

НОВОСАД Марія-Руслана

Національний університет "Львівська політехніка"

ORCID ID: [0000-0003-3005-6614](https://orcid.org/0000-0003-3005-6614)e-mail: ruslana.novosad.3@gmail.com

АСИСТЕНТ ПАРКУВАННЯ ЯК МОДУЛЬ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО МІСТА

В роботі наведено результати розробки застосунку для швидкого і зручного пошуку місця для паркування. Система є модулем розумного міста та орієнтована на житлові комплекси, опрацьовує дані з різних джерел та відображає статуси паркомісць території для паркування, здійснює пошук відповідного паркомісця за номером транспортного засобу. Створювана система складається з трьох основних компонентів: зберігання та обробка запитів, коректне відображення даних, обробка зображення.

Ключові слова: розумне місто, паркування, автомобіль, згортовка нейронна мережа, застосунок.

NOVOSAD Mariia-Ruslana
Lviv Polytechnic National University

MULTISOURCE INTELLIGENT PARKING ASSISTANT

Problem searching for a parking space is time-consuming and highly relevant both in Ukraine and abroad. Time spent searching for a parking space leads to excessive traffic, more traffic jams, air pollution and increased fuel consumption. These factors also affect the daily stress levels of drivers. Due to this, the process of finding a parking space should be fast and convenient. At the same time, there has been significant development of real estate in Lviv over the past few years. Accordingly, the need for organizing the process of parking cars of residents of residential areas is growing. This paper presents the results of the development of an application for a quick and convenient search for a parking space. A review of similar software applications was conducted. Proposed solutions use various technologies to solve the problem of searching for a free parking space including IoT, sensors, machine learning for image recognition. Even though they solve the problem of searching for a free parking space, most of them can be expensive to implement, maintain, they don't provide the ability to work with different data sources. An activity diagram of system is presented and it shows two main flows of the system: displaying the current state of parking spaces and displaying parking space by the number of the car entering the territory of the complex. System consists of three modules. The first module is responsible for working with different data sources, storing the status of parking spaces, processing requests. Image processing module is responsible for determining the occupied and free parking spaces from the image. The third module is responsible for the correct display of parking spaces and their statuses. It is also demonstrated how the application works with different data sources and how exceptions are handled. The system works correctly and has a clear interface. The parking assistant is a great helper and significantly reduces the time required to find a free parking space.

Keywords: smart city, parking, car, convolutional neural network, application.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Автомобілі пропонують свободу, зручність, комфорт та приносять велику вигоду своїм власникам. Зараз налічується близько 1.4 млрд автомобілів у світі та очікується щорічне збільшення цього числа на 4 відсотки [1]. Зокрема, у Львові кількість авто значно зросла протягом останніх років. Обсяг переміщень автомобілем теж продовжує збільшуватись, що призводить щоразу до триваліших корків.

Спостерігається значний розвиток нерухомості у Львові протягом останніх кількох років. Місто посідає перше місце в Україні за обсягом новобудов у 2019 році. В 2019 році у Львові з'явилося 95 будинків площею понад 1 млн м² [2]. Відповідно зростає і потреба у належних місцях для паркування автомобілів мешканців даних житлових масивів.

У Львові виникає постійна проблема недостатньої кількості місць, що значно обмежує водіїв у виборі де залишити транспортний засіб протягом дня, забирає багато часу у пошуках вільного паркомісця. Наявна проблема існує і за межами України, згідно дослідження [3] пошук місць для паркування накладає значне економічне навантаження на водіїв у США, Великобританії та Німеччині, які витрачають 17, 44 та 41 годину на рік відповідно за оціночними витратами в цих країнах 72,7 млрд. доларів, 23,3 млрд. фунтів стерлінгів та 40,4 млрд. євро.

Збільшення часу, витраченого на пошук місця для паркування, призводить до зайвого руху автомобілів, більших заторів, забруднення повітря та збільшення споживання палива. Також дані фактори впливають на щоденний рівень стресу водіїв. Зважаючи на це, процес пошуку місця паркування повинен бути швидким і зручним.

Аналіз досліджень та публікацій

Зважаючи на актуальність проблеми пошуку місця для паркування, на ринку представлені різноманітні продукти для вирішення даної проблеми. Частина продуктів використовує технології IoT, датчики, інша – машинне навчання для розпізнавання зображень, аналітику або все у комплексі.

