

**Технический Университет Молдовы**  
**Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники**  
**Кафедра Программной Инженерии и Автоматики**

Допущен к защите  
Заведующий кафедрой:  
**Ион ФИОДОРОВ**, доцент, кандидат наук

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2025

**АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПАРКОВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ  
В МУНИЦИПАЛИТЕТЕ КИШИНЁВ**

**Магистерский проект**

**Студент:** \_\_\_\_\_ **Пасларь Марина, TI-241M**

**Руководитель:** \_\_\_\_\_ **Павел Кирев, лект. унив.**

**Консультант:** \_\_\_\_\_ **Кожокару Светлана, ассист. унив.**

Chişinău, 2026

## АННОТАЦИЯ

К магистерской диссертации Анализ и математическое моделирование парковочной инфраструктуры в муниципии Кишинёв, выполненной мной, Мариной Пасларь, в магистратуре UTM (FCIM) по программе «Информационные технологии для бизнеса» (mun. Chişinău).

Работа включает: введение, 5 глав, выводы и рекомендации, библиографию и приложения. В главе 1 посвященной анализу предметной области рассматриваются причины роста автопарка и его влияние на городскую мобильность, пробки, парковочное давление и экологические эффекты. В главе 2 представлен анализ опыта других городов по управлению трафиком и парковкой. В главе 3 исследуется ситуация в Кишинёве: зоны наибольшего трафика, пробок и дефицита парковки, а также связь с экологическими рисками. В главе 4 представлена математическая модель, описывающая рост автопарка, транспортную нагрузку, парковочное давление и экологические показатели и позволяющая проводить сценарное моделирование. В главе 5 предложены решения для Кишинёва: организационные меры, парковочная политика, использование резервных территорий и улучшение связности уличной сети.

Цель исследования — проанализировать влияние роста числа автомобилей в Кишинёве на трафик, парковку и экологию и обосновать комплекс решений, направленных на снижение негативных последствий и повышение устойчивости городской мобильности.

Основные задачи: анализ литературы и опыта других городов; формирование системы показателей для оценки перегрузки, парковочного давления и экологических эффектов; сбор и пространственный анализ данных; выделение проблемных зон Кишинёва; разработка пакета мер по трафику и парковке; построение математической модели и оценка сценариев; формирование рекомендаций.

Подход, реализованный в работе, заключается в рассмотрении проблемы не как совокупности разрозненных явлений, а как последовательной причинно-следственной цепочки, в которой рост автопарка приводит к увеличению транспортной нагрузки и парковочного давления, что, в свою очередь, вызывает пробки и усиливает экологические последствия.

Научно-практическая значимость работы состоит в объединении измеримых показателей, математического моделирования и сценарного подхода для поддержки решений на основе данных и адаптации предлагаемых мер к условиям Кишинёва.

## REZUMAT

La teza de master Analiza și modelarea matematică a infrastructurii de parcare în municipiul Chișinău, elaborată de mine, Marina Paslari, în cadrul studiilor de master la UTM (FCIM), programul „Tehnologii informaționale pentru afaceri” (mun. Chișinău).

Lucrarea include: introducere, 5 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie și anexe. În capitolul 1, dedicat analizei domeniului de studiu, sunt examinate cauzele creșterii parcului auto și influența acestuia asupra mobilității urbane, ambuteiajelor, presiunii asupra parcarilor și efectelor ecologice. În capitolul 2 este prezentată analiza experienței altor orașe în gestionarea traficului și a parcarilor. În capitolul 3 este cercetată situația din Chișinău: zonele cu trafic intens, cu ambuteiaje și cu deficit de locuri de parcare, precum și legătura acestora cu riscurile ecologice. În capitolul 4 este prezentat un model matematic care descrie creșterea parcului auto, încărcarea rețelei de transport, presiunea asupra parcarilor și indicatorii ecologici și care permite realizarea modelării scenariale. În capitolul 5 sunt propuse soluții pentru Chișinău: măsuri organizatorice, politici de parcare, valorificarea terenurilor de rezervă și îmbunătățirea conectivității rețelei stradale.

Scopul cercetării constă în analiza influenței creșterii numărului de automobile în Chișinău asupra traficului, parcării și mediului și în argumentarea unui complex de soluții orientate spre reducerea consecințelor negative și creșterea sustenabilității mobilității urbane.

