

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА
АКАДЕМІЯ»

Кафедра інформатики факультету інформатики



**РОЗРОБКА СЕРВІСУ ВИЗНАЧЕННЯ ВІЛЬНИХ МІСЦЬ ДЛЯ
ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ
ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ**

**Курсова робота
за спеціальністю „Комп’ютерні науки” 122**

Керівник курсової роботи
к. ф.-м. н. Ющенко Ю.О.

_____ (підпис)
“ ____ ” _____ 2022 р.

Виконав студент
Крещенко Т.О.
“ ____ ” _____ 2022 р.

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЄВО-МОГИЛЯНСЬКА АКАДЕМІЯ»
Кафедра інформатики факультету інформатики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри інформатики,
доцент, к. ф.-м. н.
_____ Гороховський С.С.
(підпис)
“ ____ ” _____ 2021 р.

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
на курсову роботу

студенту Крещенку Тарасу Олександровичу факультету інформатики 5-го
курсу

ТЕМА Розробка сервісу визначення вільних місць для паркування автомобілів
з використанням технології глибинного навчання

Зміст ТЧ до курсової роботи:

Індивідуальне завдання
Календарний план виконання роботи
Анотація
Вступ
1 Актуальність проблеми паркування
2 Розробка алгоритму розпізнавання зайнятості паркомісць
3 Розробка архітектури системи
Висновки
Список літератури
Додатки

Дата видачі “ ____ ” _____ 2021 р. Керівник _____
(підпис)

Завдання отримав _____
(підпис)

Тема: Розробка сервісу визначення вільних місць для паркування автомобілів з використанням технології глибинного навчання

Календарний план виконання роботи:

№ п/п	Назва етапу курсової роботи	Термін виконання етапу	Примітка
1.	Отримання теми курсової роботи	15.10.2021	
2.	Дослідження та аналіз літератури	10.01.2022	
3.	Написання першого розділу	01.03.2022	
4.	Аналіз способів реалізації системи	15.05.2022	
5.	Написання другого та третього розділів	01.06.2022	
6.	Корегування роботи згідно із зауваженнями керівника	10.06.2022	

Студент Крещенко Т.О.

Керівник Ющенко Ю.О.

“ ”

Зміст

Анотація	5
Вступ.....	6
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ПАРКУВАННЯ	7
1.1 Зростаючий тренд використання автомобілів.....	7
1.2 Важливість паркувальних майданчиків у сучасній транспортній інфраструктурі.....	7
1.3 Стан паркувальної інфраструктури в Україні.....	8
1.4 Ідея та корисність запропонованого застосунку.....	9
2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗАЙНЯТОСТІ ПАРКОМІСЦЬ	11
2.1 Загальний опис	11
2.2 Розпізнавання авто на зображенні.....	11
2.3 Автоматичне визначення розташування паркомісць	12
2.4 Визначення зайнятості паркомісця	13
3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ	14
3.1 Серверна частина	14
3.2 Клієнтська частина для водіїв.....	14
3.3 Клієнтська частина для адміністраторів.....	15
3.4 Загальна архітектура.....	15
Висновки	16
Список Використаної Літератури	17
Додаток А Перелік прийнятих скорочень	18

Анотація

У роботі розглянуто проблему паркування в великих містах, запропоновано систему розпізнавання вільних місць на паркувальних майданчиках з використанням комп'ютерного зору. Розроблено алгоритм визначення зайнятості паркомісць, а також розроблено архітектуру системи.

Ключові слова: глибинне навчання, комп'ютерний зір, Mask R-CNN, паркування

Вступ

В сучасному світі, де практично в кожній сім'ї є свій автомобіль, проблема паркування відіграє надзвичайно важливу роль. Паркування є одним з найважливіших факторів у сучасній транспортній інфраструктурі, адже воно дозволяє економити час життя водіїв та пасажирів, підвищувати рівень комфорту та безпеки поїздок. В Україні це питання є особливо актуальним, оскільки саме зараз ми проходимо через процес вдосконалення нашої паркувальної інфраструктури.

Метою курсової роботи є проаналізувати актуальність проблеми паркування у світі та в Україні, запропонувати систему, що в реальному часі визначає зайнятість паркувальних місць, визначити її доцільність, розробити алгоритм глибинного навчання, що використовувався б в системі, та розробити архітектуру системи.

Робота складається з трьох розділів.

У першому розділі проаналізовано проблему паркування та доведено її актуальність. Проаналізовано корисність і доцільність запропонованої системи.