Розумна система керування паркуванням ParkSetup [4] розроблена для безпечного паркування власниками транспортних засобів та ефективного використання паркомісць. Система включає такі компоненти, як LED дисплей, ультразвукові датчики паркування, що збирають інформацію про місця для паркування в режимі реального часу, світлодіодні індикатори, які можуть набувати червоний або зелений колір і таким чином повідомляти про стан паркомісця, програмне забезпечення для відслідковування стану

парковки та блок управління. Для встановлення системи ParkSetup потрібно підключити багато компонент, провести кабелі, в той час як створювана в роботі система для паркування не вимагає певних компонент і може інтегруватися з уже існуючими джерелами даних на території для паркування.

Додаток Clevercity [5] використовує розумні датчики паркування для моніторингу простору та збирання даних про вільні місця для паркування в режимі реального часу. Дане інтелектуальне рішення використовує технології IoT та складається з декількох підсистем. Підсистема керування паркуванням ClevercityCirc360 забезпечує вказівки щодо паркування в режимі реального часу. Clevercity система доволі складна та містить багато рішень.

В Україні було представлено систему розумного паркування Smart Parking [6]. Запропоноване рішення складається з мобільного додатку та розміщеного на в'їзді до території паркування LCD дисплея. Система застосовує алгоритми машинного навчання для аналізу зображень отриманих з камер.

Запропоновані рішення відрізняються своїми підходами, однак більшість не є доступні в Україні, можуть бути дорогими в реалізації та обслуговуванні. Виникає потреба у створенні асистента паркування, що орієнтований на житлові комплекси та отримує дані про стан парковок з різних джерел, опрацьовує їх в залежності від їх типу.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є розробка інформаційної системи для швидкого і зручного пошуку місця для паркування.

Виклад основного матеріалу

Опис процесу діяльності та організації даних. Щодня тисячі мешканців житлових масивів повертається додому та стикається з проблемою пошуку вільного місця для паркування. Зазвичай, єдина система контролю наявності вільних та зайнятих парко місць відсутня, що призводить до зайвого скупчення транспортних засобів.

Було розглянуто процес діяльності системи, що має бути досягнутий при автоматизації. В режимі реального часу до застосунок потрапляють дані про статус паркомісць відповідної території для паркування поточного житлового масиву з різних джерел, а саме: камер відеоспостережень, датчиків, інших систем моніторингу підземного та надземного паркінгу. Дані з камер відеоспостереження опрацьовуються і визначається стан паркомісць використовуючи згорткову нейронну мережу. Після цього, стан паркомісць відображається у зручному вигляді в застосунку. У такий спосіб, коли користувач-мешканець житлового масиву повертається додому, при в'їзді до території житлового масиву камери відеоспостереження фіксують номер автомобіля користувача і здійснюється його ідентифікація системою. Відповідно відображається пропонуване доступне паркомісце для поточного користувача. Відбувається автоматизація процесу пошуку вільного місця для паркування. Відповідна UML-діаграма діяльності наведена на рис. 1. Діаграма відображає два основні потоки системи: режим відображення поточного стану паркомісць та режим відображення паркомісць у відповідності до номеру автомобіля, що здійснює в'їзд на територію комплексу.

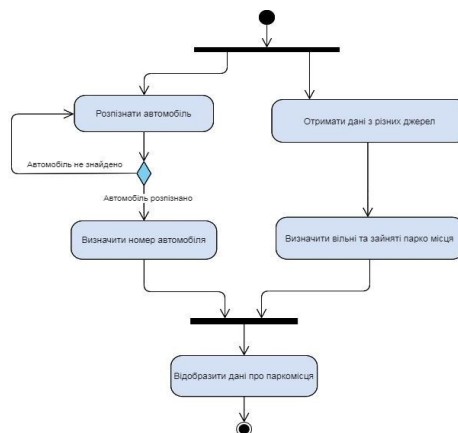


Рис. 1. UML-діаграма діяльності

Модулі системи. Створювана система складається з трьох основних модулів: зберігання та обробка запитів, коректне відображення даних, обробка зображення. Здійснення обробки зображення та визначення з нього стану паркомісць відбувається з використанням алгоритмів штучного інтелекту. Модуль обробки запитів та зберігання даних має зберігати дані про житловий комплекс, відповідні території для паркування. Даний модуль має опрацьовувати запити щодо стану території для паркування, відповідного для користувача паркомісця, мати можливість виконувати запити до інших модулів, API. Модуль відображення даних володіє зрозумілим для користувача інтерфейсом, відповідає за коректне відображення паркомісць та їх статусів.

