

І. А. Поліщук

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПАРКУВАННЯ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ

У статті розглянуто головні наявні проблеми із паркуванням автотранспорту у великих містах та організації правильної урбаністики, проведено аналіз наявних автоматизованих парковок та охарактеризовані недоліки їх впровадження. Виявлено найбільш ефективні системи автоматизації, але які потребують великих бюджетів на реалізацію та підтримку.

Розглянуті різні підходи для досягнення компромісу між високою вартістю за паркувальне місце на автоматизованих парковках і рівнем комфорту та економією часу, які вони забезпечують. Надані можливі варіанти застосування програм лояльності для підвищення попиту використання автоматизованими парковками. Зазначено підходи до вивчення попиту та оптимізації витрат при проєктуванні автоматизованих парковок з використанням модульних конструкцій при будівництві. Описано варіанти створення і використання спільних парковок з можливістю передавати місце для паркування між користувачами.

В статті запропонована архітектура системи автоматизованого паркування, яка базується на створенні сервісів збору, зберігання і обробки інформації у хмарному середовищі. Система передбачає застосування озер даних для зберігання великих об'ємів необробленої інформації від інтелектуальних датчиків наявності вільних місць і відеокамер контролю транспортних засобів на парковках. Обробка даних виконується спеціальними хмарними сервісами, які мають можливість до масштабування в залежності від кількості користувачів системи. Оброблені дані використовуються для прогнозування завантаженості парковок, ситуаційної обізнаності водіїв за допомогою мобільного додатка, а також допомоги при плануванні маршруту руху до вільного місця на парковці за допомогою дронів помічників. Архітектура системи автоматизованого паркування дозволяє побудувати сучасну інфраструктуру паркування у великих містах, покращити загальний комфорт використання приватного автотранспорту. Накопичені дані, які зберігаються в хмарних сховищах, можуть бути застосовані для подальшого моделювання та аналізу попиту на автоматизованих парковках.

Ключові слова: *автоматизоване паркування, системи автоматизації парковок, Internet of Things, прогнозування завантаженості.*

Вступ

Сучасний темп життя та стрімка урбанізація призвели до того, що в Україні вже понад двадцять років спостерігається збільшення кількості приватних транспортних засобів. Така динаміка викликає, перш за все, негативні наслідки: забруднення повітря, величезні затори та проблеми з паркуванням. Однією із головних причин таких наслідків є слабкий розвиток громадського транспорту, а в деяких випадках його обмежена доступність або недоступність. Тому населення надає перевагу власним транспортним засобам, що забезпечує зменшення часу, витраченого на переміщення, а також зручність та комфорт. Але комфорт використання приватних автомобілів є досить умовним, оскільки інфраструктура міст в більшості випадків не розрахована на таку велику кількість транспортних засобів, особливо не вистачає місць для паркування. Розповсюджена ситуація, коли власники автомобілів не можуть знайти вільне місце для довготривалої зупинки, що призводить до хаотичного паркування, коли людина, поспішаючи, залишає автомобіль на тротуарі, біля виїздів транспорту, на пішохідних переходах. Тому проблема з паркуванням є нагальною проблемою і потребує пошуку підходів для її вирішення.

Одним і можливих варіантів часткового вирішення проблеми паркування є підвищення вартості послуги та організація правильної урбаністики, щоб зробити інтуїтивно зрозумілим,

де можливе паркування при переміщенні на автомобілі. Крім того, раціональне використання вулиць дозволяє розділити смуги руху різного виду транспорту, наприклад, створити окремі велодоріжки для велосипедів та самокатів. Такі підходи дозволяють забезпечити швидке пересування містом, в тому числі змінюючи види транспорту для досягнення кінцевого місця призначення [1, 2].

Іншим підходом, що допоможе зберегти час на пошук місць паркування – так звані перехоплюючі парковки. Це місця, які поєднуються із зупинками громадського транспорту і дозволяють швидко пересідати з приватного авто на метро, автобус, тролейбус чи трамвай, залишивши своє авто на парковці поряд [3].