В другому розділі описано алгоритм розпізнавання зайнятості паркомісць, запропоновано варіанти його реалізації.

У третьому розділі розроблено можливу архітектуру запропонованої системи.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ПАРКУВАННЯ

1.1 Зростаючий тренд використання автомобілів

Можливість швидко і комфортно пересуватися на великі відстані є невід’ємною частиною життя в 21 столітті. В цьому відіграють ключову роль автомобілі, адже вони надають можливість своїм власникам не бути прив’язаними до графіків руху публічного транспорту, не перейматися за чистоту і комфорт поїздки, та відчувати справжню свободу і незалежність.

В попередньому столітті в провідних країнах світу можливо було спостерігати популяризацію володіння автівок серед населення. Це спричинило розвиток автомобільної інфраструктури, що в свою чергу призвело до ще більшого росту кількості приватних авто. На сьогодні в найбільш розвинених країнах володіння власним авто є соціальною нормою. Зокрема, в США в середньому припадає майже дві автівки на одну сім’ю [1].

В Україні цей процес відбувся набагато пізніше. Відповідно, кількість автомобілів є набагато меншою. Проте з кожним роком все більше і більше українців користуються автомобілями. Станом на березень 2021 року в середньому 245 з 1000 українців володіють авто. При цьому, для великих міст цей показник є вищим: в Києві – столиці України – він становить 407 авто на 1000 людей [2]. Це вже майже на рівні провідних європейських країн.

Проте для забезпечення комфортного життя водія міста повинні бути певним чином адаптовані. Оскільки такі провідні країни світу як США пройшли через це набагато раніше нас, вони пройшли також і через процес покращення автомобільної інфраструктури. Це включає в собі багато речей, наприклад покращення якості доріг та їх ремонт, або планування трафіку задля балансування завантаженості доріг. Однак є ще один фактор, який є не менш важливий – паркування.

1.2 Важливість паркувальних майданчиків у сучасній транспортній інфраструктурі

Проблема паркування є надзвичайно важливою. Кожна поїздка має рано чи пізно закінчитися, і можливість швидко, зручно і безпечно припаркуватися є успішним фіналом комфортної поїздки. Якщо така можливість відсутня, то водію доводиться або витратити зайвий час, або паркуватися в незручному місці, або нехтувати безпекою.

Зі збільшенням кількості автівок у місті зростає необхідність замислитися, чи достатньо нинішньої паркувальної інфраструктури. На перший погляд може здатися, що діє просте правило: чим більше автомобілів – тим більше потрібно паркомісць. Однак споруджування більшої кількості паркувальних майданчиків знижує щільність міста, що, як пише Мар'яна Матвейчук в журналі «Хмарочос», «стимулює подальше використання автомобілів, адже відстані збільшуються» [3]. Зокрема, це можна спостерігати в США.

З іншої точки зору, важливим також є питання ціни на паркування. Всім подобається ідея безкоштовного паркування. Проте виставлення певної ціни є ефективним способом вирішити проблему перевантаженості парковок. Якщо виставити вищу ціну на паркування в районі міста, що сильно завантажений, то паркомайданчиками користуватимуться лише ті, хто справді потребують припаркуватися в цьому районі. Крім того, мешканці, що не ладні платити за паркування, будуть більше користуватися публічним транспортом, що знизить завантаженість доріг. Також варто зазначити, що кошти, сплачені за паркування, можуть піти на подальше покращення інфраструктури міста, та, відповідно, підвищення комфорту населення. Відомий американський інженер та професор в сфері містобудування Дональд Шоуп в своїй книзі «The High Cost of Free Parking» детально досліджує проблеми безкоштовного паркування та його негативний вплив на суспільство [4].

1.3 Стан паркувальної інфраструктури в Україні

Традиційно, українські водії звикли не платити за паркування. Доволі довгий час платні паркомісця просто не мали сенсу, оскільки кількість водіїв

не була значною. З часом, почали з'являтися приватні платні паркувальні майданчики, як правило біля популярних місць, пропонуючи тим, хто ладен заплатити, додаткову безпеку та зручність. З поступовим збільшенням кількості автовок на дорогах України зрештою почали виникати проблеми з перевантаженістю паркомісць. Зокрема, найбільш яскравим прикладом того є місто Київ, що, як зазначалося раніше, має найбільше автомобілів на душу населення в Україні.

