

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Розробка ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» інформаційної
системи «Автомобільний паркінг»

(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,

групи ІТУ-21-1

Богдан МОВЧАН

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології

управління

(повна назва освітньої програми)

Керівник: асист. каф. ІУС. Ірина МАЛЬКОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук

Кафедра Інформаційних управляючих систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології управління
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри 

(підпис)

“ 19 ” травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Мовчану Богдану Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки»
інформаційної системи «Автомобільний паркінг»

затверджена наказом по університету від “ 19 ” травня 2025 р. № 370Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 17 ” червня 2025 р.


3. Вихідні дані до роботи Опис об'єкта автоматизації, схема організаційної структури,
план розташування паркувальних місць.


4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі Огляд і аналіз сучасного стану
розглянутої проблеми а також існуючих методів і засобів вирішення задач кваліфікаційної
роботи, змістовний опис та аналіз структурних і функціональних особливостей об'єкта
дослідження та основних видів його забезпечення, формулювання завдання розробки,
опис вимог до об'єкта розробки, обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта
розробки, опис архітектури об'єкта розробки на рівні функцій, розробка й обґрунтування
елементів інформаційної забезпечуючої системи, математичної забезпечуючої системи,
програмної забезпечуючої системи, технічної забезпечуючої системи, розробка UX та UI
рішень, пропозиції щодо впровадження та експлуатації об'єкта розробки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд і аналіз сучасного стану розглянутої проблеми та існуючих методів і засобів вирішення задач кваліфікаційної роботи	19.05.2025 - 22.05.2025	Виконано
2	Огляд і аналіз сучасного стану розглянутої проблеми (задачі), а також існуючих методів і засобів вирішення задач КвР	22.05.2025 - 24.05.2025	Виконано
3	Формулювання завдання розробки	24.05.2025 – 28.05.2025	Виконано
4	Опис архітектури об'єкта розробки на рівні функцій	28.05.2025 – 03.06.2025	Виконано
5	Розробка й обґрунтування елементів інформаційної забезпечуючої системи	03.06.2025 – 06.06.2025	Виконано
6	Розробка й обґрунтування елементів математичної забезпечуючої системи	06.06.2025 – 08.06.2025	Виконано
7	Розробка User Experience (UX) та User Interface (UI) рішень	08.06.2025 – 10.06.2025	Виконано
8	Розробка й обґрунтування елементів програмної забезпечуючої системи	10.06.2025 – 11.06.2025	Виконано
9	Розробка й обґрунтування елементів технічної забезпечуючої системи	11.06.2025 – 12.06.2025	Виконано
10	Пропозиції щодо впровадження та експлуатації об'єкта розробки	12.06.2025 – 12.06.2025	Виконано
11	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	12.06.2025 - 13.06.2025	Виконано
12	Перевірка на плагіат	13.06.2025	Виконано
13	Попередній захист	14.06.2025	Виконано
14	Захист кваліфікаційної роботи в екзаменаційній комісії	17.06.2025	Виконано

Дата видачі завдання 19 травня 2025 р.

Здобувач 
(підпис)

Керівник роботи 
(підпис)

асист. каф.ІУС. Ірина
МАЛЬКОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 97 с., 32 рис., 9 табл., 2 дод., 8 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, АЛГОРИТМ, БАЗА ДАНИХ, ВЕБ-ЗАСТОСУНОК, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МОНІТОРИНГ, ПАРКІНГ, СТАТИСТИКА.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процес моніторингу заповнення парковки в межах інформаційної системи «Автомобільний паркінг».

Метою роботи є розробка сервісу моніторингу заповнення парковки, який призначений для автоматизованого відстеження заповнення парковки, фіксації подій на паркомісцях, інтеграції з модулем бронювання та формування статистичних звітів на основі зібраних даних.

Метод дослідження – методи об'єктно-орієнтованого підходу, системного аналізу, засоби моделювання схем даних.

В ході кваліфікаційної роботи проведено дослідження об'єкту автоматизації, огляд існуючих конкурентів в області сервісів моніторингу заповненості парковки. Розроблено функціональну архітектуру, спроектовано реляційну базу даних, створено UX/UI-рішення що забезпечують зручну взаємодію з системою та описано програмну і технічну реалізацію сервісу.

ABSTRACT

Bachelor`s thesis 97 pages, 32 figures, 9 tables, 2 appendices, 8 sources.

AUTOMATION, ALGORITHM, DATABASE, WEB APPLICATION,
INFORMATION SYSTEM, MONITORING, PARKING, STATISTICS.

The object of the qualification paper is the process of monitoring parking occupancy within the “Automobile Parking” information system.

The aim of the work is to develop a parking monitoring service designed for automated tracking of parking occupancy, recording events in parking spaces, integrating with a booking module, and generating statistical reports based on collected data.

The method of research includes object-oriented methods, system analysis, and data schema modeling.

In the course of the qualification paper, the object of automation was studied, existing competitor solutions in the field of parking monitoring were reviewed, the functional architecture was developed, a relational database was designed, UX/UI solutions were created to enable convenient interaction with the system, and the software and technical implementation of the service were described

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	8
Вступ.....	9
1 Змістовний опис та аналіз структурних і функціональних особливостей предметної області та основних забезпечуючих систем.....	11
1.1 Аналіз та характеристика об'єкта дослідження.....	11
1.2 Опис організаційної структури.....	14
1.3 Аналіз бізнес-процесу моніторингу заповнення парковки.....	15
2 Огляд і аналіз сучасного стану сервісів моніторингу заповнення парковки інформаційних систем автомобільних паркінгів	18
2.1 Опис задачі, що автоматизується	18
2.2 Огляд сучасних підходів до вирішення задачі моніторингу паркінгів .	19
2.3 Аналіз існуючих ІТ-рішень для моніторингу заповнення парковки	20
2.4 Обґрунтування актуальності розробки ІТ-сервісу.....	23
3 Формулювання завдання розробки	24
3.1 Опис вимог до об'єкта розробки	24
3.1.1 Функціональні вимоги.....	24
3.1.2 Нефункціональні вимоги.....	25
3.2 Обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта розробки	26
4 Опис архітектури об'єкта розробки на рівні функцій	28
5 Розробка й обґрунтування елементів інформаційної забезпечуючої системи	36
6 Розробка й обґрунтування елементів математичної забезпечуючої системи	40
6.1 Опис та розробка формул до «Звіт про мертві зони».....	40
6.2 Опис та розробка формул до «Звіт про заповненість паркінгу».....	41
6.3 Опис та розробка формул до «Звіт про середньодобове завантаження паркінгу»	41

6.3.1 Використання формули для розрахунку середньодобового завантаження на практиці.	42
6.4 Опис та розробка формул до «Звіт про пікові години завантаження» ..	45
7 Розробка User Experience (UX) та User Interface (UI) рішень.....	46
8 Розробка й обґрунтування елементів програмної забезпечуючої системи..	53
9 Розробка й обґрунтування елементів технічної забезпечуючої системи ..	61
10 Пропозиції щодо впровадження та експлуатації об'єкта розробки	63
Висновки	65
Перелік джерел посилання	67
Додаток А Альбом документів	68
Додаток Б Графічний матеріал кваліфікаційної роботи	75

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ІС – інформаційна система

ІТ – інформаційні технології

ІЧ – інфрачервоний

КМУ – Кабінет Міністрів України

ОЗП – оперативна пам'ять

ОТГ – об'єднана територіальна громада

СУБД – система управління базами даних

ТЗ – транспортний засіб

API – Application Programming Interface

CSS – Cascading Style Sheets

DFD – Data Flow Diagram

HTML – HyperText Markup Language

IDEF0 – Integrated Definition for Function Modeling

PoE – Power over Ethernet

SSD – Solid-State Drive

UI – User Interface

UPS – Uninterruptible Power Supply

UX – User Experience

WCAG – Web Content Accessibility Guidelines

ВСТУП

В умовах стрімкої урбанізації та постійного зростання кількості приватного автотранспорту ефективна організація паркувального простору стає одним із пріоритетних завдань сучасного міського планування. Автомобільні паркінги є невід'ємною частиною інфраструктури, що забезпечує впорядковане та безпечне зберігання транспортних засобів (ТЗ). Проте традиційні підходи до управління паркінгами, що базуються на ручному контролі з боку персоналу, є неефективними та призводять до низки проблем: виникнення помилок через людський фактор, низька точність обліку зайнятих місць та відсутність централізованого збору даних.

Світові тенденції у вирішенні цих завдань спрямовані на цифрову трансформацію паркувальної інфраструктури та впровадження автоматизованих сервісів моніторингу із застосуванням інформаційних технологій (ІТ). Сучасні технологічні підходи включають використання фізичних датчиків (магнітних, ультразвукових), що встановлюються на кожне паркомісце, та систем на основі відеоаналітики, які застосовують алгоритми штучного інтелекту для розпізнавання ТЗ і подій з камер спостереження. Попри існування на ринку готових рішень, більшість із них є або вузькоспеціалізованими (наприклад, орієнтованими лише на фіксацію порушень), або нездатними до комплексної інтеграції з іншими системами, як-от бронювання та оплата, чи мають високу вартість впровадження.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності створення ІТ-сервісу, що поєднує функції автоматизованого моніторингу, ведення актуального плану заповненості та формування статистичних звітів [2]. Розробка такого рішення дозволить не лише підвищити ефективність використання паркувального простору, а й знизити операційні витрати та надати керівництву потужний інструмент для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Метою роботи є розробка ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» інформаційної системи «Автомобільний паркінг». Сервіс призначений для автоматизованого відстеження заповнення парковки, фіксації подій на паркомісцях та формування статистичних звітів на основі зібраних даних. Галуззю застосування розробленого сервісу є автомобільні паркінги торгово-розважальних центрів, офісних будівель, аеропортів та інших об'єктів з високою інтенсивністю транспортного потоку.

1 ЗМІСТОВНИЙ ОПИС ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОСНОВНИХ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ СИСТЕМ

1.1 Аналіз та характеристика об'єкта дослідження

Автомобільні паркінги є важливим елементом міської інфраструктури, що забезпечує організоване та безпечне зберігання ТЗ у межах населених пунктів, комерційних зон, житлових комплексів та транспортних вузлів. Зростання кількості приватних авто, щільність забудови, потреба у швидкому доступі до місць призначення — усе це робить організацію паркувального простору одним із критичних завдань сучасного міського планування [1].

З точки зору інфраструктури, паркінг охоплює не лише фізичні майданчики для розміщення ТЗ, але й організаційні та технічні засоби управління — від контролю за доступом до місць до розрахунку плати за стоянку.

Основною метою функціонування автомобільного паркінгу є забезпечення впорядкованого, безпечного та ефективного розміщення ТЗ у межах визначеної території. Паркінг створює умови для комфортного пересування водіїв, зменшує кількість заторів на дорогах, спричинених безсистемним паркуванням, а також дозволяє оптимізувати використання міського простору. Ефективно організований паркінг сприяє скороченню часу на пошук вільного місця, знижує навантаження на вулично-дорожню мережу та підвищує рівень безпеки дорожнього руху. Також, він виконує функцію регулювання попиту на паркування через механізми тарифікації та обмеженого доступу до певних зон. В умовах постійної урбанізації та зростання кількості приватного транспорту паркінги відіграють дедалі важливішу роль у забезпеченні збалансованого функціонування транспортної системи міста.

Предметна галузь має специфічні риси, її ключовими особливостями, що впливають на способи автоматизації є:

- динамічний попит: інтенсивність використання паркомісць змінюється впродовж доби, тижня та в залежності від локації;
- обмежені ресурси: площа для паркування завжди обмежена, тому критично важливо забезпечити її оптимальне використання;
- потреба в автоматизації: традиційні підходи (вручну, через персонал) неефективні, особливо в масштабних об'єктах;
- інтерактивна взаємодія з користувачем: система повинна враховувати запити клієнтів, адміністратора, персоналу;
- високотехнологічна інфраструктура: сучасні паркінги обладнуються відеокамерами, сенсорами, шлагбаумами, платіжними терміналами, системами розпізнавання номерів.

Призначення паркінгу як організації.

Паркінг як об'єкт господарської діяльності виконує такі функції:

- надання послуг тимчасового зберігання ТЗ;
- організація платного або умовно-безкоштовного паркування відповідно до регламентів;
- забезпечення безпеки транспорту під час стоянки;
- інформаційна підтримка користувачів (доступність місць, правила паркування, тарифи);
- формування звітності для власників або керуючих компаній.

Діяльність автомобільних паркінгів в Україні регулюється багатьма нормами, документами та органами, зокрема:

- закон України «Про автомобільний транспорт» — регламентує порядок організації транспортних послуг;
- закон України «Про місцеве самоврядування» — визначає повноваження органів влади щодо регулювання паркування;
- правила дорожнього руху — встановлюють вимоги до розмітки, знаків, дозволів і обмежень для паркування;

- постанова Кабінету Міністрів України (КМУ) №1342 від 03.12.2009 р. «Про затвердження Правил надання послуг з паркування транспортних засобів» — регламентує порядок оплати, зони паркування, відповідальність операторів;
- закон «Про захист персональних даних» — регулює зберігання відеозаписів, розпізнавання номерів авто;
- рішення міських рад та об'єднаних територіальних громад (ОТГ) — щодо зон платного паркування, тарифів, правил обслуговування.

Призначення IT-сервісу моніторингу заповнення паркінгу полягає в автоматизованому зборі, обробці та поданні інформації про фактичне використання паркувальних місць у реальному часі. Система фіксує події зайняття та звільнення місць за допомогою камер, розпізнає номерні знаки автомобілів, визначає номер паркомісця і перевіряє відповідність паркування встановленим правилам.

Перевагами впровадження такого сервісу є підвищення прозорості та контрольованості процесів паркування, зменшенні ручної роботи персоналу та забезпеченні оперативного реагування на порушення. Окрім цього, сервіс дозволяє накопичувати історичні дані для побудови статистичних звітів – визначення пікових годин завантаженості паркінгу та виявлення випадків довготривалого простою авто.

