Algorithms for Parking Demand Management and a City-Scale Deployment. In: *KDD '14: The 20th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining: Proceedings, 24-27 August 2014, New York, USA*. New York: Association for Computing Machinery; 2014. P. 1819–1828. <https://doi.org/10.1145/2623330.2623359>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ерёмин Иван Романович**, аспирант, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация.

e-mail: [ivan-erx@yandex.ru](mailto:ivan-erx@yandex.ru)

ORCID: [0000-0002-5839-9187](https://orcid.org/0000-0002-5839-9187)

**Ivan R. Eryomin**, Postgraduate Student, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, the Russian Federation.

**Никитин Петр Владимирович**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация.

e-mail: [pnikitin@fa.ru](mailto:pnikitin@fa.ru)

ORCID: [0000-0001-8866-5610](https://orcid.org/0000-0001-8866-5610)

**Nikitin V. Petr**, Candidate of Pedagogy, Associate Professor of the Department of Data Analysis and Machine Learning, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 23.05.2024; одобрена после рецензирования 30.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.*

*The article was submitted 23.05.2024; approved after reviewing 30.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.*