Вхідні дані. На вхід системи можуть потрапляти різні формати даних, так як застосунок передбачає роботу з кількома різноманітними ресурсами. При роботі з камерами відеоспостереження системі подається кадр з відеопотоку. Перед подачею на вхід нейронної мережі, виокремлюються регіони зображення для класифікації,

здійснюється перетворення регіонів у відтинки сірого та приведення до одного розміру. Іншим джерелом даних можуть бути датчики, що розташовані на території для паркування. Три типи датчиків, що використовуються сьогодні, включають бокові, наземні та радіолокаційні. Було оглянуто набори даних, що містять записи з датчиків та збережено кілька файлів. Файли включають такі поля, як ідентифікатор території для паркування, ідентифікатор парко місця та статус паркомісця (зайнято, вільно). До вхідних даних також належить зображення, що містить автомобіль, який здійснює в'їзд на територію житлового комплексу.

Побудова функціональної системи. Модель функціональної системи показує що повинна робити система та представляється через ієрархію діаграм потоків даних (DFD). DFD описує процеси, які беруть участь у системі та потік даних між ними. Деталізована діаграма потоків даних першого рівня, наведена на рис. 2, визначає основні функції системи.

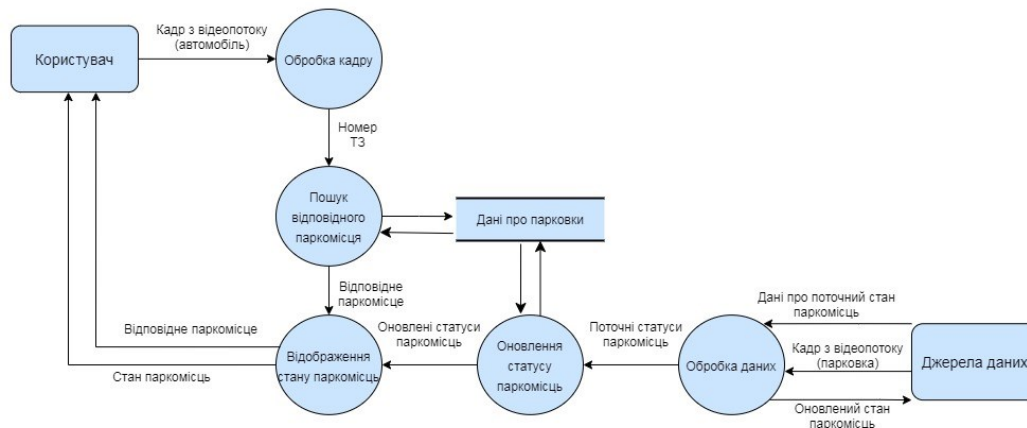


Рис. 2. Деталізована діаграма потоків даних першого рівня

Діаграма потоків даних першого рівня містить дві зовнішні сутності, чотири процеси та одне сховище даних. Базуючись на діаграмі, можна виділити два загальні потоки даних у системі. Перший бере початок, коли користувачем надається “Кадр з відеопотоку (автомобіль)”, що містить зображення транспортного засобу. Відбувається процес “Обробка кадру” результатом якого є визначений номер ТЗ. За номером ТЗ відбувається процес “Пошук відповідного паркомісця”, що використовує сховище даних “Дані про парковки”. Як результат даного процесу є сформоване відповідне паркомісця. Відповідне паркомісця відображаються системою у зручному форматі для користувача. Другий потік відбувається з певною періодичністю. З “Джерел даних” надходять дані про поточний стан паркомісць у різних формат в залежності від типу джерела та відбувається процес “Обробка даних”. Наступний процес “Оновлення статусу паркомісць” оновлює дані про територію для паркування у сховищі даних. Оновлені статуси паркомісць відображаються системою.

Модуль обробки зображення. Створювана система містить модуль обробки зображення, який відповідає за правильне визначення зайнятих та вільних паркомісць із отриманого кадру з відеопотоку. Даний модуль використовує згорткову нейронну мережу. Згорткові нейронні мережі (CNN) є нейронними мережами прямого поширення, що в основному застосовуються в області комп’ютерного зору, наприклад, для класифікації зображень та розпізнавання. У порівнянні з іншими методами CNN досягають кращої точності класифікації у великомасштабних наборах даних [7]. Було використано згорткову нейронну мережу LeNet-5. Архітектура складається з семи шарів: три шари згортки, два агрегувальних шари, два повністю з’єднаних шари та вихідний шар. В даній роботі завдання полягало у класифікації зображення, визначенні чи поточне паркомісця зайняте або вільне, тобто класифікація з наявними двома класами.