Також він відіграє ключову роль у формуванні сучасної цифрової інфраструктури паркінгу, слугуючи базовою ланкою для інтеграції з іншими підсистемами, зокрема з системами бронювання.

1.2 Опис організаційної структури

На рисунку 1.1 наведено схему організаційної структури автомобільного паркінгу.

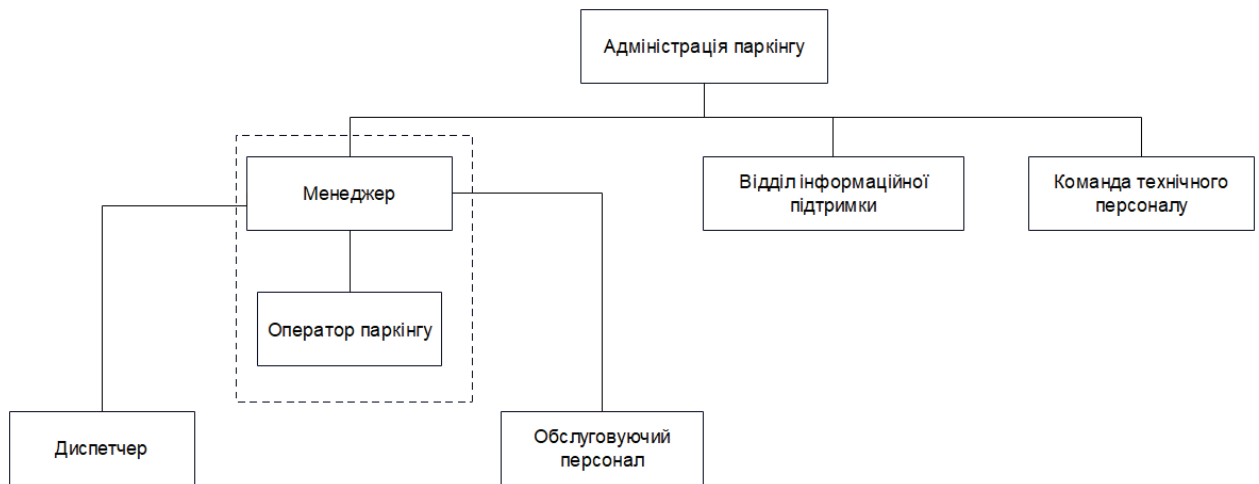


Рисунок 1.1 – Схема організаційної структури автомобільного паркінгу

Опис організаційної структури:

- адміністрація паркінгу: є головною керівною ланкою в організаційній структурі, відповідальна за загальне керівництво та управління мережею паркінгів, приймає ключові рішення включаючи фінансові питання, розробку плану паркування тощо;
- менеджер: підзвітний адміністрації, займає керівну роль, виконує управлінням персоналом «на місці»;
- відділ інформаційної підтримки: підзвітний адміністрації, відповідальний за технічну підтримку інформаційної системи (ІС), включаючи адміністрування серверів, баз даних (БД), мережевої інфраструктури та вирішення технічних проблем для всіх паркінгів;
- команда технічного персоналу: підзвітна адміністрації, відповідальна за встановлення, налагодження, технічне обслуговування

системи фіксації, датчиків, камер відеоспостереження, шлагбаумів, систем вентиляції та іншого обладнання;

- диспетчер: підзвітний менеджеру паркінгу, виконує взаємодію з клієнтами, що телефонують на гарячу лінію, також виконує роль консультанта в питаннях, що виникають в клієнтів при спробі забронювати паркувальне місце;

- оператор паркінгу: підзвітний менеджеру паркінгу, знаходиться безпосередньо на парковці, безпосередньо слідкує за ситуацією на парковці, допомагає вирішувати конфліктні ситуації, що можуть виникнути в клієнтів (неправильне паркування, паркування на місці для інвалідів і тд.);

- обслуговуючий персонал: підзвітний менеджеру паркінгу, відповідальний за зберігання чистоти на парковці, виконує дрібні ремонти та забезпечення належного стану та інфраструктури.

1.3 Аналіз бізнес-процесу моніторингу заповнення парковки

На поточний момент процес моніторингу заповнення паркінгу здійснюється вручну, без застосування спеціалізованих автоматизованих систем. Основні обов'язки з контролю заповнення покладено на оператора паркінгу, який спостерігає за паркувальними місцями візуально та веде електронний облік. Процес функціонує наступним чином:

- оператор оглядає територію паркінгу та вручну визначає, які місця є зайнятими або вільними;

- інформація про зайняті місця вноситься до електронного журналу, який зберігається локально на робочому пристрої;

- якщо місце заброньоване, менеджер усно повідомляє про це оператора, який повинен встановити спеціальний конус на відповідному паркомісці до моменту прибуття клієнта;

- після завершення періоду бронювання оператор має самостійно прибрати конус, орієнтуючись на пам'ять або власні позначки;
- менеджер періодично отримує поточну інформацію по власному запиту про стан заповненості, яка надається усно або у вигляді копії електронного журналу.

Такий процес має величезну кількість недоліків, серед яких:

- людський фактор: оператор може помилково вказати статус місця або забути прибрати/встановити конус, менеджер може забути повідомити оператора про заброньоване місце;
- низька точність: відсутній об'єктивний механізм перевірки статусу місць, усе базується на візуальній оцінці;
- відсутність історичних даних: інформація про події (зайняття, звільнення, бронювання) не зберігається централізовано і не накопичується для побудови статистичних звітів;
- низький рівень контролю: неможливо оперативно перевірити, чи є порушення (наприклад, зайнято місце для інвалідів звичайним авто);
- відсутність інтеграції: процеси фіксації, бронювання та оплати не пов'язані між собою та не обмінюються даними автоматично;
- залежність від оператора: оператор здійснює всі головні процеси на місці, виставляє конус, фіксує зайняття місць та порушення.

На поточний момент бізнес-процес є неефективним, непрозорим та вразливим до помилок, що значно ускладнює якісне управління паркувальними місцями. На рисунку 1.2 наведено Use-case діаграму, що відображає поточний стан процесу автоматизації.

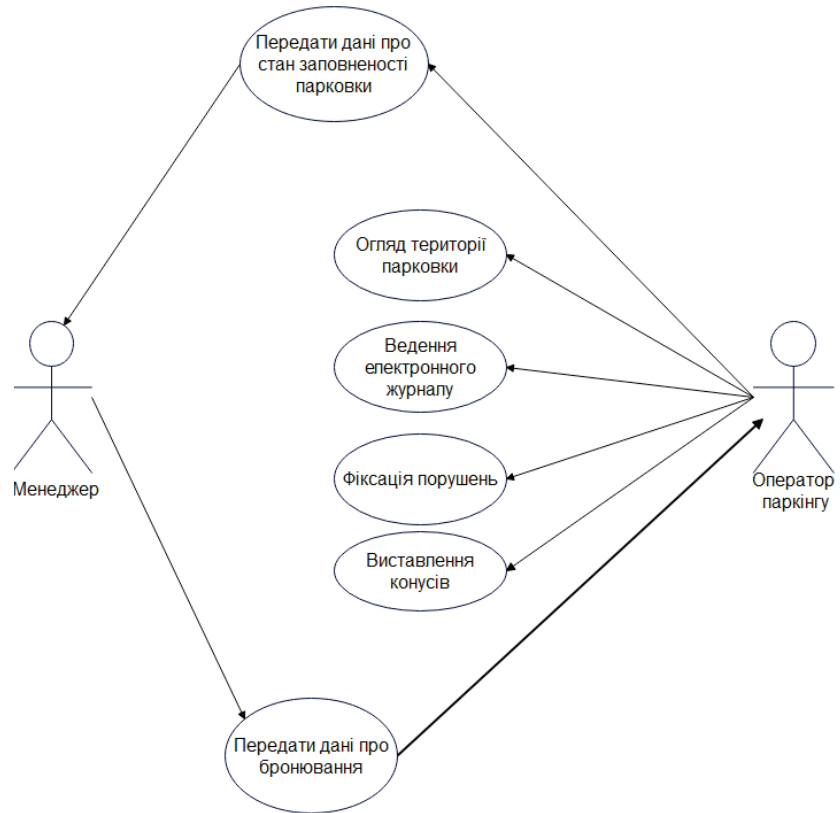


Рисунок 1.2 – Use-case діаграма процесу моніторингу заповнення парковки

2 ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ СЕРВІСІВ МОНІТОРИНГУ ЗАПОВНЕННЯ ПАРКОВКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНИХ ПАРКІНГІВ

2.1 Опис задачі, що автоматизується

У сучасних містах, на тлі постійного зростання кількості приватного транспорту, щільної урбанізації та обмеженого паркувального простору, все більш актуальною стає задача оптимізації управління паркінгами. Проблеми безсистемного паркування, перевантаження вулично-дорожньої мережі, затримок, що виникають через те, що автомобілі витрачають велику кількість часу в пошуках вільного місця, призводять до транспортного хаосу, екологічного навантаження, втрати часу та нерідких випадків порушень правил паркування [1].

Цифрова трансформація інфраструктури паркінгів — одна з ключових умов для вирішення цих проблем, особливо важливими в цьому контексті є сервіси, що забезпечують автоматизований моніторинг стану паркувальних місць. Такі сервіси дозволяють:

- фіксувати факт зайняття або звільнення паркомісця в реальному часі;
- ідентифікувати транспортні засоби (наприклад, за номерним знаком);
- контролювати дотримання правил (наприклад, паркування на спеціальних місцях лише дозволеним типам чи категоріям авто);
- формувати загальну картину заповненості паркінгу.

Крім цього, сучасні рішення мають здатність інтегруватися з іншими підсистемами (бронювання, оплата, звітність) та накопичувати історичні дані для подальшого ведення статистики. Саме автоматизовані сервіси моніторингу стану паркомісць є базовим інструментом для цифрового

управління парковками будь-якого масштабу — від міських до корпоративних чи житлових.

2.2 Огляд сучасних підходів до вирішення задачі моніторингу паркінгів

Для реалізації задачі моніторингу заповнення паркінгів у сучасних рішеннях використовуються різні технологічні підходи, головними серед них є використання камер з відеоаналітикою, фізичних сенсорів або комбінований підхід.

Камери з відеоаналітикою – це один із найперспективніших підходів, що активно розвивається завдяки досягненням у сфері штучного інтелекту та обробки зображень. Камери, розташовані над або навпроти паркомісць, здійснюють постійне відеоспостереження, а система аналізує кадри для:

- визначення наявності авто;
- розпізнавання номерних знаків;
- фіксації порушень правил паркування;
- зв'язування авто з конкретним місцем.

Важливою перевагою таких систем є відсутність необхідності встановлення фізичних датчиків на кожне місце, що спрощує монтаж та обслуговування. Недоліками є високі вимоги до якості відео, правильного розміщення камер і наявності обчислювальних ресурсів.

Фізичні сенсори – ці рішення передбачають встановлення окремих сенсорів безпосередньо на кожне паркомісце або в його межах, сенсорами можуть бути:

- магнітні датчики: виявляють зміни магнітного поля;
- ультразвукові: визначають наявність об'єкта над сенсором;
- інфрачервоні (ІЧ) датчики: реагують на тепло або зміну світлового сигналу.

Такі системи є досить точними, однак потребують значних витрат на інсталяцію, технічне обслуговування та енергоживлення. Крім того, вони не фіксують номер авто або інші атрибути, отже не підходять для розширеного контролю або потребують додаткової інтеграції з іншими системами фіксації номерів, порушень тощо.

Комбіновані підходи – у деяких системах сенсори використовуються для виявлення факту зайнятості, а камери – для ідентифікації ТЗ. Це дозволяє підвищити точність, але вимагає більш складної та дорогої інтеграції.

Щодо програмного забезпечення, на базі отриманих із технічних засобів фіксації даних сучасні системи мають виконувати формування плану заповненості паркінгу, забезпечувати обмін даними з іншими модулями ІС паркінгу, зокрема з модулем бронювання, оплати, платформи контролю доступу. Також, крім моніторингу, сучасні системи можуть збирати та накопичувати історичні дані, які дозволяють будувати статистичні звіти, що значно спрощує роботу користувача системи.

2.3 Аналіз існуючих ІТ-рішень для моніторингу заповнення парковки

На ринку вже представлено багато сервісів моніторингу заповнення парковки, які використовують різні технічні та програмні рішення, адаптовані до різних умов та регіонів використання. Розглянемо та порівняємо деякі з них.

LoRa-система – система інтелектуальної парковки від української компанії Iotji, використовує вбудовані в паркомісця магнітні датчики для фіксації наявності автомобіля. Дані передаються за протоколом LoRa на центральний сервер. Її перевагами можна вважати:

- відсутність відеоспостереження, що спрощує юридичну частину з персональними даними;
- мале енергоспоживання датчиків;

Недоліками можна вважати:

- потреба в монтажі та обслуговуванні датчиків на кожному паркомісті;
- неможливість розпізнавання номерних знаків, контролю порушень або зв'язування авто з конкретним бронюванням;
- обмежену здатність для побудови статистики, відсутність історії подій або статистичних звітів [4].

SMART PARKING – система від української компанії IPCOM, використовує камери та інтелектуальні модулі для фіксації зайняття паркувальних місць, номерних знаків авто та порушень правил паркування у межах міської інфраструктури. Її перевагами можна вважати:

- автоматичне виявлення порушень;
- орієнтацію на міські умови, інтеграція з правоохоронними системами;
- повністю автоматизовану фото і відео фіксацію.

Недоліками можна вважати:

- система не призначена для контролю заповнення конкретного паркінгу і більш сфокусована на міській інфраструктурі;
- відсутність механізму ведення плану заповнення та статистики;
- основна мета системи – контроль правил, а не управління простором паркінгу [5].

Parklio Detect – система від хорватської компанії Parklio, аналізує зображення з камер, розпізнає заповненість місць, визначає наявність транспорту, розпізнає номерні знаки, веде план паркування. Її перевагами можна вважати:

- високу точність фіксацій без фізичних сенсорів;
- реалізований повноцінний моніторинг заповнення;
- підтримка інтеграції з зовнішніми сервісами чи модулями.

Недоліки:

- іноземне рішення, яке офіційно не представлене на українському ринку;
- висока вартість [6].