Obiectivele principale sunt: analiza literaturii de specialitate și a experienței altor orașe; formarea unui sistem de indicatori pentru evaluarea suprasolicitării rețelei, a presiunii asupra parcarilor și a efectelor ecologice; colectarea și analiza spațială a datelor; identificarea zonelor problematice din Chișinău; elaborarea unui pachet de măsuri privind traficul și parcare; construirea modelului matematic și evaluarea scenariilor; formularea recomandărilor.

Abordarea realizată în cadrul lucrării constă în examinarea problemei nu ca o sumă de fenomene disparate, ci ca un lanț causal succesiv, în care creșterea parcului auto conduce la sporirea încărcării rețelei de transport și a presiunii asupra parcarilor, ceea ce, la rândul său, generează ambuteiaje și accentuează consecințele ecologice.

Semnificația științifico-practică a lucrării constă în integrarea indicatorilor măsurabili, a modelării matematice și a abordării scenariale pentru susținerea deciziilor bazate pe date și adaptarea măsurilor propuse la condițiile municipiului Chișinău.

## **ABSTRACT**

To the master's thesis Analysis and Mathematical Modelling of Parking Infrastructure in the Municipality of Chişinău, prepared by me, Marina Paslari, within the Master's programme at UTM (FCIM), "Information Technologies for Business" (Chişinău municipality).

The thesis includes: introduction, 5 chapters, conclusions and recommendations, bibliography, and appendices. Chapter 1, devoted to the analysis of the subject area, examines the causes of vehicle fleet growth and its impact on urban mobility, congestion, parking pressure, and environmental effects. Chapter 2 presents an analysis of the experience of other cities in traffic and parking management. Chapter 3 investigates the situation in Chişinău: the areas with the highest traffic intensity, congestion, and parking shortages, as well as their connection with environmental risks. Chapter 4 presents a mathematical model describing vehicle fleet growth, transport load, parking pressure, and environmental indicators, which makes it possible to perform scenario-based modelling. Chapter 5 proposes solutions for Chişinău: organisational measures, parking policy, the use of reserve urban territories, and the improvement of street network connectivity.

The aim of the research is to analyse the impact of the growing number of cars in Chişinău on traffic, parking, and the environment, and to justify a set of solutions aimed at reducing negative consequences and increasing the sustainability of urban mobility.

The main objectives are: to analyse the literature and the experience of other cities; to develop a system of indicators for assessing network overload, parking pressure, and environmental effects; to collect and spatially analyse data; to identify problem areas in Chişinău; to develop a package of measures for traffic and parking; to build a mathematical model and evaluate scenarios; and to formulate recommendations.

The approach implemented in this thesis consists in considering the problem not as a set of isolated phenomena, but as a sequential cause-and-effect chain in which the growth of the vehicle fleet leads to an increase in transport load and parking pressure, which, in turn, causes congestion and intensifies environmental consequences.

The scientific and practical significance of the thesis lies in the integration of measurable indicators, mathematical modelling, and a scenario-based approach to support data-driven decision-making and to adapt the proposed measures to the conditions of Chişinău.

## СОДЕРЖАНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u> .....	8
<u>1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ</u> .....	10
<u>1.1 Рост автопарка и его влияние на городскую мобильность</u> .....	17
<u>1.2 Причины формирования пробок</u> .....	19
<u>1.2.1 Пример локального узкого места уличной сети</u> .....	22
<u>1.3 Влияние парковочного давления на трафик и пробки</u> .....	23
<u>1.4 Обозначение границ исследования</u> .....	25
<u>1.5 Этапы исследования</u> .....	28
<u>1.6 Экологические последствия</u> .....	29
<u>2 МИРОВОЙ ОПЫТ РЕШЕНИЯ ПОДОБНЫХ ПРОБЛЕМ</u> .....	31
<u>2.1 Управление уличной парковкой</u> .....	36
<u>2.2 Перехватывающая парковка</u> .....	37
<u>2.3 Цифровые и ИИ-решения</u> .....	38
<u>3 АНАЛИЗ СИТУАЦИИ В КИШИНЕВЕ</u> .....	40
<u>3.1 Анализ источников и сбор данных</u> .....	42
<u>3.2 Анализ трафика, пробок и парковочного давления</u> .....	42
<u>3.3 Экологические эффекты</u> .....	46
<u>4 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ</u> .....	48
<u>4.1 Модель прогноза роста автопарка</u> .....	52
<u>4.2 Модель транспортной нагрузки</u> .....	56
<u>4.3 Модель парковочного давления</u> .....	60
<u>4.4 Модель экологической нагрузки</u> .....	63
<u>4.5 Концепция цифровой платформы поддержки решений</u> .....	64
<u>4.6 Программная реализация математической модели</u> .....	65
<u>5 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МУНИЦИПИЯ КИШИНЕВА</u> .....	67
<u>5.1 Основы формирования системы решений</u> .....	68
<u>5.2 Улучшения на основе данных</u> .....	69
<u>5.3 Оптимизация работы общественного транспорта</u> .....	70
<u>5.4 Совершенствование парковочной политики и управление парковочным спросом</u> .....	71
<u>5.5 Использование резервных городских территорий</u> .....	72
<u>5.6 Развитие системы перехватывающих парковок</u> .....	74
<u>5.7 Дополнительные меры управления транспортным спросом</u> .....	76

<u>5.8 Оценка сценариев внедрения предлагаемых решений</u> .....	<u>77</u>
<u>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</u> .....	<u>79</u>
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ А</u> .....	<u>81</u>
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ В</u> .....	<u>82</u>
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ С</u> .....	<u>87</u>
<u>БИБЛИОГРАФИЯ</u> .....	<u>89</u>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Рост количества транспортных средств в Кишинёве уже давно является фактором, влияющий на повседневную городскую среду и ежедневную рутину практически всех граждан. Пробки постепенно становятся частью жизни, и поиск парковочного места всё чаще превращается в рутинную часть поездки не только в центральной части города, но и в жилых кварталах, рядом с домом. Водители долго едут на низкой скорости, ищут парковки и останавливаются в непредусмотренных местах, и из-за этого повышая нагрузку на городскую среду. Это сказывается на комфорте передвижения, безопасности, качестве воздуха и уровне шума.

Больше автомобилей, больше трафика и пробок, сильнее парковочное давление и как результат получается потеря времени, повышенный уровень стресса, конфликты во дворах и на улицах, а также ухудшение условий для пешеходов и общественного транспорта. При этом простое расширение дороги или добавление отдельных парковочных мест не может дать желаемого результата, поскольку размер города ограничен, а спрос на автомобили продолжает расти. Поэтому в данной работе не только описана существующая ситуация, но и предложена математическая модель, основанная на измеримых данных и доступных показателях. Эта математическая модель позволяет визуализировать последствия и принимать более обоснованные решения.

Данная тема актуальна так как современное управление городской мобильностью всё в большей степени опирается на цифровые инструменты, анализ данных и модели, позволяющие делать качественные прогнозы. Моей целью является сбор и интеграция данных из разных источников, их структурирование, анализ и обоснование выбора наиболее эффективных сценариев. Такой подход позволяет перейти от общего описания проблемы к более точному пониманию причин перегрузок, и какие меры способны дать наиболее устойчивый эффект.

Цель исследования - проанализировать причины роста автопарка в Кишинёве, его влияние на трафик, пробки и экологию, а также обосновать комплекс организационных и цифровых мер для снижения негативных последствий.

Объект исследования - транспортная система и городская мобильность муниципия Кишинёв.

Предмет исследования - влияние роста автопарка на пробки, парковочное давление и экологические потери, а также методы управления этими эффектами на основе данных и цифровых инструментов.

Гипотеза исследования - при росте автопарка и ограниченных возможностях уличной сети и парковочного пространства усиливаются пробки и экологическая нагрузка. В то же время

подходы, основанные на данных и методах искусственного интеллекта, включая прогнозирование, выявление паттернов и сценарную оценку, позволяют более точно выбирать меры управления и добиваться результата без постоянного расширения пространства под автомобилями.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ опыта других городов в области управления трафиком и парковкой;
- формирование показателей, позволяющей оценивать транспортную перегрузку, парковочное давление и экологические эффекты;
- сбор, подготовка и структурирование данных из открытых источников с последующим анализом;
- выявление проблемных зон Кишинёва и типовых сценариев, в которых рост автопарка наиболее существенно усиливает пробки и дефицит парковочных мест;
- построение математической модели, отражающей взаимосвязь между ростом автопарка, транспортной нагрузкой, парковочным давлением и экологическими показателями;
- разработка и обоснований решений для города, включая меры по управлению парковкой, развитию перехватывающей инфраструктуры, совершенствованию управления транспортными потоками и снижению транспортного спроса;
- оценка сценариев внедрения предлагаемых решений и формирование практических рекомендаций.