Одним із найперспективніших і сучасних способів вирішення проблем паркування є впровадження різних мобільних додатків та електронних табло для швидкого пошуку вільних місць на автоматизованих парковках, що дозволяють швидко розміщувати авто. Такі розумні парковки, як правило, розміщують автомобіль за допомогою датчиків, які контролюють вільні місця, а також застосовують системи переміщення автомобілів без участі людини, що в свою чергу скорочує час на розміщення і забезпечує більшу компактність [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Розвиток сучасних інформаційних технологій та автоматизації, зокрема технологій IoT (Internet of Things), став поштовхом для впровадження нових технічних рішень в тому числі для автоматизації паркування автомобілів. В роботі [5] розглянуті різні нюанси автоматизації процесу паркування на автоматизованих парковках. Для початку процесу паркуванням модуль обробки візуальної інформації за допомогою датчиків визначають місцеположення автомобіля в просторі та його габарити. Далі система пропонує місце для парковки, а водій, підтверджуючи пропозицію, передає повний контроль за автомобілем модулю управління. Протягом процесу паркування, модуль управління планує шлях паркування на основі поточного положення, інформації про відстань до автомобіля та параметрів руху транспортного засобу. Шляхом координації комунікаційного модуля, електропідсилювача керма, контролера, блоку керування коробкою передач, блоку регулювання швидкості та електронного гальма, модуль управління завершує автоматичну координацію управління транспортним засобом, включаючи поворот керма, вибір передач, контроль швидкості та активне гальмування, до повного завершення процесу паркування. Слід зазначити, що такий спосіб паркування має свої недоліки, оскільки автомобіль повинен мати можливість інтеграції з зовнішніми системами керування та мати власний бортовий комп'ютер, який підтримує функцію автоматичного паркування. Враховуючи, що в Україні переважна більшість автомобілів не має таких можливостей, цей спосіб паркування можна застосовувати з певними обмеженнями. Крім того, такий спосіб паркування має недоліки у точності керування, що призводить до неефективного використання простору для паркування. Тому такі системи потребують вдосконалення, проведення додаткових досліджень і розробку нових покращених алгоритмів керування [6].

В роботі [7] розглянуто альтернативний варіант для організації автоматизованого паркування з використанням пересувних палет, які встановлюються на підйомно-спусковий механізм. Цей механізм складається із прямокутної платформи з передньою частиною, яка повертається на 360 градусів. Такий підхід дає можливість швидко переміщувати автомобіль до потрібного вільного місця на парковці і зворотному напрямку дуже швидко. Також, за рахунок того, що у процесі паркування не приймає участь людина і, відповідно, можна забезпечити максимальну ефективність використання простору парковки. Слід зазначити, що хоча такий спосіб паркування є дуже ефективним з точки зору використання простору, але побудова таких парковок має дуже високу вартість і потребує порівняно великих затрат на експлуатацію механізмів.

Існують парковки конвеєрного та касетного типів, принцип дії яких полягає в

горизонтальному переміщенні палет на всіх рівнях [8]. Так як в таких системах використовуються як мінімум два або три витяги на систему, то мінусом такої системи є підвищене енергоспоживання і більший час очікування для користувача через складніший шлях переміщення автомобіля, а також потенційного утворення черг з автомобілів. Перевагою такого метода є простота реалізації оскільки необхідно лише організувати замкнений цикл обертання автомобілів і зупинки в потрібному місці.

Виконавши аналіз наявних методів автоматизованого паркування, можна зробити висновок, що в умовах їх використання в великих містах України існує висока вірогідність проблем з окупністю через високу вартість будівництва і експлуатації. Тому є необхідність у створенні більш раціональних методів паркування.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є розробка архітектури системи автоматизованого паркування, яка дозволить виконувати функції прогнозування завантаженості, ситуаційної обізнаності водіїв та оптимізації витрат.

Основна частина

Автоматизоване паркування надає переваги для автолюбителів, адже воно пропонує високий рівень комфорту та економію часу. Проте, висока вартість за таку послугу може стримувати попит використання, принаймні у країнах з економікою, що розвивається, таких як Україна. Підходи для досягнення компромісу у цьому питанні можуть бути розділені на наступні групи:

1. Застосування програм лояльності для підвищення попиту використання.
2. Вивчення попиту і оптимізація витрат на облаштування місць для парковки.
3. Створення спільних парковок з можливістю передавати місце для паркування між користувачами.
4. Використання сучасних технологій збору і обробки даних для покращення прогнозу завантаженості парковок і динамічного ціноутворення.