Виконаємо порівняння цих трьох систем у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика сервісів моніторингу заповнення парковки

Критерій	LoRa	SMART PARKING	Parklio Detect
Тип фіксації	Магнітні датчики	Відеоаналітика	Відеоаналітика
Визначення номера ТЗ	Немає	Є	Є
Контроль порушень	Немає	Основна функція	Є
Формування плану заповненості парковки	Частково (тільки факт зайнятості)	Частково (тільки факт зайнятості)	Є
Можливість інтеграції із зовнішніми системами	Є	Є	Є
Можливість ведення статистики	Немає	Немає	Обмежена
Працює в Україні	Так	Так	Ні
Сфера застосування	Невеликі паркінги	Паркувальні місця на вулицях міста	Паркінги різних типів та масштабів
Вартість впровадження	Помірна	Помірна	Висока

2.4 Обґрунтування актуальності розробки ІТ-сервісу

Аналіз сучасних систем моніторингу паркінгів показав, що жодна з них не поєднує в собі всі функції, необхідні для ефективного управління заповнення парковки, та мають високу вартість. Розробка ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» інформаційної системи «Автомобільний паркінг» має на меті вирішити ці проблеми. Основними задачами сервісу є:

- автоматизована фіксація подій (зайняття/звільнення місць, порушень) за допомогою камер та відеоаналітики;
- формування актуального плану заповнення парковки в реальному часі із врахуванням даних із зовнішніх систем (бронювання);
- ведення статистики: середнє завантаження, заповненість парковки, «мертві зони», визначення пікових годин, виявлення тривалих простоїв.

Сервіс орієнтований насамперед на персонал, що управляє паркінгом (менеджер), надаючи зручний інтерфейс для роботи з даними.

Загалом, порівнювано з існуючими аналогами, розроблений сервіс має вирішувати питання вартості інтеграції, завдяки використанню камер з паркінгу в якості сенсорів та обробці кадрів за допомогою ШІ на сервері, надавати можливість інтеграції із зовнішніми модулями (модулі бронювання та оплати), вести повноцінний та актуальний план паркування, надавати зручні інструменти для ведення статистики на основі даних, що збирає система.

3 ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ РОЗРОБКИ

3.1 Опис вимог до об'єкта розробки

ІТ-сервіс «Моніторинг заповнення парковки» є частиною інформаційної системи «Автомобільний паркінг» і призначений для використання менеджером паркінгу. Основна мета сервісу – автоматизація контролю за фактичним використанням паркувальних місць у режимі, що є наближеним до реального часу, з подальшим формуванням актуальної картини заповнення паркувальних місць та можливістю ведення статистики на основі накопичених даних.

Ключовими функціями системи є:

- автоматизована фіксація подій (зайняття/звільнення місця, ідентифікація автомобіля, фіксація порушень);
- формування плану заповнення парковки з урахуванням заброньованих місць;
- формування статистичних звітів на основі накопичених даних.

Для роботи сервісу передбачається використання камер відеоспостереження, алгоритмів комп'ютерного зору, а також інтеграція із зовнішньою системою бронювання. Авторизований доступ забезпечує контрольований вхід до системи для персоналу.

3.1.1 Функціональні вимоги

Функціональні вимоги визначають, як має працювати система, які послуги або дії вона повинна надавати. Вони деталізують основні задачі, операції та можливості, які програмне забезпечення або технічний продукт

має реалізовувати. Сформуємо наступні функціональні вимоги до нашої системи:

- система повинна автоматично фіксувати події зайняття та звільнення паркомісць на основі зображень з камер;
- повинна виконуватись ідентифікація ТЗ: розпізнавати номерний знак, визначати тип ТЗ (електромобіль, автомобіль інваліда, мотоцикл, легковий чи великогабаритний транспорт);
- події фіксації повинні надсилатися до БД лише у випадку завершення дії, система повинна впевнитись, що ТЗ завершив маневр і фактично зайняв або покинув місце;
- формування плану заповнення парковки: система має формувати план заповнення парковки враховуючи актуальні події фіксації та дані про бронювання;
- повинен реалізовуватись функціонал перегляду статистики, зокрема середнього завантаження паркінгу, простоїв автомобілів, пікових годин завантаження, мертвих зон тощо;
- авторизація користувача перед входом до сервісу;
- має зберігатися історія подій фіксації для подальшої роботи з даними;
- інтеграція з зовнішнім сервісом бронювання (отримання даних бронювання та надання актуального плану заповнення парковки сервісу).

3.1.2 Нефункціональні вимоги

Нефункціональні вимоги у сфері розробки програмного забезпечення визначають критерії ефективності та якості роботи системи, а не її конкретні функціональні можливості. Вони регулюють такі ключові аспекти як

продуктивність, зручність використання, стабільність, захищеність та адаптивність системи до змін.

Ці вимоги встановлюють стандарти того, як система має функціонувати у різних умовах, формуючи обмеження для архітектурних рішень та впливаючи на загальну якість програмного продукту. На відміну від функціональних вимог, які описують безпосередні можливості системи, нефункціональні вимоги акцентують увагу на характеристиках її роботи. Опишемо нефункціональні вимоги до нашої системи:

- доступність: сервіс повинен працювати безперервно (24/7) з рівнем доступності не нижче 99.9%;
- продуктивність: час обробки події фіксації не повинен перевищувати 1 секунди після її завершення;
- безпека: захист доступу до системи через авторизацію;, збереження конфіденційної інформації (номер авто, дані про бронювання тощо);
- масштабованість: архітектура повинна дозволяти підключення додаткових камер, розширення кількості паркомісць.
- інтерфейс: інтерфейс має бути зручним і інтуїтивно зрозумілим;
- зберігання даних: дані про події повинні зберігатись не менше 12 місяців .

3.2 Обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта розробки

Метою розробки ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» є створення функціонального інструменту для автоматизованого відстеження заповнення парковки, фіксації подій на паркомісцях, інтеграції з суміжними модулями (бронювання) та формування статистичних звітів на основі зібраних даних. Такий сервіс сприятиме оптимізації використання паркувального

простору, зниженню витрат на адміністрування, підвищенню оперативності реагування персоналу та покращенню загальної ефективності управління паркінгом [7].

Ефективність функціонування сервісу оцінюється за такими критеріями:

- автоматизація процесів – зменшення необхідності ручної фіксації подій та оновлення плану заповнення парковки;
- точність фіксації – коректне визначення подій зайняття/звільнення паркомісць, номерного знаку ТЗ та відповідності типу авто;
- актуальність плану заповнення – формування достовірної схеми стану паркомісць у режимі, наближеному до реального часу;
- оперативна інтеграція – безперебійний обмін інформацією з модулями бронювання та оплати;
- надійність – стабільна робота сервісу 24/7;
- безпека – захист персональних даних користувачів та доступ до сервісу лише через авторизований вхід;
- зручність – інтуїтивний інтерфейс для персоналу паркінгу.

4 ОПИС АРХІТЕКТУРИ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ НА РІВНІ ФУНКЦІЙ

Архітектура ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» в межах інформаційної системи «Автомобільний паркінг» розроблена з урахуванням потреб у цифровій трансформації процесів управління паркувальним простором.

Головною метою цієї архітектури є побудова функціонально цілісного середовища для збору, обробки, відображення даних щодо фактичного використання паркомісць. Сервіс орієнтований на зниження впливу людського фактора, підвищення точності фіксації подій, забезпечення прозорості, інтегрованості з іншими модулями (бронювання), а також надання засобів ведення статистики для керівного персоналу.

До складу сервісу входять три основні функціональні блоки:

- моніторинг поточної заповненості паркомісць;
- ведення плану паркування;
- формування статистичних звітів.

Функція моніторинг поточної заповненості паркомісць відповідає за фіксацію факту в'їзду або виїзду автомобіля з паркомісця, забезпечує автоматичне розпізнавання подій в'їзду або виїзду ТЗ з паркувального місця. Камери спостереження зчитують номерний знак авто, ідентифікують номер паркомісця та подію, що відбулася (в'їзд/виїзд) і передають отримані дані до БД.

Функція ведення плану паркування підтримує в актуальному стані план заповненості паркувальних місць, а саме: виконує обробку поточних даних щодо фіксації та бронювання, визначає факти порушення правил паркування (наприклад, зайняття місця для інвалідів без відповідного дозволу або ігнорування бронювання) та оновлює дані у БД щодо плану заповненості

паркування. План заповненості паркування передається іншим модулям системи.

Функція формування статистичних звітів на основі накопичених даних формує пакет таких звітів: «Звіт про фіксацію», «Звіт про прості автомобілів», «Звіт про мертві зони», «Звіт про порушення», «Звіт про заповненість парковки», «План заповненості паркувальних місць», «Звіт про середньодобове завантаження паркінгу», «Звіт про пікові години завантаження», що надаються менеджеру парковки для подальшого аналізу.

Отримані результати відображаються у вигляді таблиць, діаграм чи графіків відповідно до заданих параметрів звітності [7].

Моделювання функціональної архітектури сервісу виконано згідно з методологією Integrated Definition for Function Modeling (IDEF0), що дозволяє відобразити логіку взаємодії між процесами, потоками даних, зовнішніми сутностями та керуючими впливами.

На рисунку 4.1 наведено контекстну діаграму, яка відображає загальний вигляд функціонування сервісу та його взаємозв'язок із зовнішніми елементами. Надалі подано деталізацію функцій, що реалізуються, у вигляді ієрархії функціональних блоків.

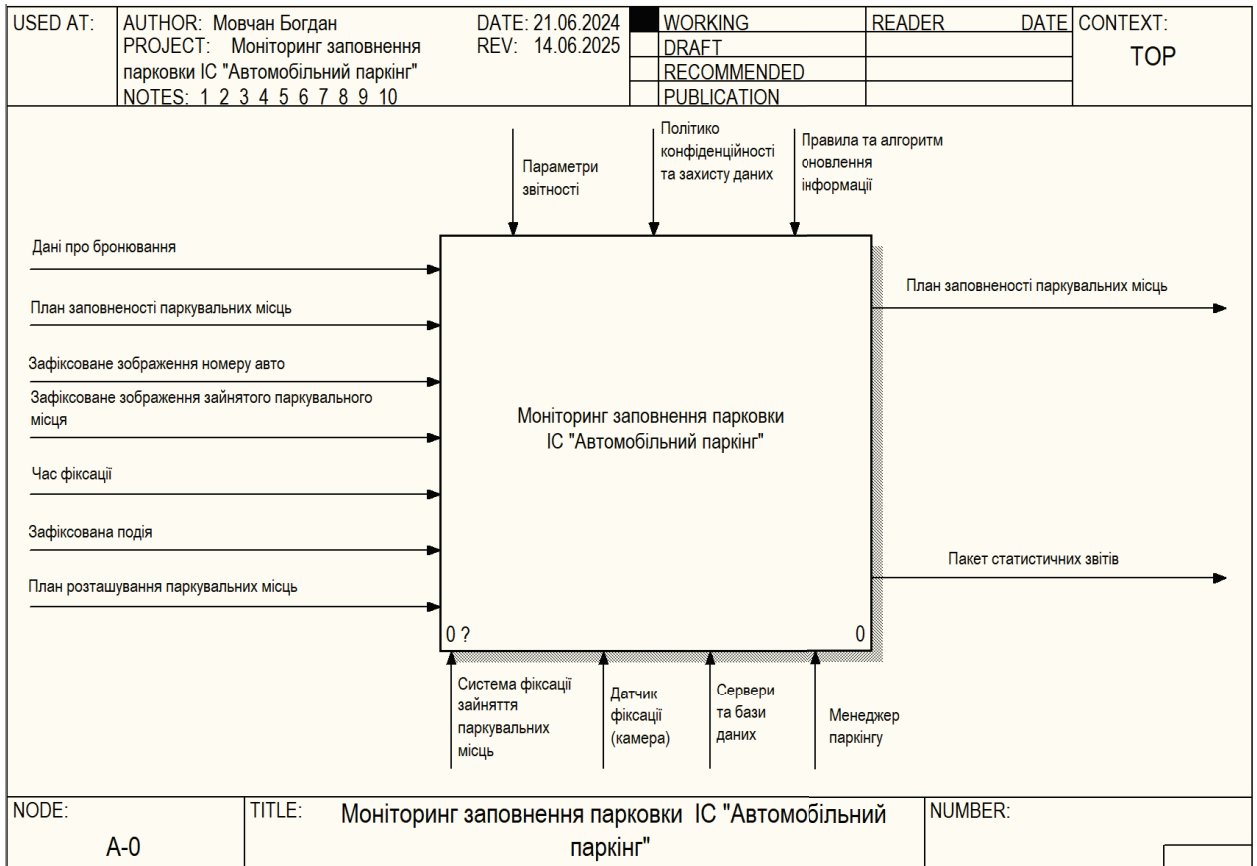


Рисунок 4.1 – Контекстна IDEF0 – діаграма сервісу моніторингу заповнення парковки ІС «Автомобільний паркінг»

Декомпозиція IDEF0 діаграми наведено на рисунку 4.2.