- [1] Noi.md. «Восстание машин в Молдове». Доступно: <https://noi.md/ru/analitika/vosstanie-mashin-v-moldove#gallery> (дата обращения: 12.12.2025).
- [2] Enable.md. «Studiu Parcări Chișinău 2021». Доступно: <https://enable.md/wp-content/uploads/2024/02/Studiu-Parcari-Chisinau-2021-MTD-Enable.pdf> (дата обращения: 22.03.2026).
- [3] Newsmaker. «Центральный рынок в Кишиневе не будет работать 1 и 2 июня». Доступно: <https://newsmaker.md/ru/tsentralnyy-rynok-v-kishineve-ne-budet-rabotat-1-i-2-iyunya> (дата обращения: 22.12.2025).
- [4] Mobilitate Chișinău. «Actualizare SO Final (2024)». Доступно: <https://mobilitatechisinau.md/wp-content/uploads/2024/07/Actualizare-SO-Final.pdf> (дата обращения: 18.03.2026).
- [5] Mobilitate Chișinău. «Planul de mobilitate urbană durabilă». Доступно: <https://mobilitatechisinau.md/?wpdmpo=planul-de-mobilitate-urbana-durabila-al-municipiului-chisinau> (дата обращения: 03.04.2026).
- [6] Agenția de Mediu. «Raport 2020». Доступно: <https://am.gov.md/sites/default/files/document/attachments/raport%202020.pdf> (дата обращения: 10.02.2026).
- [7] AQICN. «Air Quality Map – Chișinău». Доступно: <https://aqicn.org/map/chisinau/ro/ro> (дата обращения: 15.02.2026).
- [8] Agenția de Mediu. «В Кишинэу запущена автоматическая станция мониторинга качества воздуха». Доступно: <https://am.gov.md/ro/content/la-chi%C8%99in%C4%83u-fost-lansat%C4%83-primasta%C8%9Bieautomat%C4%83-de-monitorizare-calit%C4%83%C8%9Bii-aerului-atmosferic> (дата обращения: 19.02.2026).
- [9] COPERT. «Emission Inventory Guidebook». Доступно: [https://copert.emisia.com/wp-content/uploads/files/docs/COPERT\\_v4.7.1.pdf](https://copert.emisia.com/wp-content/uploads/files/docs/COPERT_v4.7.1.pdf) (дата обращения: 25.04.2026).
- [10] Autoblog.md. «Сколько автомобилей зарегистрировано в Молдове к 2025». Доступно: <https://autoblog.md/video-ambuteiajele-reale-urmeaza-cate-vehicule-sunt-inregistrate-in-moldova-in-prag-de-2025/> (дата обращения: 18.04.2026).
- [11] Proiecte Chișinău. «Public transport». Доступно: <https://proiecte.chisinau.md/en/sub-6-19transportpublic> (дата обращения: 05.03.2026).
- [12] Agora.md. Публикации от 05.09.2024. Доступно: <https://agora.md/2024/09/05/> (дата обращения: 20.01.2026).
- [13] Statistica.gov.md. «Кишинэу в цифрах (2006–2021)». Доступно: [https://statistica.gov.md/ro/anuarul-statistic-chisinau-in-cifre-editiile-2006-2021-9673\\_59506.html](https://statistica.gov.md/ro/anuarul-statistic-chisinau-in-cifre-editiile-2006-2021-9673_59506.html) (дата обращения: 21.04.2026).