У 2007 році в Києві було засноване комунальне підприємство «Київтранспарксервіс», задачою якого, окрім проектування та будівництва паркінгів, було введення в дію автоматизованої системи сплати за паркування. Однак багато років дуже мала кількість водіїв справді сплачувала паркування. Станом на 2020 рік їхня частка становила лише 10% [3]. Як результат, в багатьох районах міста дуже складно було знайти вільне паркомісце, оскільки більшість були вже зайняті без оплати за нього.

Проте в 2021 році ситуація почала змінюватися. Було запущено мобільний додаток «Київ Цифровий», однією з функцій якого є онлайн оплата та бронювання паркування. Також все частіше стали штрафувати водіїв за несплату. Це створило умови, в яких краще кілька разів натиснути по екрану телефона, ніж ризикувати отримати штраф. В результаті, в жовтні 2021 року через додаток кияни сплатили на третину більше, ніж у вересні того ж року [5]. А в січні 2022 року загалом було сплачено у 80 разів більше, ніж у січні 2021 року [6].

Застосунок «Київ Цифровий» також надає можливість перевірити, чи є вільні місця на певному майданчику, проте це працює лише з автоматизованими приватними паркінгами.

1.4 Ідея та корисність запропонованого застосунку

В цій роботі пропонується ідея застосунку для відслідковування вільних та зайнятих місць на паркувальних майданчиках в режимі реального часу. Для приєднання нового майданчика до системи потрібно лише встановити камеру,

що бачить всі паркомісця, приєднати її до системи та позначити координати паркомісць на кадрі. Такий застосунок надаватиме можливість в будь-який момент часу отримати реальний стан на паркомайданчиках, а саме: кількість вільних місць на парковці, які місця вільні і які зайняті, та навіть фото авто, що зайняло певне місце.

По-перше, такий застосунок був би неймовірно корисним безпосередньо для водіїв, адже, маючи можливість швидко отримати реальну картину на парковках, набагато легше планувати поїздки та час. Фактично неможливо потрапити у ситуацію, коли після приїзду неможливо знайти вільне місце, бо всі місця неочікувано зайняті, що призводить до великої втрати часу водія та пасажирів.

По-друге, для власників паркінгів така система також надає низку переваг. Гнучкість в приєднанні нових майданчиків може зекономити доволі багато часу. Можливість перевіряти камери в режимі реального часу спрощує процес перевірки оплати та визначення порушників. Це частково автоматизує роботу інспекторів паркувальних майданчиків. І нарешті, зробивши дані про стан паркінгу доступним для водіїв, це однозначно підвищить рейтинг паркінгу та приверне увагу більшої кількості клієнтів. А якщо додати можливість аналізувати погодинну завантаженість парковки, з'являється можливість аналізувати, в яких районах міста коли найбільш напружені години.

2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗАЙНЯТОСТІ ПАРКОМІСЦЬ

2.1 Загальний опис

Для реалізації цієї системи потрібно алгоритм, який приймає на вхід конфігурацію камери та один кадр з відео, та повертає для кожного паркомісця 0 або 1, відповідно вільне місце чи зайняте (див. Рис. 2.1.1). Це такий собі модуль чи функція, що представляє собою «ядро системи», логіку розпізнавання зайнятості паркомісць. В цьому розділі проаналізовано різні можливі варіанти його реалізації, та обрано найкращий.



Рис. 2.1.1 – Схема алгоритму

2.2 Розпізнавання авто на зображенні

Щоб визначити, чи паркомісце зайняте, потрібно перевірити, чи є на ньому автомобіль. Для цього потрібно розв'язати проблему розпізнавання об'єктів на зображенні, а саме – розпізнавання авто. Іншими словами, це задача комп'ютерного зору (англ. Computer vision). На сьогодні галузь комп'ютерного зору є доволі розвинутою. Вже існує декілька гарних датасетів для розпізнавання різних об'єктів, в тому числі і автомобілів. Один із найвідоміших з них – COCO (Common Objects in Context).

Тому один з варіантів розв'язання цієї задачі – навчити алгоритм глибинного навчання на цьому датасеті. На сьогоднішній день існує доволі велика кількість алгоритмів глибинного навчання. Серед більш класичних можна виділити гістограму напрямлених градієнтів (більш відома як HOG – Histogram of Oriented Gradients), який є доволі швидким, але не дуже точним

алгоритмом, оскільки погано справляється з орієнтацією об'єктів. Цей алгоритм більше підійшов би для розпізнавання людей на зображенні.

Також доволі відомими та популярними є згорткові нейронні мережі, або CNN (Convolutional Neural Network). Хоч вони справляються з об'єктами з різною орієнтацією набагато краще, ніж HOG, для навчання такої моделі потрібно набагато більше навчальних даних.