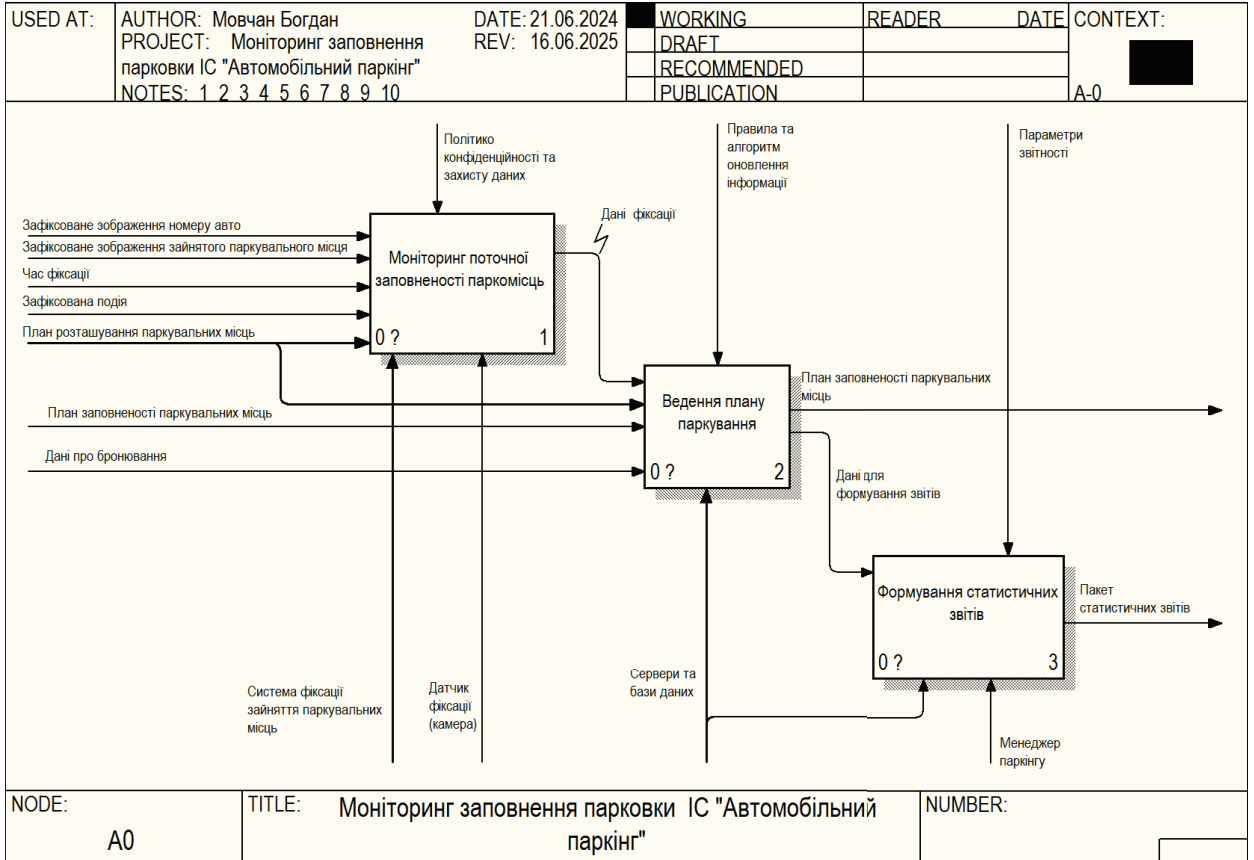


Рисунок 4.2 – IDEF0 - діаграма декомпозиції першого рівня сервісу моніторингу заповнення парковки ІС «Автомобільний паркінг»

На рисунках 4.3 – 4.5 наведено декомпозицію другого рівня функцій «Моніторинг поточної заповненості паркомісць», «Ведення плану паркування», «Формування статистичних звітів на основі накопичених даних» відповідно.

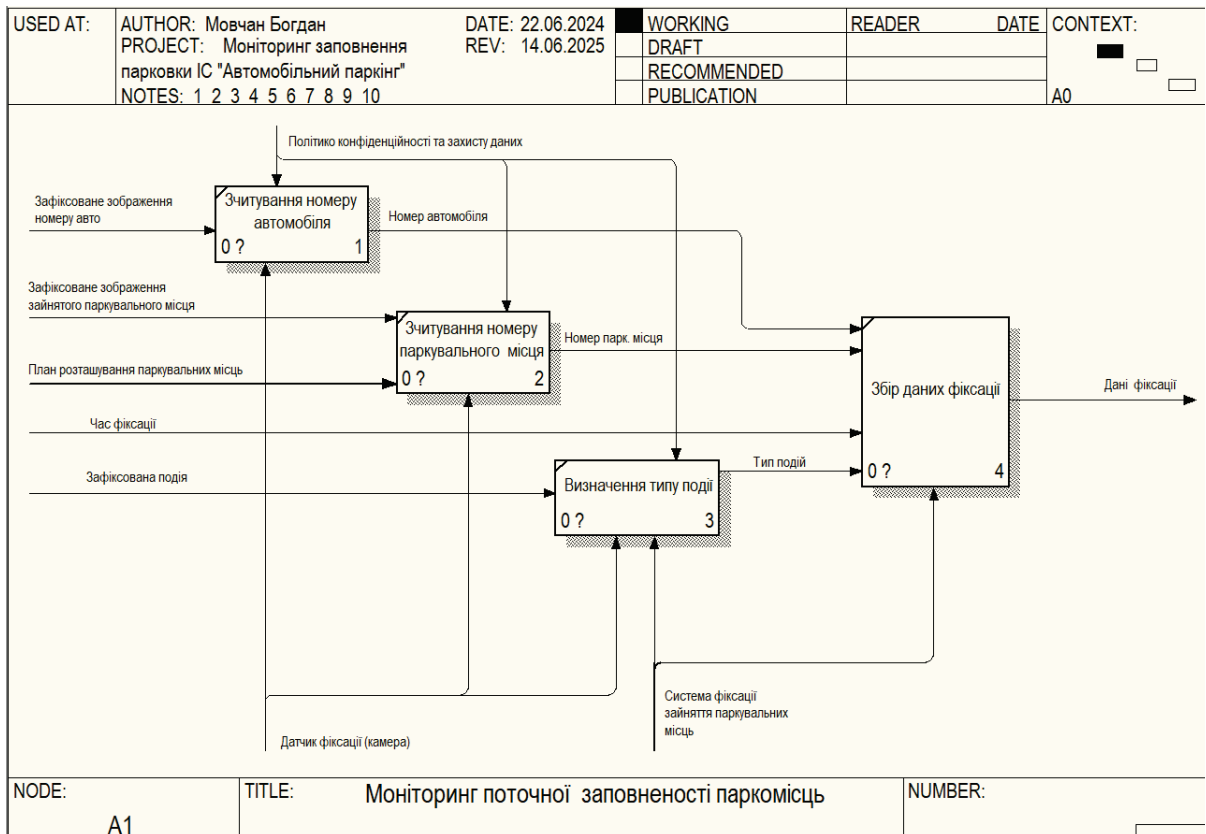


Рисунок 4.3 – IDEF0 - діаграма декомпозиції другого рівня функції
«Моніторинг поточної заповненості паркомісць»

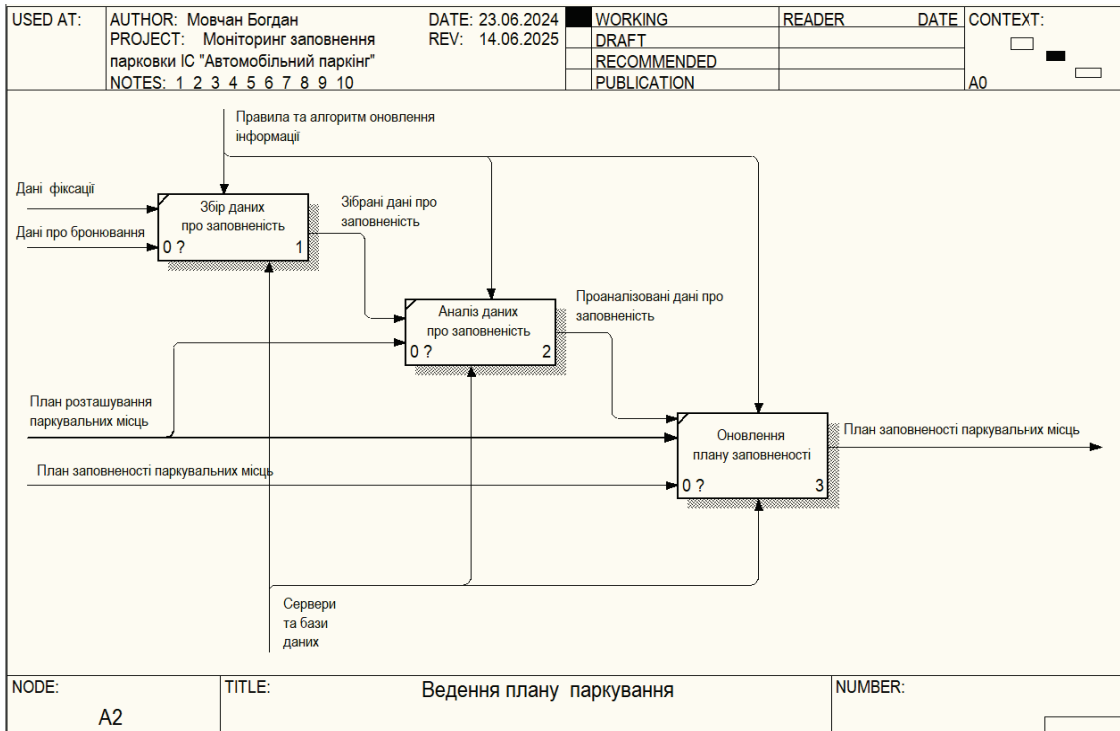


Рисунок 4.4 – IDEF0 - діаграма декомпозиції другого рівня функції «Ведення плану паркування»

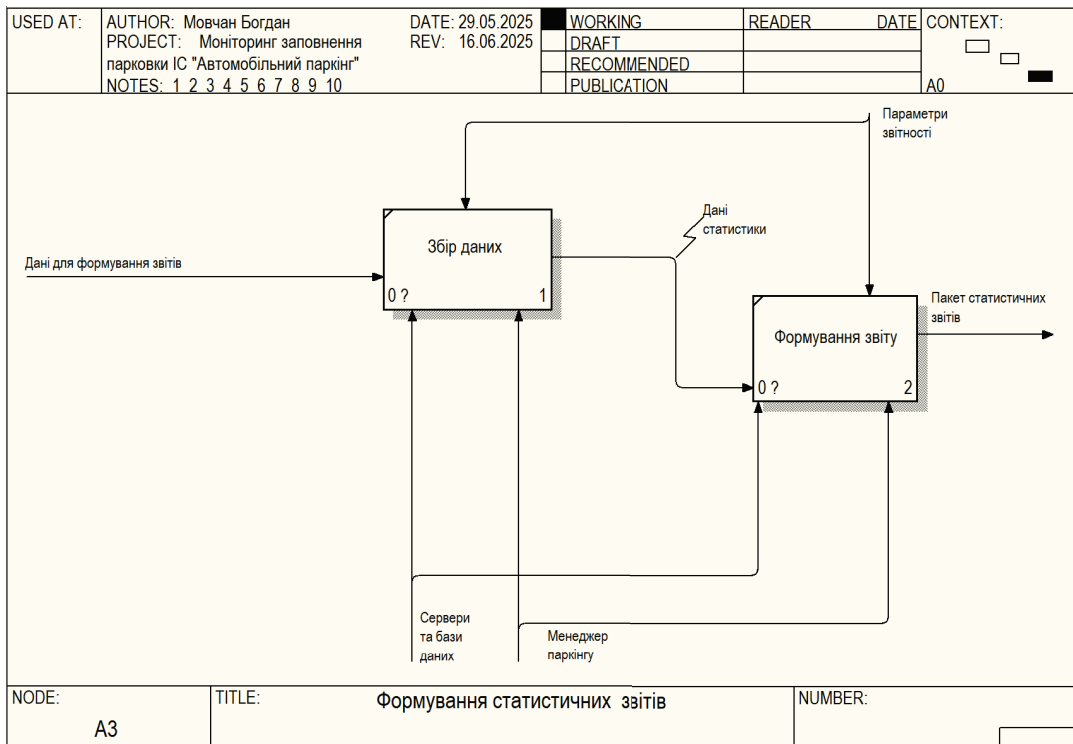


Рисунок 4.5 – IDEF0 - діаграма декомпозиції другого рівня функції «Формування статистичних звітів»

Для того щоб наочно відобразити потоки даних між основними компонентами інформаційної системи, зовнішніми сутностями та БД, побудуємо Data Flow Diagram (DFD) діаграму сервісу моніторингу заповнення парковки. Вона дозволяє представити, як відбувається обмін інформацією між користувачами, підсистемами та зовнішніми джерелами, а також як дані проходять через основні функціональні блоки системи.

На рисунках 4.6 та 4.7 зображено контекстну DFD-діаграму та її декомпозицію першого рівня, відповідно.