Підхід з запровадженням програм лояльності може включати в себе великий перелік різних бонусів для користувачів, наприклад:

- Безкоштовне паркування для електромобілів, що в свою чергу стимулює їх купівлю та використання для покращення екології у великих містах. Такий підхід практикується у багатьох країнах і фінансується за рахунок держави.
- Знижені тарифи для електромобілів за умови використання станцій зарядки на парковці. Такі знижки можуть бути фіксованими або ж динамічними, які залежать від часу доби, дня тижня та рівня зарядки акумулятора.
- Програми накопичення балів для водіїв, які часто користуються автоматизованими парковками. Отримані бали можуть бути використанні для безкоштовного паркування або отримання винагороди від бізнес-партнерів.
- Пропозиції для отримання рівнів членства з абонементною платою, які передбачають різні переваги, наприклад, більш вигідні тарифи, доступом до більш зручних паркомісць або персоналізованими послугами.

Важливим критерієм при створенні автоматизованого паркування є вивчення попиту і впровадження економічно вигідних рішень по облаштуванню. Для цього можуть бути застосовані системи, які складаються з модульних компонентів, що легко монтуються і демонтуються. Це дозволяє адаптувати систему до змін у попиті. Також можна використовувати наявну інфраструктуру парковок для інтеграції систем автоматизованого паркування. Це може значно знизити витрати на встановлення додаткового обладнання. Крім того, важливим аспектом є створення стандартів систем автоматизованого паркування для забезпечення безпеки, а також для сприяння утворення конкуренції між компаніями, які

пропонують такі послуги.

Ще одним суттєвим покращенням для оптимізації завантаженості парковок може бути впровадження спільних парковок, коли власники паркомісць можуть ділитися ними з іншими користувачами. Наприклад, водій, який використовує власний автомобіль для поїздки на роботу і має придбане паркомісце біля власного будинку, може передавати право на паркування для інших водіїв на період поки він знаходиться на роботі. Для цього можна створити платформи, які дозволять власникам паркомісць поширювати інформацію про наявність вільних і можливий період бронювання. У співпраці із житловими комплексами можна запропонувати гнучкі тарифи та зручні способи бронювання. За умови інтеграції таких платформ із системами автоматизованого паркування можна значно покращити зручність їх використання.

Розглянуті перших три підходи в основному зосереджені на впровадженні організаційних та адміністративних заходах і не потребують особливих програмно-технічних рішень. Також ці підходи обмежені в розширенні, потребують більшої участі менеджменту і успіх їх впровадження залежить від інтуїції та обраної стратегії на ринку. В свою чергу впровадження сучасних технологій збору і обробки даних потребують інвестицій у програмне і технічне забезпечення, але дають значні переваги на майбутнє. На рис. 1 зображена запропонована архітектура системи автоматизованого паркування, яка застосовує різні джерела збору даних для аналізу і прогнозу завантаженості парковок, допомоги при паркуванні і ситуаційній обізнаності.