Серед новіших алгоритмів є сім'я моделей під назвою R-CNN, тобто згорткові нейронні мережі на основі регіонів. Вони відрізняються тим, що замість того, щоб поступово зсовувати вікно-детектор по зображенню, визначаються області інтересу, до яких потім застосовуються нейронна мережа. Проте зараз існують більш сучасні варіації R-CNN, а саме: Fast R-CNN, Faster R-CNN та Mask R-CNN. Останній є найсучаснішим алгоритмом, який, на думку автора, добре підходить до даної задачі.

Варто зазначити, що навчати свою власну модель не є обов'язковим, оскільки існують вже навчені моделі іншими людьми, що поширили свої результати в інтернеті. Зокрема, компанія Matterport має у відкритому доступі репозиторій з Mask R-CNN, навченою саме на датасеті COCO [7].

2.3 Автоматичне визначення розташування паркомісць

Після приєднання камери до застосунка потрібно визначити координати паркувальних місць на зображеннях з камери. Їх можливо визначати вручну, визначаючи межі паркомісць один за одним, проте є більш елегантний спосіб. Для цього потрібно визначити, на яких місцях впродовж певного тривалого часу знаходяться авто. Тобто можна визначити функцію автоматичного визначення розташування паркомісць на камері, яка аналізуватиме відео з камери впродовж доби, та визначить регіони, на яких було розпізнане авто щонайменше десять хвилин поспіль.

Проте ця функція лише частково автоматизує цю задачу, адже можуть бути паркомісця, на яких жодна машина не припаркувалася впродовж доби.

Тоді до цього потрібно додати інтерфейс адміністратора, який дозволяє перевірити, підкорегувати або додати межі, що визначають паркомісце.

2.4 Визначення зайнятості паркомісця

Тепер у нас є конфігурація камери, що являє собою масив багатокутників, які визначають межі паркомісць; а також функція знаходження автівок на зображенні. Все, що залишається, – це певним чином визначити, чи розпізнані авто знаходяться на паркомісці. Для цього можна використати міру Жаккара, також відому як відношення перетину до об'єднання, яка зможе порівняти межі автівок та межі паркомісць. Чим вища міра Жаккара, тим більший перетин меж, і відповідно, більша вірогідність, що авто знаходиться на паркомісці.

3 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ

В цьому розділі запропоновано варіант архітектури системи визначення вільних паркомісць. Всього присутні три підсистеми: серверна частина, клієнтська частина для водіїв, та клієнтська частина для адміністраторів.

3.1 Серверна частина

Серверна частина реалізовує API, що доступний для клієнтської частини водія та адміністратора. Вона в режимі реального часу отримує відеодані з під'єднаних відеокамер та застосовує раніше визначений алгоритм для визначення, які паркомісця є вільними, а які – зайнятими. Також сервер зберігає певну статистику, а саме історію заповненості паркомайданчиків.

Залежно від потужності сервера та кількості камер, частоту отримання кадрів можна варіювати. Щоб зменшити кількість необхідних обчислень, частоту можна зменшити до, наприклад, кожних п'яти секунд; а щоб збільшити точність станів паркомісць, потрібно навпаки збільшити частоту.

Для зберігання поточного стану всіх паркувальних місць повинна використовуватися база даних (БД), що зберігає дані в оперативній пам'яті, наприклад Redis. Таким чином часті оновлення та запити даних будуть відбуватися швидко, оскільки операції з оперативною пам'яттю відбуваються набагато швидше, ніж дискові операції. До того ж, для даної задачі не є необхідним зберігати дані постійно.

Для зберігання постійних даних, таких як межі паркомісць або історія заповненості паркомайданчиків, може використовуватися реляційна БД.

3.2 Клієнтська частина для водіїв

Ця частина може бути як веб-сайтом, так і мобільним додатком. Її функціонал повинен включати:

- Показ мапи з доступними паркувальними майданчиками;

- Перегляд даних про окремий паркомайданчик: кількість вільних та зайнятих місць, фото парковки, історія заповненості.

Для виконання кожного завдання подається запит на API сервера, та отримуються потрібні дані.

3.3 Клієнтська частина для адміністраторів

Ця частина являє собою інтерфейс, що дозволяє адміністратору виконувати такі операції:

- Корегування меж паркомісць на камерах;
- Приєднання нових камер до системи.

3.4 Загальна архітектура

На рис. 3.4.1 зображена діаграма архітектури системи. Стрілками позначено передачу даних по мережі.