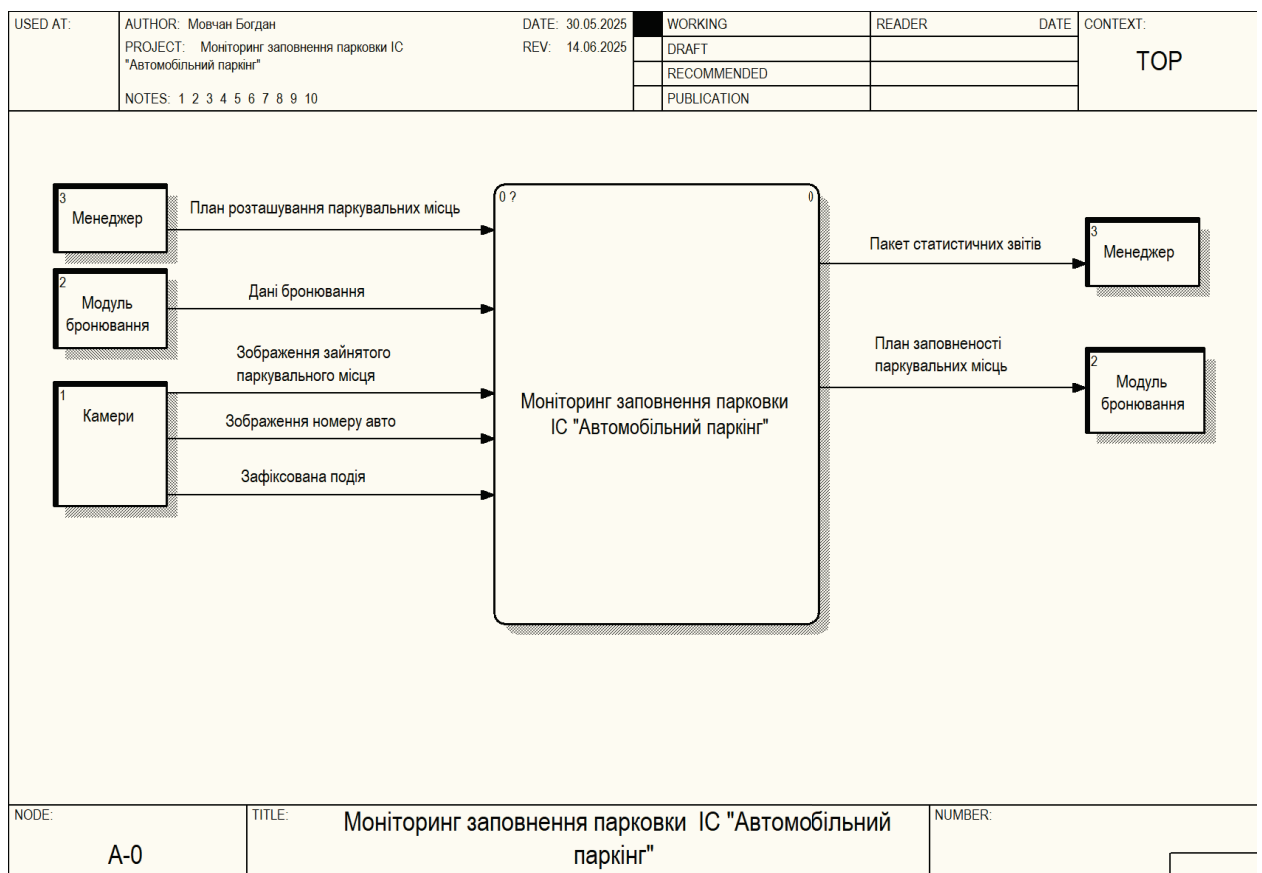


Рисунок 4.6 – Контекстна DFD– діаграма сервісу моніторингу заповнення парковки ІС «Автомобільний паркінг»

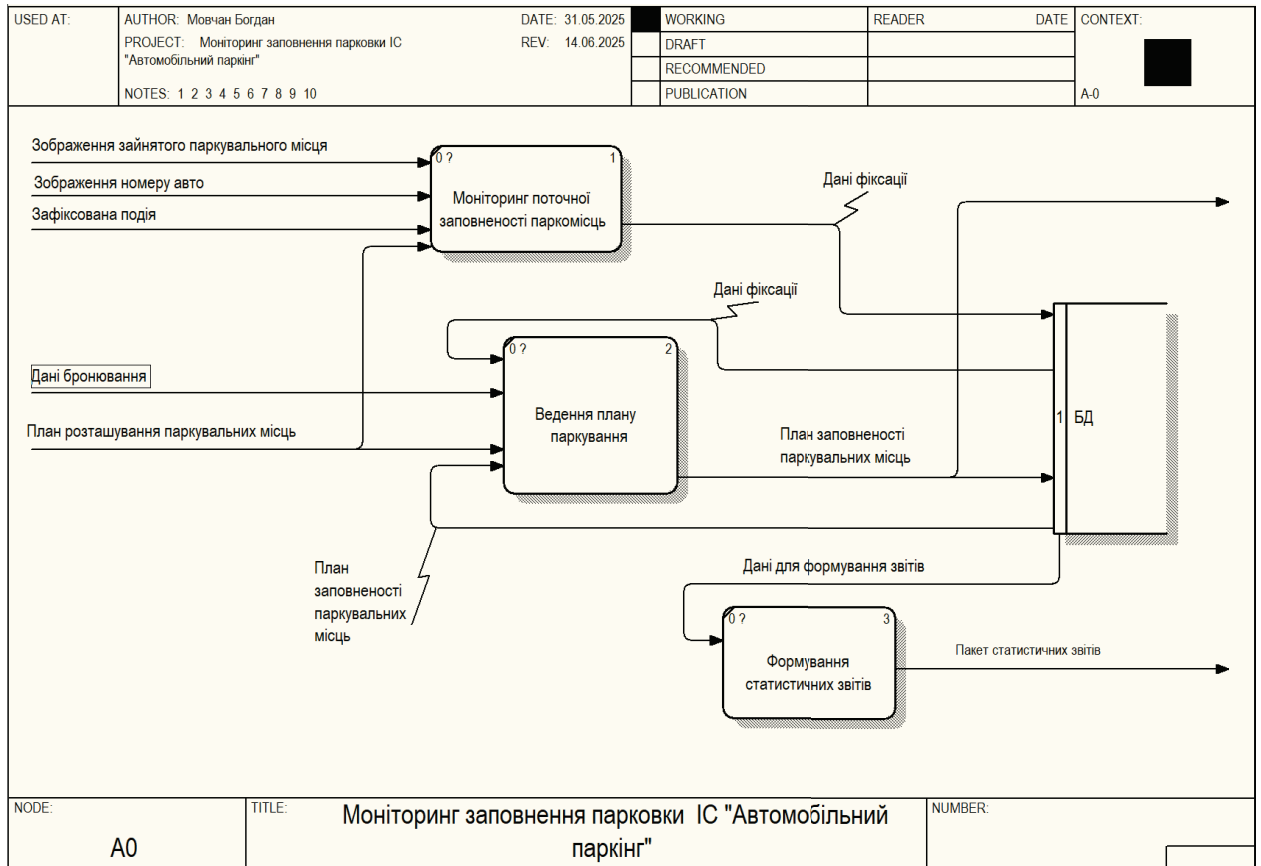


Рисунок 4.7 – діаграма декомпозиції першого рівня сервісу моніторингу заповнення парковки ІС «Автомобільний паркінг»

5 РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Проектування інформаційного забезпечення є одним з ключових етапів розробки будь-якої інформаційної системи. На цьому етапі визначаються основні сутності, з якими буде працювати система, встановлюються зв'язки між ними, а також формується логічна структура даних, яка надалі реалізується у вигляді БД.

Для побудови моделі даних ІТ-сервісу моніторингу заповнення паркінгу планується застосування методу сутність–зв'язок (ER-моделювання), що дозволяє наочно відобразити структуру інформаційних об'єктів, їх властивості та взаємозв'язки. Першим кроком є визначення ключових сутностей, які відповідають об'єктам предметної області – таким як фіксації подій, паркувальні місця, типи місць тощо. Визначені сутності майбутньої БД, їх опис та призначення наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Відомості про сутності розроблюваної БД

Ім'я сутності	Опис сутності	Призначення
Подія	Дані про типи подій, що відбуваються з паркувальними місцями	Довідкова таблиця, що містить типи подій
Порушення	Дані про типи можливих порушень правил паркування	Довідкова таблиця для класифікації типів порушень при паркуванні
Фіксація	Дані про зафіксовані події на паркувальних місцях	Містить дані про зайняття, звільнення місця, час події, номер авто, номер місця

Продовження таблиці 5.1

Паркувальне місце	Дані про паркомісце	Містить інформацію про паркомісця
Тип місця	Дані про категорію паркомісця	Довідкова таблиця, яка дозволяє класифікувати паркомісця

Після встановлення сутностей, можемо перейти до визначення зв'язків між ними. Всього існує чотири типи зв'язків: «один до одного», «багато до багатьох», «один до багатьох» та дзеркальний йому «багато до одного». В нашій БД між сутностями зв'язки тільки типу «один до багатьох». Відомості про зв'язки між сутностями в БД наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Відомості про зв'язки між сутностями

Перша сутність	Друга сутність	Зв'язок
Тип місця	Паркувальне місце	1:М
Паркувальне місце	Фіксація	1:М
Подія	Фіксація	1:М
Порушення	Фіксація	1:М

Після того, як зв'язки між сутностями встановлено, ми можемо перейти до опису атрибутів кожної із сутностей. Описи атрибутів для кожної з сутностей наведено у таблицях 5.3 – 5.7.

Таблиця 5.3 – Відомості про атрибути сутності «Подія»

Атрибут	Опис	Тип даних	NULL	Ключ
Подія_id	Унікальний ідентифікатор події	Number	Ні	РК
Назва події	Назва події	Varchar(50)	Ні	

Таблиця 5.4 – Відомості про атрибути сутності «Порушення»

Атрибут	Опис	Тип даних	NULL	Ключ
Порушення_id	Унікальний ідентифікатор порушення	Number	Ні	PK
Назва	Назва порушення	Varchar(100)	Ні	

Таблиця 5.5 – Відомості про атрибути сутності «Фіксація»

Атрибут	Опис	Тип даних	NULL	Ключ
Фіксація_id	Унікальний ідентифікатор фіксації	Number	Ні	PK
Подія_id	Посилання на тип події	Number	Ні	FK
Номер_місця	Посилання на паркувальне місце	Varchar(10)	Ні	FK
Дата_час	Дата та час фіксації	DateTime	Ні	
Номер_авто	Розпізнаний номер авто	Varchar(15)	Ні	
Порушення_id	Посилання на порушення	Number	Так	FK

Варто зазначити, що в таблиці 5.5 для атрибута «Порушення_id» сутності «Фіксація» допустиме значення NULL через те, що порушення при паркуванні не є постійною подією, відповідно запис у «Порушення_id» відбувається тільки при його наявності.

Таблиця 5.6 – Відомості про атрибути сутності «Паркувальне місце»

Атрибут	Опис	Тип даних	NULL	Ключ
Номер_місця	Унікальний номер паркомісця	Varchar(10)	Ні	PK
Тип_id	Посилання на тип паркомісця	Number	Ні	FK

Таблиця 5.7 – Відомості про атрибути сутності «Тип місця»

Атрибут	Опис	Тип даних	NULL	Ключ
Тип_id	Унікальний ідентифікатор типу місця	Number	Ні	PK
Назва	Назва типу	Varchar(50)	Ні	

На рисунках 5.1 та 5.2 наведено схеми логічної та фізичної моделей даних. Їх було виконано за допомогою CASE-засобу ERwin Data Modeler.

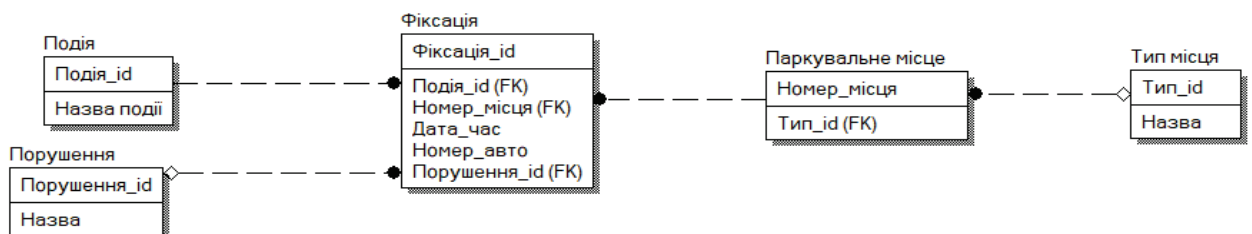


Рисунок 5.1 – Схема логічної моделі даних

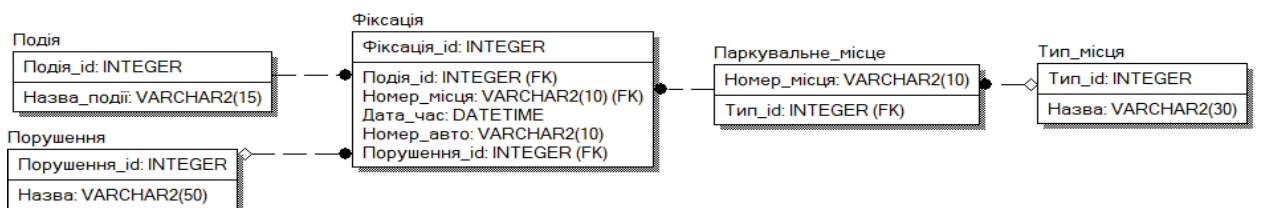


Рисунок 5.2 – Схема фізичної моделі даних

6 РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МАТЕМАТИЧНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

При виконанні функціональної задачі формування статистичних звітів таких, як: «Звіт про мертві зони», «Звіт про заповненість парковки», «Звіт про середньодобове завантаження паркінгу», «Звіт про пікові години завантаження» виконується статистичний аналіз отриманих даних. На основі розрахунків таких показників: частота використання паркомісця, заповненість паркувальних місць на заданий час, середньодобове завантаження паркінгу будуються відповідні графіки.

На основі сформованих звітів можна виявити пікові години навантаження, дні з найменшою або найбільшою активністю, так звані «мертві зони». Отримані результати відображаються у вигляді таблиць, діаграм чи графіків відповідно до заданих параметрів звітності.

6.1 Розрахунок частоти використання паркомісця

«Мертві зони» – це паркувальні місця, частота використання яких менша 10%. Для розрахунку частоти використання U треба знати проміжок часу, на якому ми її визначаємо, та сумарний час, на протязі якого паркувальне місце було зайняте. Формула розрахунку параметру частоти використання паркомісця U_i :

$$U_i = \frac{\sum_j^n (t_{\text{звільн}_{ij}} - t_{\text{зайняття}_{ij}})}{T_{\text{загальне}}} * 100\%,$$

де i – номер паркомісця;

$t_{\text{звільн}_{ij}}$ - час звільнення і-го місця j-ий раз, год.;

$t_{\text{зайняття}_{ij}}$ - час зайняття і-го місця j-ий раз, год.;

$T_{\text{загальне}}$ - загальна тривалість звітного періоду, год.

На основі розрахованих даних формується документ «Звіт про мертві зони».

6.2 Розрахунок заповненості паркувальних місць на заданий час

Формула розрахунку параметру заповненості паркувальних місць на заданий час t (O_t):

$$O_t = \frac{K_{\text{зайнято}}}{K_{\text{всього}}} * 100\%,$$

де $K_{\text{зайнято}}$ – кількість зайнятих місць на заданий час t ;

$K_{\text{всього}}$ – загальна кількість паркувальних місць.

На основі розрахованих даних формується документ «Звіт про заповненість парковки».

6.3 Розрахунок середньодобового завантаження паркінгу

Сумарний час зайнятості паркомісця за добу розраховується за формулою:

$$t_{\text{сум}id} = \sum_{j=1}^{n_{di}} (t_{\text{звільн}i_j} - t_{\text{зайняття}i_j}), \quad (6.1)$$

де $t_{\text{сум}id}$ – сумарний час зайнятості паркомісця i за добу d , год.