Обраний набір даних CNRPark + EXT [8], що містить приблизно 150 000 зображень з різним станом паркомісць. В датасеті наявні зображення, що збирались в сонячну погоду, дощову та похмуру дев’ятьма камерами відеоспостереження, враховуючи різний кут огляду та перспективу. Зображення містять перешкоди у вигляді гілок дерев, ліхтарів та включають різне освітлення. CNRPark + EXT орієнтований для візуального виявлення зайнятості території для паркування. Було обрано дані з камери №5. Розмір датасету становить 6056 зображень, тренувальна вибірка 4523 зображення, для тестування 1533 зображення. Для тренування обрано функцію втрат перехресну ентропію, алгоритм оптимізації Адама з кроком навчання $1e-3$ [9]. Кількість епох становить 5. Як результат, було досягнуто точності моделі 96 % на тестовій вибірці. Результат роботи моделі на вхідних зображеннях наведені на рис. 3.

Засоби розробки. Для розробки системи було використано різні засоби в залежності від створюваних модулів. Основною мовою, що використана для написання серверної частини застосунку (модуля обробки запитів) є Java. Java – найпопулярніша мова веб-програмування, що використовується для розробки вмісту веб-сайтів, ігор, програм та програмного забезпечення. Для додавання, перегляду та обробки даних використано систему управління базами даних MySQL Server. Під час розробки модуля відображення (клієнтської частини застосунку) використано бібліотеку JavaScript для побудови користувацького інтерфейсу – React.js. Бібліотека використовується для створення односторінкових

додатків, дозволяє робити компоненти інтерфейсу користувача для багаторазового використання. Модуль, що відповідає за визначення стану паркомісць із зображення використовує нейронні мережі. Сьогодні є багато бібліотек з відкритим кодом, що дозволяють створювати та тренувати моделі глибокого навчання. Було обрано бібліотеку PyTorch, що розроблена командою із Facebook. API, що повертає передбачення моделі, створено на мові Python з використанням фреймворку Flask для створення веб-додатків.

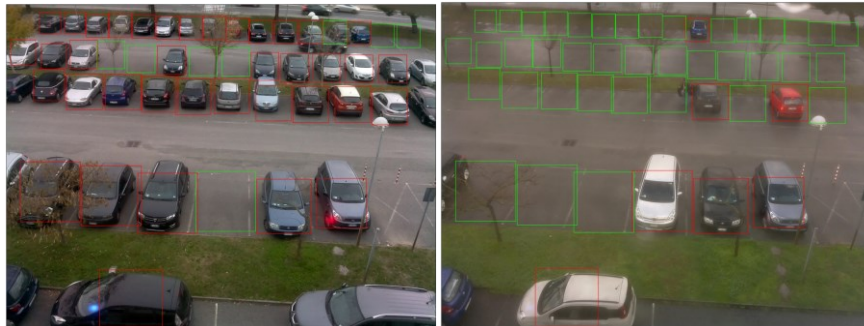


Рис. 3. Результат роботи моделі для вхідних зображень

Робота системи. Після запуску системи виконано запит для оновлення стану паркомісць зони паркування № 1, дані про яку надходять з камер відеоспостереження. Як результат, сторінка застосунку оновила і правильно відображає стан паркомісць. Кількість зайнятих місць становить 8, а вільних 38. Відображення повторює карту зони паркування для кращого розуміння користувачем. Інформаційна панель містить додаткову інформацію про номер та тип території для паркування. Іконки машин позначають колір і статус паркомісць для користувача, що ознайомлюється з системою вперше.

Було оглянуто режим системи при періодичному оновленні стану паркомісць джерелами даних. Іншим режимом є в'їзд користувача на територію для паркування, коли у застосунку відображається рекомендоване місце. Якщо номер автомобіля визначено і він знаходиться в базі даних то система відобразить рекомендоване паркомісце як наведено на рис. 4.