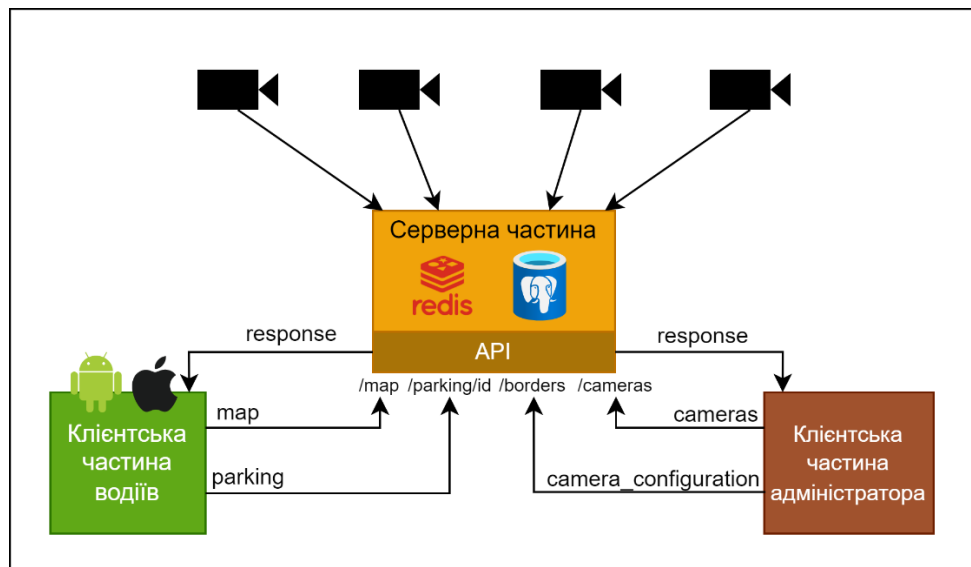


Рисунок 3.4.1 – Діаграма архітектури застосунку

Висновки

Питання паркування в Україні виявилося надзвичайно актуальним, оскільки саме в минулому році почався стрімкий процес розв'язання проблеми паркування в Києві. Було проаналізовано доцільність та корисність системи, що розпізнає вільні та зайняті паркувальні місця з відеокамер в реальному часі. Окрім того, що така система може покращити життя водіїв і зекономити їхній час, вона також може видатися дуже корисною і зручною для власників паркувальних майданчиків.

В роботі було запропоновано можливий спосіб реалізації такої системи, проаналізувавши різні алгоритми глибинного навчання.

Список Використаної Літератури

1. Number of vehicles per household in the United States from 2001 to 2017.
[Електронний ресурс] – Режим доступу :
<https://www.statista.com/statistics/551403/number-of-vehicles-per-household-in-the-united-states/>
2. В Києве уровень автомобилизации превысил 400 авто на 1000 жителей. Когда будет как в Европе? [Електронний ресурс] – Режим доступу :
<https://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=48496>
3. Раз і назавжди: чому центру Києва не потрібно більше парковок?
[Електронний ресурс] – Режим доступу :
<https://hmarochos.kiev.ua/2020/03/06/raz-i-nazavzhdy-chomu-tsentru-kyyeva-ne-treba-bilshe-parkovok/>
4. Donald C. Shoup (2005). The High Cost of Free Parking.
5. У жовтні у Києві сплатили паркування на 2,3 млн грн і оштрафували на 4,5 млн грн. [Електронний ресурс] – Режим доступу :
<https://thepage.ua/ua/auto/news/u-zhovtni-u-kiyevi-splatili-parkuvannya-na-23-mln-grn-i-vipisav-shtrafiv-na-45-mln-grn>
6. У січні цього року кияни сплатили за паркування у 80 разів більше, ніж у січні минулого року [Електронний ресурс] – Режим доступу :
https://kyivcity.gov.ua/news/u_sichni_tsogo_roku_kiyani_splatili_za_parkuvannya_u_80_raziv_bilshe_nizh_u_sichni_minulogo_kostyantyn_usov/
7. Mask R-CNN for object detection and instance segmentation on Keras and TensorFlow [Електронний ресурс] – Режим доступу :
https://github.com/matterport/Mask_RCNN
8. Snagging Parking Spaces with Mask R-CNN and Python [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://medium.com/@ageitgey/snagging-parking-spaces-with-mask-r-cnn-and-python-955f2231c400>

Додаток А

Перелік прийнятих скорочень

США – Сполучені Штати Америки.