$t_{\text{звільн}i_j}$ - час звільнення i -го місця j -ий раз, год;

$t_{\text{зайняття}i_j}$ - час зайняття i -го місця j -ий раз, год;

d – порядковий номер дня у звітному періоді;

n_{di} – кількість сесій паркування на місці i , що відбулися протягом дня d .

Параметр середньодобового завантаження паркінгу O_d розраховується за формулою:

$$O_d = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{сум}id}}{m * t_d} * 100\%, \quad (6.2)$$

де O_d – середнє завантаження паркінгу за добу d , %;

d – порядковий номер доби у звітному періоді;

m – загальна кількість паркувальних місць;

i – номер паркомісця;

$t_{\text{сум}id}$ – сумарний час зайнятості паркомісця i за добу d , год;

$t_d = 24$ – кількість годин у добі, год.

На основі розрахованих даних формується документ «Звіт про середньодобове завантаження паркінгу». Цей звіт візуалізує, як змінювалося середнє завантаження паркінгу щодня протягом обраного періоду часу. Він реалізується у вигляді графіка, де по осі Y – відсоток завантаженості, а по осі X – час.

6.3.1 Приклад розрахунку середньодобового завантаження паркінгу.

Виконаємо розрахунки середньодобового завантаження паркінгу відповідно до формули 6.2. Припустимо, що є п'ять паркомісць та визначений період - п'ять діб (для зручності вказані конкретні дати). Попередньо розрахуємо сумарний час зайнятості кожного паркомісця за добу за формулою 6.1.

У якості вхідних даних виступає матриця сумарного часу зайнятості кожного паркомісця за добу (табл. 6.3.1). Дані надаються за п'ять діб.

Таблиця 6.3.1 – Матриця сумарного часу зайнятості кожного паркомісця за добу

№ паркомісця	Дата				
	1.06.2025	2.06.2025	3.06.2025	4.06.2025	5.06.2025
1	14	16	8	14	13
2	15	9	10	12	14
3	11	6	11	18	12
4	7	9	11	10	15
5	16	12	17	13	10

Виконаємо розрахунки за формулою (6.2):

$$O_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 (t_{\text{сум}i_1})}{5 * 24} * 100\% = \frac{14 + 15 + 11 + 7 + 16}{120} * 100\% = 52.5\%$$

$$O_2 = \frac{\sum_{i=1}^5 (t_{\text{сум}i_2})}{5 * 24} * 100\% = \frac{16 + 9 + 6 + 9 + 12}{120} * 100\% = 43.3\%$$

$$O_3 = \frac{\sum_{i=1}^5(t_{\text{сум}i_3})}{5 * 24} * 100\% = \frac{8 + 10 + 11 + 11 + 17}{120} * 100\% = 47.5\%$$

$$O_4 = \frac{\sum_{i=1}^5(t_{\text{сум}i_4})}{5 * 24} * 100\% = \frac{14 + 12 + 18 + 10 + 13}{120} * 100\% = 55.8\%$$

$$O_5 = \frac{\sum_{i=1}^5(t_{\text{сум}i_5})}{5 * 24} * 100\% = \frac{13 + 14 + 12 + 15 + 10}{120} * 100\% = 53.3\%$$

Отримавши необхідні точки, побудуємо графік середньодобового завантаження паркінгу. На рисунку 6.3.1 наведено графік середньодобового завантаження паркінгу.

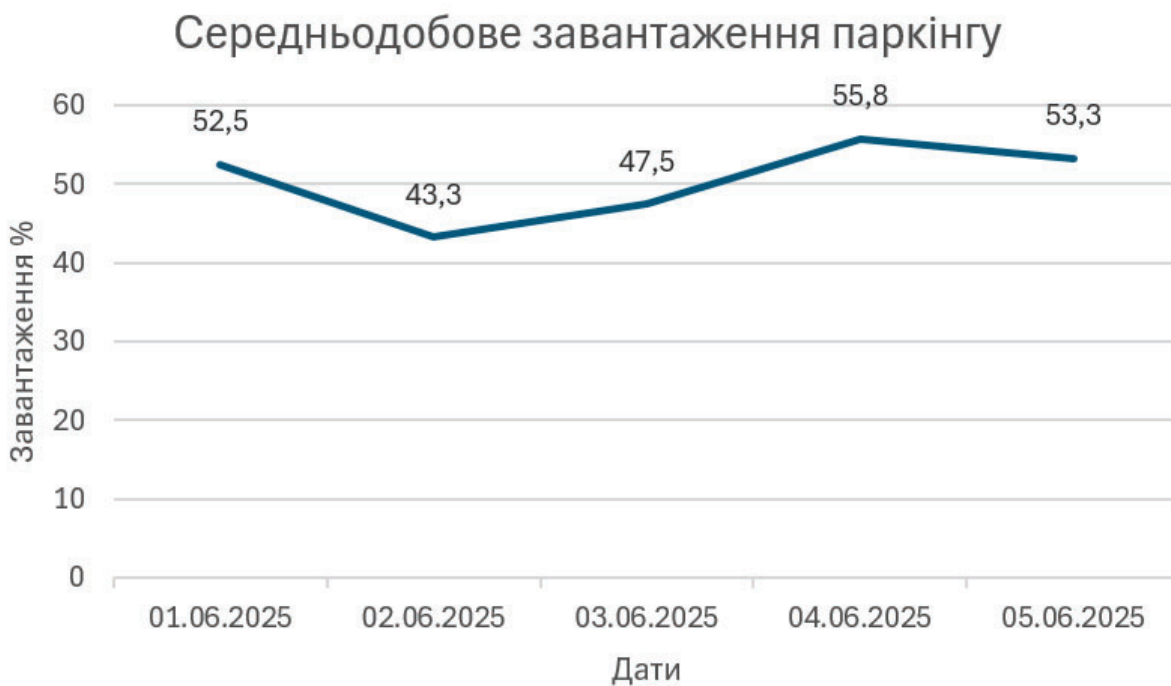


Рисунок 6.3.1 – Графік середньодобового завантаження паркінгу

6.4 Розрахунок заповненості паркінгу на задану годину

Формула для розрахунку середньої заповненості паркінгу на задану годину $O_{\text{сер_годинв_}h}$:

$$O_{\text{сер_годинв_}h} = \frac{\sum_{d=1}^D K_{\text{зайнято_}hd}}{D * K_{\text{всього}}} * 100\%,$$

де h – конкретна година доби;

d – день у звітному періоді;

D – загальна кількість днів у періоді;

$K_{\text{зайнято_}hd}$ - кількість зайнятих місць в годину h доби d .

На основі розрахованих даних формується документ «Звіт про пікові години завантаження». Звіт виявляє часові проміжки протягом доби, коли паркінг заповнений найбільше. Це критично важлива інформація для управління персоналом, планування технічного обслуговування паркінгу.

7 РОЗРОБКА USER EXPERIENCE (UX) ТА USER INTERFACE (UI) РІШЕНЬ

Основною метою розробки UX та UI рішень для IT-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» є створення інтерфейсу, який дозволить користувачам ефективно взаємодіяти із сервісом, отримувати необхідну інформацію та виконувати щоденні задачі без ускладнень. Розробка інтерфейсу виконується з урахуванням зручності, адаптивності, інтуїтивності та відповідності структурній логіці функціональних задач системи.

Спочатку визначимо персон цільової аудиторії та опишемо їх задачі. Основним користувачем системи буде менеджер паркінгу.

Менеджер паркінгу – це співробітник, що відповідає за загальне управління паркінгом. В його задачі входять:

- аналіз завантаження паркомісць;
- розподіл місць та розширення паркінгу;
- перевірка історії використання місць;
- прийняття управлінських рішень на підставі сформованих звітів.

Першим етапом проектування буде побудова блок-схеми переходів між екранами, яка демонструє основну навігаційну логіку. Вона визначає послідовність дій користувача, переходи між головною сторінкою, сторінкою перегляду статистичних звітів, а також допоміжними екранами (наприклад, екран входу). При цьому на схемі передбачено можливість переходу до сторінки налаштувань, хоча її реалізація не входить до основного функціоналу. На рисунку 6.1 зображено блок-схему переходів між екранами.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ПЕРЕХОДУ МІЖ ЕКРАНАМИ БЛОК-СХЕМА



Рисунок 7.1 – Блок-схема переходів між екранами

Далі визначаємо візуальний стиль інтерфейсу, який включає: палітру кольорів, підбрану з урахуванням вимог контрастності відповідно до Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) [3];

- стилі тексту для заголовків, підписів, основної інформації;
- набір іконок для візуального супроводу функціональних елементів.

Ці стилі формують візуальну основу інтерфейсу й дозволяють зберігати єдність оформлення на всіх екранах. На рисунку 6.2 представлено палітру кольорів, На рисунку 6.3 представлено текстові стилі та іконки.



Рисунок 7.2 – Палітра кольорів



Рисунок 7.3 – текстові стилі та іконки

Тепер створимо макети високого рівня деталізації. Ці макети найбільш повно відображають структура інтерфейсу, розташування інформації та розподіл елементів управління, даючи можливість детально розробити зовнішній вигляд застосунку. В них вже чітко визначені інформаційні блоки, розташування графіків, таблиць, кнопок та інших компонентів інтерфейсу.

На рисунках 6.4 – 6.6 наведено приклади екранів середнього рівня деталізації.

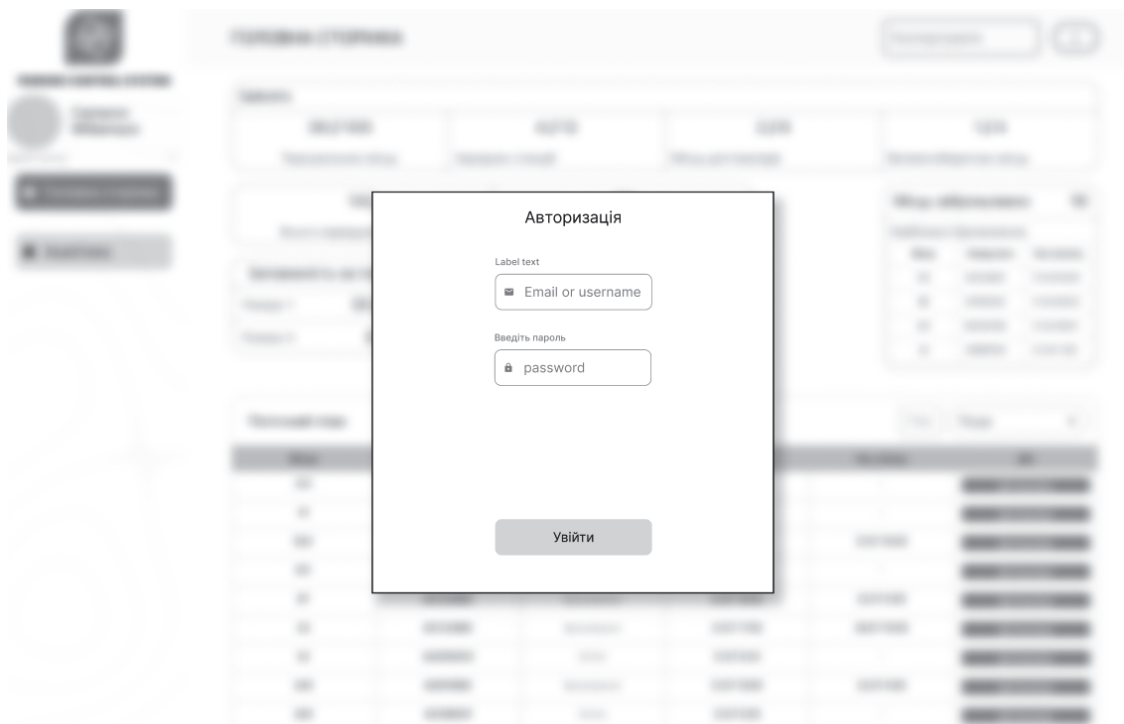


Рисунок 7.4 – Високий рівень деталізації екрану «Авторизація»

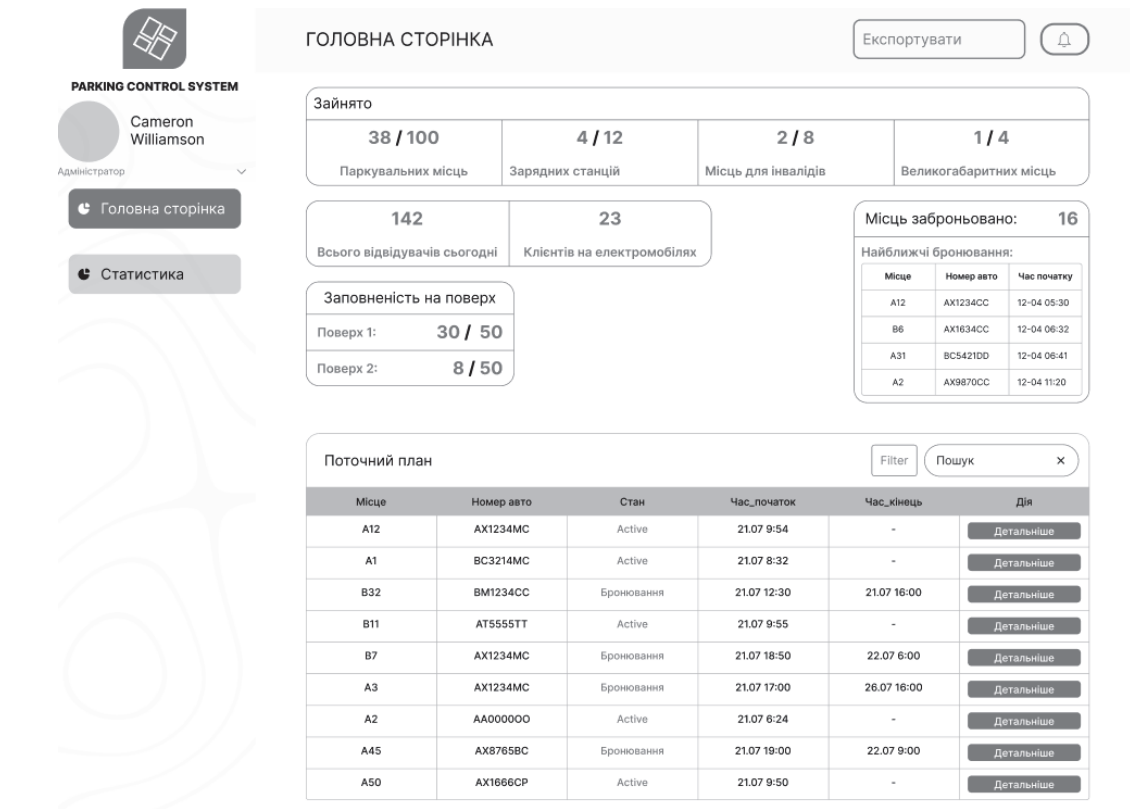


Рисунок 7.5 – Високий рівень деталізації екрану «Головна сторінка»



Рисунок 7.6 – Високий рівень деталізації екрану «Статистика»

Завершальним етапом є створення фінального UI-дизайну, реалізованого відповідно до затверджених стилів і логіки. Було підготовлено екран авторизації та два ключові екрани:

- головна сторінка, на якій розміщено основну статистичну інформацію про поточну заповненість паркінгу (зайняті місця, статус по категоріях, дані бронювання, план заповненості);
- сторінка статистики, що містить узагальнені статистичні звіти: графік заповненості парковки, таблицю простоїв авто, таблицю мертвих зон, а також гістограму пікових годин.