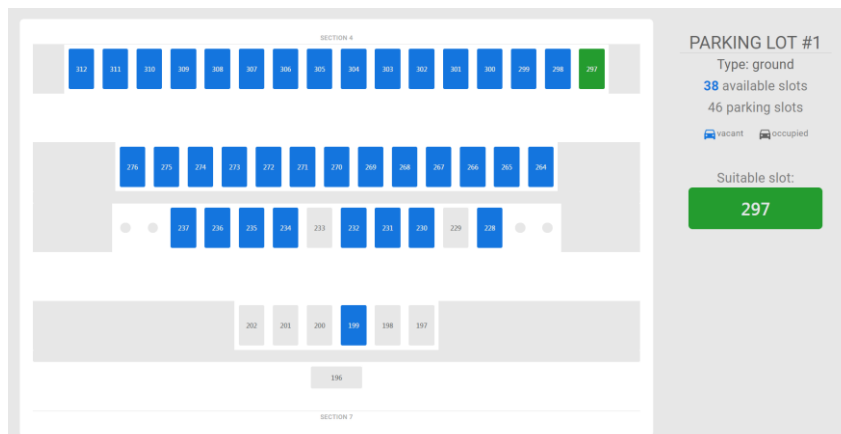


Рис. 4. Інтерфейс системи в режимі відображення рекомендованого місця для паркування

Однак бувають ситуації, що при поганих погодних умовах номер автомобіля не буде розпізнано або в'їзд на територію комплексу може здійснювати автомобіль, що не належить до цього комплексу, в такому випадку системою буде виведено відповідне повідомлення про виключну ситуацію.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В результаті виконання роботи було розроблено застосунок для швидкого і зручного пошуку місця для паркування. Створена система “Асистент паркування” складається з трьох модулів та функціонує в двох режимах, орієнтована на житлові комплекси, отримує дані про стан парковок з різних джерел, як камери відеоспостереження та датчики, опрацьовує їх залежно від типу. Практична цінність полягає у можливості використання даної системи для моніторингу стану територій для паркування прилеглих до житлових комплексів, що містять веб-камери, датчики.

Література

1. Sperling D., Gordon D. Two billion cars transforming a culture. 2008. P. 9.
2. Брикайло Ю. В 2019 році введено в експлуатацію 775 багатоквартирних будинків площею більше 11 000 000 кв. м / Юрій Брикайло. – 2020.

3. Graham Cookson, Bob Pishue The impact of parking pain in the us, uk and germany. inrix research. 2017. P. 44.
4. ParkSetup - parking guidance systems manufacturer. URL: http://www.parksetup.com/en_us/
5. Home - Cleverciti | smart parking for smart cities. URL: <https://www.cleverciti.com>
6. SoftServe is testing a smart parking system. URL: <https://itcluster.lviv.ua/softserve-teste-rozumnu-systemu-parkingu/>
7. Bhandare A., Bhide M. V., Gokhale P., Chandavarkar R. Applications of convolutional neural networks. 2016. Vol. 7. P. 10.
8. Amato G., Carrara F., Falchi F. [et al.] Deep learning for decentralized parking lot occupancy detection. Expert Systems with Applications. 2017. Vol. 72. P. 327–334.
9. Kingma D. P., Ba J. Adam: a method for stochastic optimization. arXiv:1412.6980 [cs]. 2017.

References

1. Sperling D., Gordon D. Two billion cars transforming a culture. 2008. P. 9.
2. Brykailo Yu. V 2019 rotsi vvedeno v ekspluatatsiiu 775 bahatokvartyrnykh budynkiv ploshcheiu bilshe 11 000 000 kv. m / Yurii Brykailo. – 2020.
3. Graham Cookson, Bob Pishue The impact of parking pain in the us, uk and germany. inrix research. 2017. P. 44.
4. ParkSetup - parking guidance systems manufacturer. URL: http://www.parksetup.com/en_us/
5. Home - Cleverciti | smart parking for smart cities. URL: <https://www.cleverciti.com>
6. SoftServe is testing a smart parking system. URL: <https://itcluster.lviv.ua/softserve-teste-rozumnu-systemu-parkingu/>
7. Bhandare A., Bhide M. V., Gokhale P., Chandavarkar R. Applications of convolutional neural networks. 2016. Vol. 7. P. 10.
8. Amato G., Carrara F., Falchi F. [et al.] Deep learning for decentralized parking lot occupancy detection. Expert Systems with Applications. 2017. Vol. 72. P. 327–334.
9. Kingma D. P., Ba J. Adam: a method for stochastic optimization. arXiv:1412.6980 [cs]. 2017.

Надійшла/Paper received : 08.09.2022 р. Надрукована/Printed :01.11.2022 р.