- [14] Bloknot Moldova. «Плотность автомобилей в Кишиневе превышает расчётную». Доступно: <https://bloknot-moldova.ru/news/plotnost-avtomobiley-v-kishineve-prevyshaet-rasche-1320145> (дата обращения: 02.02.2026).
- [15] TomTom. «Traffic Index». Доступно: <https://www.tomtom.com/traffic-index/> (дата обращения: 07.04.2026).
- [16] Global Highways. «Urban traffic congestion». Доступно: <https://www.globalhighways.com/wh11/news/urban-traffic-congestion> (дата обращения: 14.04.2026).
- [17] Google Maps. Карта Кишинева, район ул. Студенческая. Доступно: <https://www.google.com/maps/@47.0602226,28.8655768,16.82z/data=!5m2!1e4!1e2> (дата обращения: 28.04.2026).
- [18] ASP Moldova. «Servicii informaționale RST». Доступно: [https://www.asp.gov.md/ro/servicii/alte-servicii/servicii-informazionale/rst](https://www.asp.gov.md/ro/servicii/alte-servicii/servicii-informationale/rst); Dataset: <https://dataset.gov.md/dataset/113bfe5f-015a-4291-b012-3fe2063ebf41> (дата обращения: 09.03.2026).
- [19] ASP Moldova. «Servicii informaționale RSP». Доступно: <https://www.asp.gov.md/ro/servicii/alte-servicii/servicii-informazionale/rsp> (дата обращения: 13.03.2026).
- [20] ASP Moldova. «Date statistice RST tip raion». Доступно: [https://www.asp.gov.md/ro/datedeschise/date-statistice/rst\\_tip\\_raion](https://www.asp.gov.md/ro/datedeschise/date-statistice/rst_tip_raion) (дата обращения: 26.04.2026).
- [21] TomTom. «Traffic Index – Bucharest». Доступно: <https://www.tomtom.com/traffic-index/city/bucharest> (дата обращения: 10.04.2026).
- [22] Primaria Mea. «Raport 2020». Доступно: [https://primariamea.md/wp-content/uploads/2021/02/21x21\\_raport-primar\\_2020-1.pdf](https://primariamea.md/wp-content/uploads/2021/02/21x21_raport-primar_2020-1.pdf) (дата обращения: 30.03.2026).
- [23] Wikipedia. «Logistic function». Доступно: [https://en.wikipedia.org/wiki/Logistic\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/Logistic_function) (дата обращения: 23.04.2026).
- [24] HKU Scholars Hub. Материал по транспортному моделированию. Доступно: <https://hub.hku.hk/bitstream/10722/223204/1/Content.pdf> (дата обращения: 23.04.2026).
- [25] Wikipedia. «M/M/c queue». Доступно: [https://en.wikipedia.org/wiki/M/M/c\\_queue](https://en.wikipedia.org/wiki/M/M/c_queue) (дата обращения: 23.04.2026).
- [26] Moldova1. «Park and Ride парковки к 2026 году». Доступно: <https://moldova1.md/p/64835/threeparkand-ride-parking-lots-will-be-built-at-chisinau-entrances-by-2026> (дата обращения: 28.04.2026).
- [27] Numbeo. «Cost of Living Rankings». Доступно: <https://www.numbeo.com/cost-of-living/rankings.jsp> (дата обращения: 29.04.2026).

[28] <https://tv8.md/ru/2026/05/01/dorogi-stanovyatsya-bezopasnee-chislo-dtp-upalo-do-rekordno-nizkoi-otmetki/301804> (дата обращения: 01.05.2026).

[29] <https://locals.md/2024/czifra-dnya-skolko-v-moldove-elektromobilej/> (дата обращения: 01.05.2026).

[30] [https://trendsresearch.org/insight/ai-integrated-smart-traffic-systems-for-carbon-neutral-cities/?srsId=AfmBOopTISskTrIcLV2cXCyToeTm5UxAXZu\\_K69M\\_Dd5vR7xML4Xxp-o](https://trendsresearch.org/insight/ai-integrated-smart-traffic-systems-for-carbon-neutral-cities/?srsId=AfmBOopTISskTrIcLV2cXCyToeTm5UxAXZu_K69M_Dd5vR7xML4Xxp-o) (дата обращения: 01.05.2026).

[31] <https://numalis.com/ai-powered-traffic-management/> (дата обращения: 01.05.2026).

[32] [https://sites.research.google/gr/greenlight/?utm\\_source=chatgpt.com](https://sites.research.google/gr/greenlight/?utm_source=chatgpt.com) (дата обращения: 01.05.2026).