При розробці фінального дизайну враховувалися вимоги та принципи WCAG [3]. На рисунках 6.7 – 6.10 наведено приклади фінального дизайну інтерфейсу користувача.

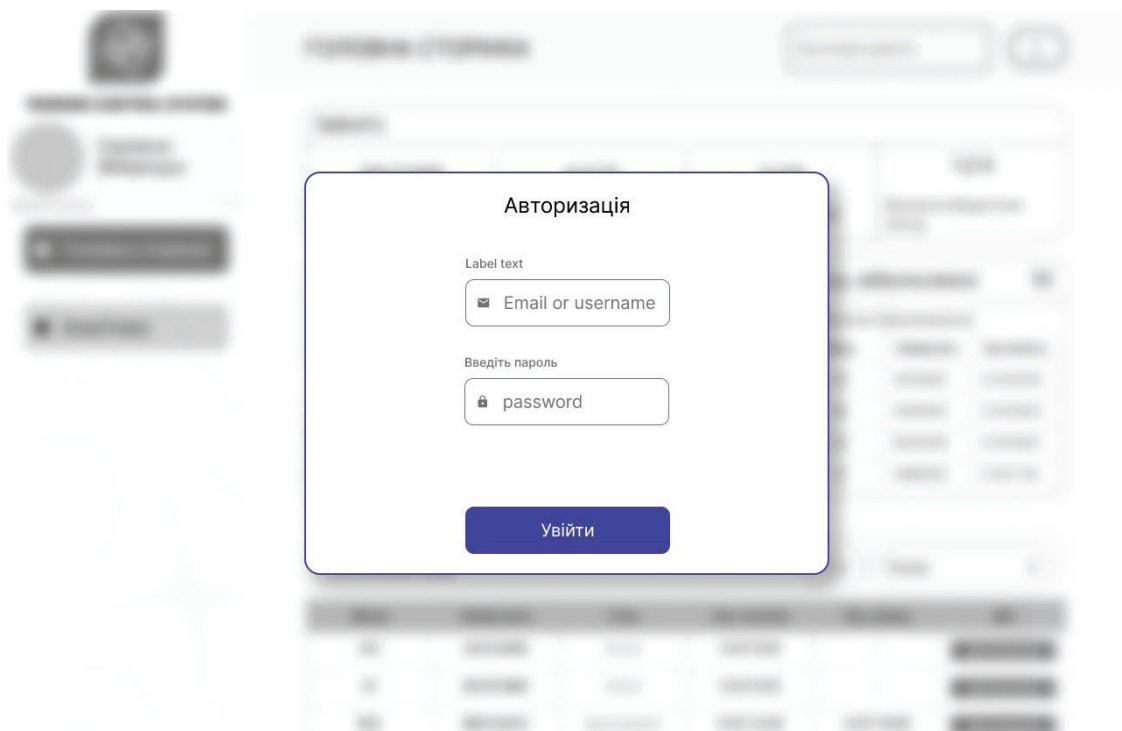



Рисунок 7.7 – Екранна форма авторизації

PARKING CONTROL SYSTEM

 Cameron Williamson
Адміністратор

Головна сторінка

Статистика

ГОЛОВНА СТОРІНКА

Експортувати



Зайнято

38 / 100

Паркувальних місць

4 / 12

Зарядних станцій

2 / 8

Місць для інвалідів

1 / 4

Великогабаритних місць

142

Всього відвідувачів сьогодні

23

Клієнтів на електромобілях

Заповненість на поверх

Поверх 1: 30 / 50

Поверх 2: 8 / 50

Місць заброньовано: 16

Найближчі бронювання:

Місце	Номер авто	Час початку
A12	AX1234CC	12-04 05:30
B6	AX1634CC	12-04 06:32
A31	BC5421DD	12-04 06:41
A2	AX9870CC	12-04 11:20

Поточний план

Filter

Пошук



Місце	Номер авто	Стан	Час_початок	Час_кінець	Дія
A12	AX1234MC	Active	21.07 9:54	-	Детальніше
A1	BC3214MC	Active	21.07 8:32	-	Детальніше
B32	BM1234CC	Бронювання	21.07 12:30	21.07 16:00	Детальніше
B11	AT5555TT	Active	21.07 9:55	-	Детальніше
B7	AX1234MC	Бронювання	21.07 18:50	22.07 6:00	Детальніше
A3	AX1234MC	Бронювання	21.07 17:00	26.07 16:00	Детальніше

Рисунок 7.8 – Екранна форма «Головна сторінка»



Рисунок 7.9 – Екранна форма «Статистика»

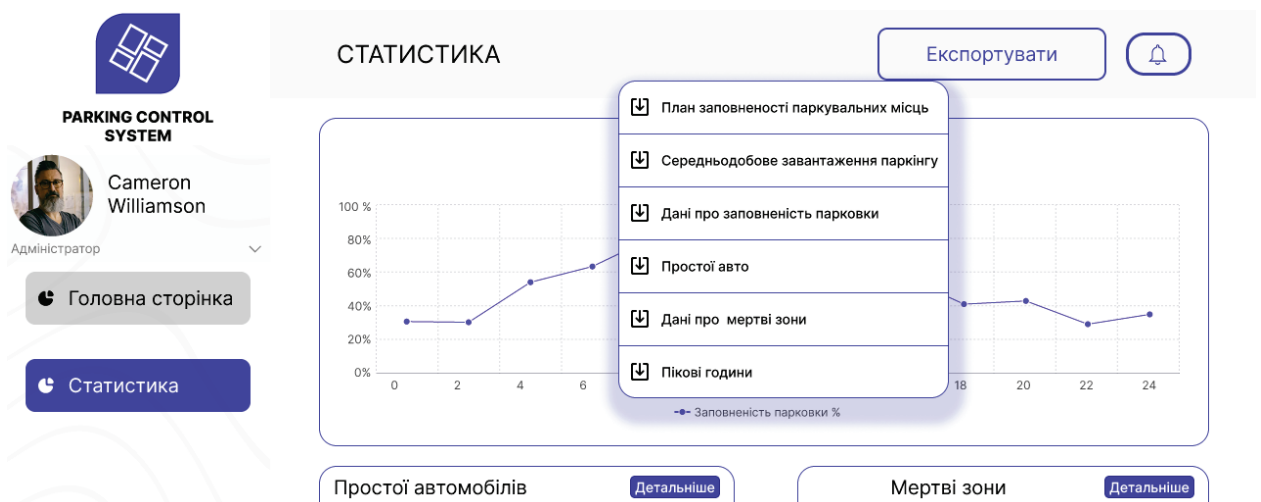


Рисунок 7.10 – Екранна форма меню «Експортувати»

8 РОЗРОБКА Й ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Реалізація IT-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» пропонується у вигляді веб-застосунку із класичною тривірневою архітектурою: клієнт – сервер – база даних.

Для розробки клієнтської частини веб-застосунку запропоновано використання HyperText Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) і JavaScript (JS), зокрема із застосуванням фреймворку React. Для точного перенесення інтерфейсу з дизайнерського макета, створеного у Figma, використовуватимемо спеціалізовані інструменти Figma-to-code, а саме Anima та Figma-to-React. Вони дозволяють експортувати готові компоненти у вигляді HTML/CSS/JS або React-коду з максимальною точністю відповідно до дизайну, що був затверджений у процесі UX/UI проектування. Завдяки такому підходу, сторінки, дизайн яких розроблений у Figma, збережуть свій вигляд таким, як і в фінальній версії.

Серверну частину пропонується реалізувати із застосуванням Node.js, що дозволить виконувати JavaScript на боці сервера та забезпечує асинхронну обробку запитів. Це особливо важливо для сервісу, тому, що обробляє дані про події (в'їзди/виїзди автомобілів, бронювання, виявлення порушень). Взаємодія між клієнтом і сервером буде відбуватися за допомогою REST Application Programming Interface (API).

Як систему управління базою даних (СУБД) використаємо PostgreSQL, що підтримує складні реляційні структури та дозволяє створювати віртуальні подання, що будуть використовуватись для формування плану заповненості паркувальних місць [8].

Основна логіка сервісу полягає в обробці інформації, що надходить від систем фіксації та бронювання, підтримки в актуальному стані плану

заповнення, а також формуванні статистичних звітів на основі накопичених даних.

Для реалізації системи використовуватимемо середовище розробки Visual Studio Code, що забезпечує підтримку фронтенд- і бекенд-технологій та інтеграцію з системами контролю версій (Git).

На рисунках 8.1–8.8 наведено приклади екранних форм документів, що генерує система, зокрема: «Звіт про фіксацію», «Звіт про прості автомобілів», «Звіт про мертві зони», «Звіт про порушення», «Звіт про заповненість парковки», «План заповненості паркувальних місць», «Звіт про середньодобове завантаження», «Звіт про пікові години навантаження»


 PARKING CONTROL SYSTEM	ЗВІТ ПРО ФІКСАЦІЮ
Фіксація № 1833	
Дата та час:	10.06.2025 14:21:40
Подія:	Зайняття місця
Номер місця:	A14
Номер транспортного засобу:	AA4332BX

Рисунок 8.1 – Приклад документу «Звіт про фіксацію»



**PARKING CONTROL
SYSTEM**

ЗВІТ ПРО ПРОСТОЇ АВТОМОБІЛІВ


Дата та час звернення: 10.06.2025 18:40

Таблиця простоїв транспортних засобів

Номер місця	Номер атовомобіля	Час простою
A21	AA1234BB	75 год 32 хв
A1	AB3456BC	54 год 59 хв
A56	AX1865AC	53 год 25 хв
B12	BX3455BC	53 год 20хв
A12	AX6666BB	49 год
B36	AX7667EE	41 год 1 хв

Всього простоїв > 40 год: 6

Рисунок 8.2 – Приклад документу «Звіт про простої автомобілів»



**PARKING CONTROL
SYSTEM**

ЗВІТ ПРО МЕРТВІ ЗОНИ

Дата та час звернення: 10.06.2025 18:47

Таблиця найменш популярних паркувальних місць

Номер місця	Частота використання %	Статус
B48	6	Мертва зона
B49	8	Мертва зона
B51	8	Мертва зона
A60	9	Мертва зона
A53	11	Низька активність
A59	15	Низька активність
A55	21	Низька активність

Всього мертвих зон (коэф.<10): **6**

Всього місць з низькою активністю (коэф.<25): **3**

Час спостереження: **20.04.2025 - 20.05.2025**

Рисунок 8.3 – Приклад документу «Звіт про мертві зони»


 PARKING CONTROL SYSTEM	ЗВІТ ПРО ПОРУШЕННЯ
Порушення № 123	
Фіксація №	1210
Номер транспортного засобу:	AA4332BX
Номер місця:	A14
Тип порушення:	Зайняття заброньованого місця
Бронювання №	376
Дата та час:	10.06.2025 14:21:40

Рисунок 8.4 – Приклад документу «Звіт про порушення»

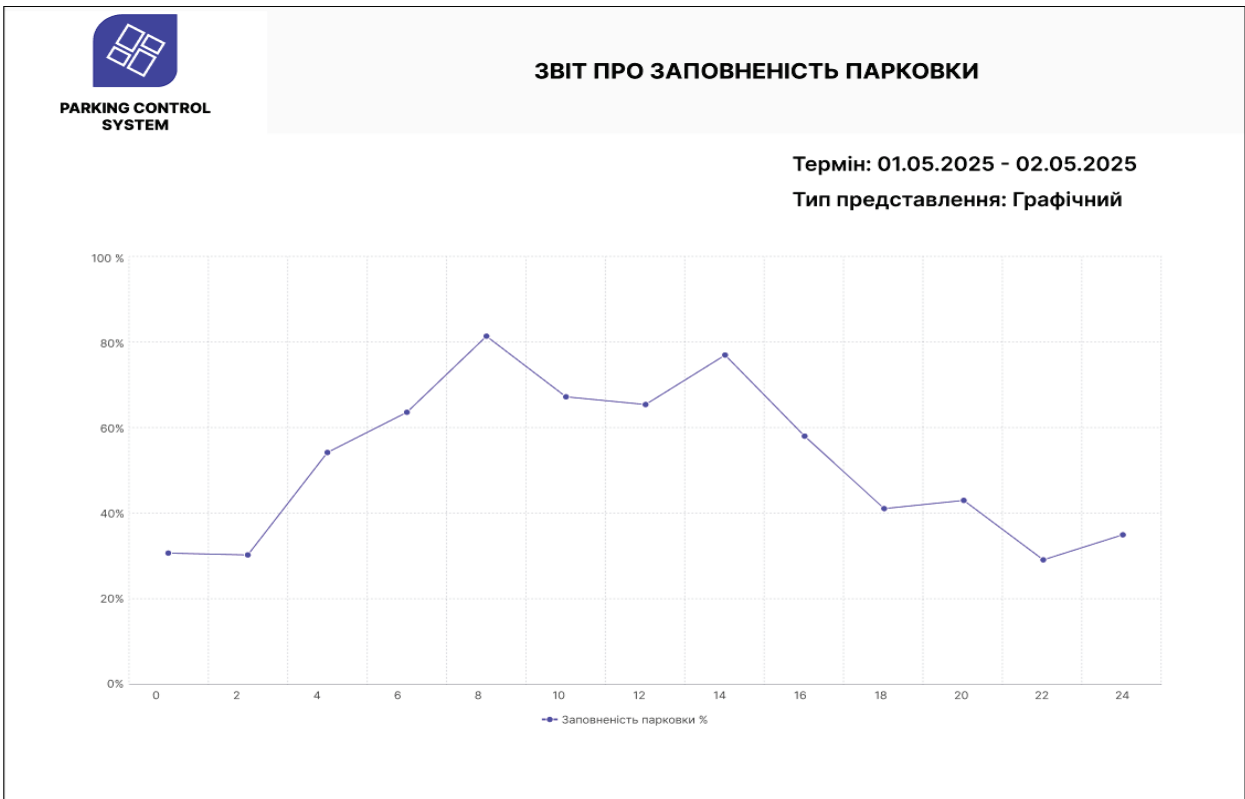


Рисунок 8.5 – Приклад документу «Звіт про заповненість парковки»



Рисунок 8.6 – Приклад документу «План заповненості паркувальних місць»

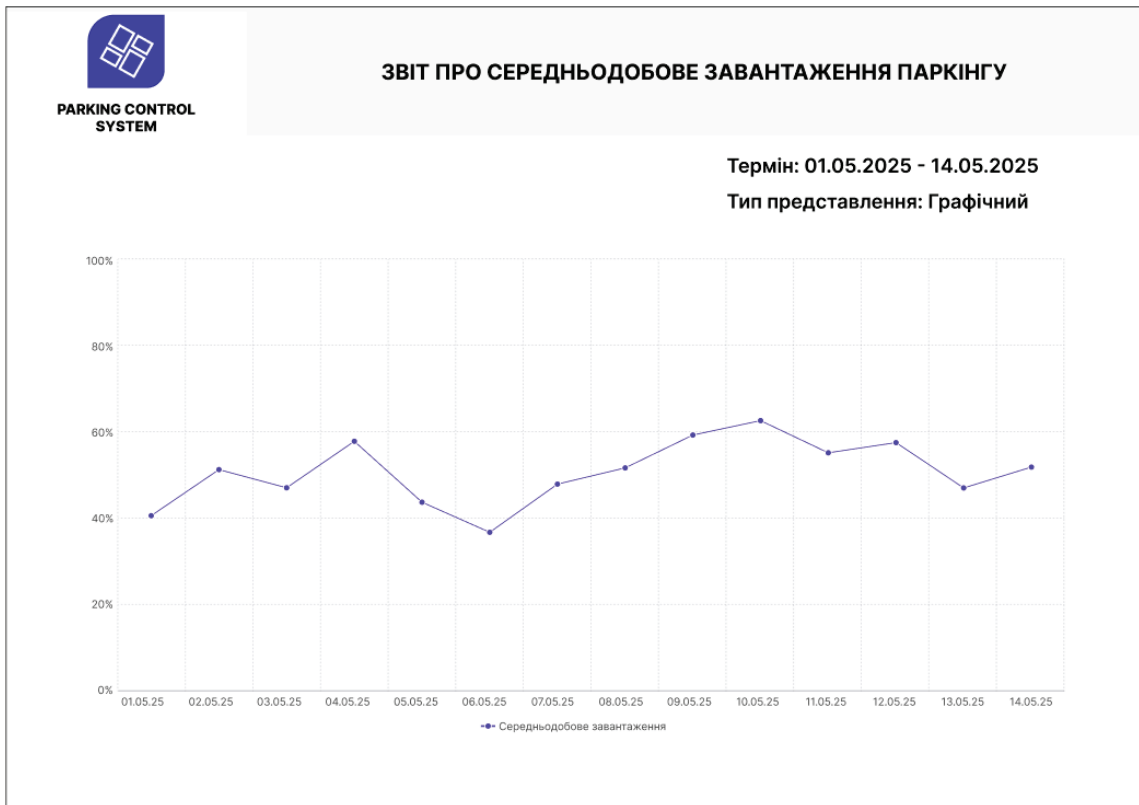


Рисунок 8.7 – Приклад документа «Звіт про середньодобове завантаження»



Рисунок 8.8 – Приклад документа «Звіт про пікові години завантаження»

9 РОЗРОБКА Й ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНІЧНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

Для забезпечення безперебійної роботи ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» необхідно сформувавши відповідне технічне середовище, яке включає мережеву інфраструктуру, серверне обладнання, відеоспостереження та користувацькі пристрої. Система використовує класичну клієнт-серверну архітектуру, у якій всі обчислювальні навантаження, пов'язані з обробкою подій, зображень та формуванням статистики, виконуються на центральному сервері. Камери відеоспостереження встановлюються на території паркінгу таким чином, щоб кожне паркомісце перебувало в полі зору щонайменше однієї камери. З отриманого зображення система виконує розпізнавання державного номерного знаку та визначає подію (зайняття або звільнення місця) за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору. Основні компоненти технічного забезпечення:

- камери відеоспостереження – забезпечують передачу зображення у реальному часі до сервера, роздільна здатність не нижче Full HD (1920×1080) для якісного розпізнавання номерних знаків та номерів місць, повинні мати функцію зйомки в темноті та підтримку мережевого підключення;

- мережеве обладнання – комутатори, маршрутизатори, Power over Ethernet (PoE) – інжектори для живлення камер і забезпечення передачі відеопотоку;

- сервер обробки даних – виконує всі ключові функції, включно з розпізнаванням номерних знаків, аналізом подій, оновленням плану заповненості, збереженням інформації в БД та формуванням статистичних звітів, він повинен мати не багатоядерний процесор (8 і більше), оперативна пам'ять (ОЗП) від 32 гігабайт, накопичувач від 2 терабайт, відеокарту з підтримкою CUDA;

– резервне живлення (Uninterruptible Power Supply UPS): для безперервної роботи у випадку перебоїв із електропостачанням;

робоче місце користувача – персонал взаємодіє із системою через звичайні ПК або ноутбуки з сучасними браузерами, для їх роботи достатньо комп'ютерів із 8 ГБ ОЗП, Solid-State Drive (SSD) диском і стабільним інтернет-з'єднанням.

На рисунку 8.1 наведено узагальнену структурну схему технічного забезпечення ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки».

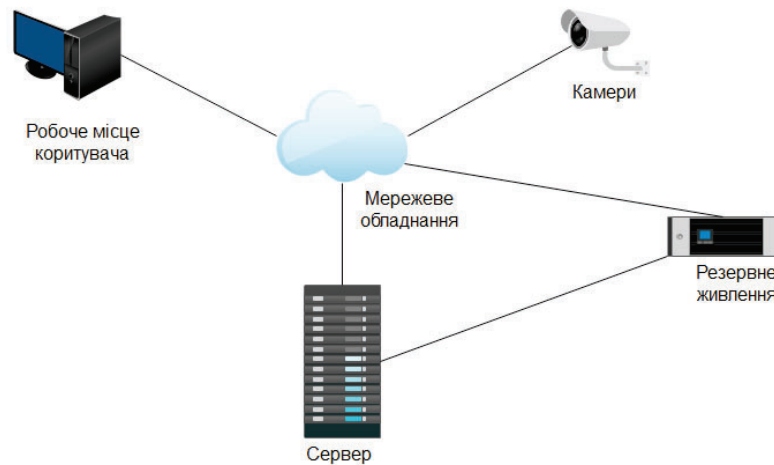


Рисунок 9.1 - Схема технічного забезпечення ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки»

10 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ

Для забезпечення ефективного функціонування сервісу «Моніторинг заповнення парковки» в умовах реального середовища необхідно дотримуватись певної послідовності дій під час впровадження, а також забезпечити відповідні умови для його експлуатації. Етап впровадження передбачає виконання таких ключових кроків:

- інсталяція програмного забезпечення на сервер, налаштування середовища виконання (Node.js, PostgreSQL, веб-сервер);
- налаштування БД, зокрема створення необхідних таблиць, зв'язків і представлень, відповідно до розробленої інформаційної моделі;
- розгортання клієнтської частини застосунку на персональних комп'ютерах;
- підключення камер відеоспостереження, їх розміщення на території паркінгу згідно з проектною документацією та налаштування відеопотоку;
- тестування розпізнавання подій і номерних знаків, перевірка коректності фіксації зайнятості місць;
- інтеграція з зовнішніми модулями, зокрема з системою бронювання (для приймання даних про актуальні бронювання);
- навчання персоналу паркінгу (менеджера) роботі з системою, включно з переглядом плану заповнення, статистики та формуванням звітів.

Сервіс розробляється для застосування на паркінгах міських торгово-розважальних центрів, офісних будівель, аеропортів та інших об'єктів із великим потоком транспорту. Впровадження дасть можливість покращити рівень використання паркомісць, розвантажити міські вулиці, покращити обслуговування клієнтів та забезпечити точний аналіз завантаження паркінгу

для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Система перебуває у вигляді прототипу і готова до переходу в стадію розробки.

Експлуатація системи передбачає:

- цілодобову роботу сервісу в автоматичному режимі з періодичним втручанням персоналу для перегляду статистики, оновлення налаштувань та контролю за інцидентами;
- регулярне резервне копіювання даних подій фіксації, бронювань і звітів для запобігання втраті інформації у разі збоїв;
- моніторинг стабільності серверного обладнання, навантаження на систему та стану накопичених даних;
- оновлення програмного забезпечення за потреби для усунення виявлених недоліків та впровадження нових функцій.

При дотриманні наведених рекомендацій, після розробки, сервіс може бути ефективно впроваджений у роботу паркінгу будь-якого масштабу та адаптований під особливості конкретної інфраструктури. Надалі його можна буде масштабувати або інтегрувати з зовнішніми системами (наприклад, системою оплати).

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи успішно виконано завдання розробки IT-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» ІС «Автомобільний паркінг». При виконанні завдання проведено детальний аналіз предметної області, досліджено існуючі проблеми ручного керування паркінгами та проаналізовано сучасні технологічні рішення.

В рамках кваліфікаційної роботи вирішені такі завдання:

- розроблена функціональна архітектура та змодельована за допомогою методологій IDEF0 та DFD;
- розроблено інформаційне забезпечення у вигляді логічної та фізичної моделей даних;
- розроблено математичне забезпечення, що містить розрахунки ключових показників оцінки заповненості паркінгу;
- продумано UX/UI рішення, що забезпечують інтуїтивно зрозумілий та функціональний інтерфейс ;
- обґрунтовано пропозиції щодо програмного та технічного забезпечення, що включають трирівневу архітектуру «клієнт-сервер-БД» та перелік необхідного обладнання для реалізації системи.

В порівнянні з аналогами сервіс показує конкурентоспроможність. На відміну від існуючих українських рішень, як-от LoRa-система, що фіксує лише факт зайнятості місця без ідентифікації ТЗ, або SMART PARKING, орієнтованого переважно на контроль порушень у міській інфраструктурі, запропонований сервіс надає комплексний функціонал. Порівняно з іноземним аналогом Parklio Detect, розробка має значно меншу вартість впровадження завдяки використанню наявних камер та обробці даних на власному сервері, а також пропонує ширші можливості для ведення статистики та інтеграції.

Новизна розробки полягає у комплексній архітектурі, що поєднує відеоаналітику, інтеграцію з даними бронювання та розширений статистичний аналіз в єдиній системі. Соціально-економічна значущість роботи полягає у потенційному підвищенні ефективності використання паркувального простору, зниженні транспортного навантаження на вулиці, зменшенні витрат на персонал та наданні інструментів для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

В подальшому можливе розширення функціонала сервісу шляхом інтеграції з модулем оплати, розробки мобільного застосунку для водіїв та впровадження аналітичного функціоналу, що зможе передбачувати заповненість та надавати рекомендації користувачам. Наразі система перебуває у стані прототипу і повністю готова до переходу на етап розробки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 5 Urban Parking Problems and their Smart Solutions URL: <https://parklio.com/en/blog/5-urban-parking-problems-and-their-smart-solutions> (дата звернення: 08.06.2025).
2. Шеховцова, В. І., Малькова, І. А., Потапенко, А. О., & Клименко, Д. А. (2024). Інформаційна технологія обґрунтування та формування ціннісної пропозиції. *АСУ та прилади автоматизику*, 1(183), 46–61. <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.183.046>
3. Настанови з доступності вебвмісту (WCAG) URL: <https://www.w3.org/Translations/WCAG21-ua/> (дата звернення: 08.06.2025).
4. Розумні парковки URL: <https://iotji.io/solutions/rozumni-parkovky/> (дата звернення: 13.06.2025).
5. Розумний паркінг URL: <https://ipcom.ua/smart-parking> (дата звернення: 13.06.2025).
6. DETECT - PARKING OCCUPANCY DETECTION AUTOMATIC PARKING SPACE DETECTION SYSTEM URL: <https://parklio.com/en/parking-solutions/detect> (дата звернення: 13.06.2025).
7. Малькова І.А., Мовчан Б.Ю. Розробка ІТ-сервісу «Моніторинг заповнення парковки» інформаційної системи «Автомобільний паркінг». The Future of Science, Technology and Economy. Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. June 11–13, 2025. Sofia, Bulgaria. 172-175 p. DOI: <https://doi.org/10.70286/isu-11.06.2025>
8. Малькова І.А., Макеєнко В.С. Метод автоматизованої побудови бази знань інформаційної системи процесного управління // АСУ та прилади автоматизику. 2024. № 181. С. 50-62. DOI: <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.181.050>