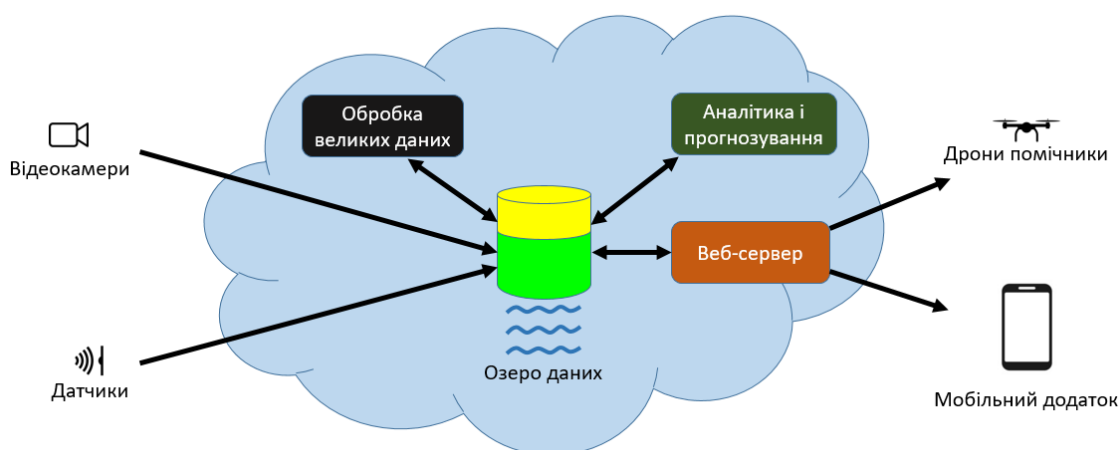


Рис. 1. Архітектура системи автоматизованого паркування

Оскільки запропонована система має справу з великими об'ємами даних, а також може масштабуватись в залежності від кількості користувачів, в тому числі кількості автоматизованих парковок, то принципово така система повинна бути побудована на базі хмарних технологій, які надають необхідні переваги. Для отримання інформації про вільні і заповнені паркомісця можуть бути застосовані інтелектуальні датчики IoT, які можуть передавати інформацію через глобальну мережу за стандартними протоколами обміну даними, такими як MQTT. Також, для подібних цілей, можуть бути інтегровані відеокамери на паркувальних майданчиках. Також інформація про зчитані номерні знаки автомобілів може використовуватися для аналізу переміщення автомобіля у місці, що дає можливість краще прогнозувати завантаженість парковок.

Отримані дані від датчиків і з відеокамер на паркувальних майданчиках спочатку накопичуються в необробленому вигляді в озері даних у хмарі. Далі ці дані обробляються спеціальними алгоритмами машинного навчання, на базі яких будуються моделі прогнозування. Це може допомогти прогнозувати, коли вільні місця будуть найдоступнішими. Отримані дані аналізу можна застосувати для динамічного ціноутворення вартості паркування, роблячи його дешевшим в години низького попиту. Це може допомогти

стимулювати використання парковки в менш завантажені періоди і навпаки – знизити попит, коли парковка майже заповнена. Системи штучного інтелекту, які використовують отриману інформацію після аналізу можуть прогнозувати поведінку водіїв, коли вони приїдуть і поїдуть з парковки. Це може допомогти оптимізувати роботу систем автоматизованого паркування та зменшити час очікування. Крім того, застосування штучного інтелекту допомагає більш ефективно організувати автономне паркування, без участі водія. Це може значно підвищити зручність та безпеку паркування.

Крім прогнозування завантаженості парковок, отримані дані від датчиків дають можливість побудови систем ситуаційної обізнаності, коли водій в реальному часі за допомогою додатка на смартфоні може оцінити де є вільні місця на парковках, їх вартість у поточний час і отримати рекомендації щодо маршруту слідування. Для цього мобільний додаток на смартфоні водія надсилає запити на веб-сервер, який надає необхідну інформацію. У разі вибору водієм запропонованого маршруту актуальним є питання навігації на парковці, щоб зменшити час прибуття до вільного місця і в зворотному напрямку та зменшити затори. Для цього можуть також бути застосовані датчики IoT, які передають дані на мобільний застосунок, а також дрони помічники, які супроводжують автомобіль.

Висновки

Запропонована архітектура системи автоматизованого паркування дозволяє побудувати сучасну інфраструктуру паркування в великих містах, з можливістю прогнозування завантаженості, ситуаційної обізнаності водіїв за допомогою мобільного додатка і як результат – покращення загального комфорту використання приватного автотранспорту. Дані, які зберігаються в хмарі можуть бути застосовані для подальшого моделювання і аналізу попиту на місця на автоматизованих парковках.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Investigating the interaction between the parking choice and holiday travel behavior / B. Wang, C. Shao, J. Li [et al.] // *Advances in Mechanical Engineering*. – June 2015. – Vol. 7, № 6. – P. 1 – 11. DOI:10.1177/1687814015589499.
2. Kreshchenko T. Розпізнавання вільних місць для паркування автомобілів із використанням глибинного навчання / T. Kreshchenko, Y. Yushchenko // *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки*. – Лютий 2023. – Т. 5. – С. 72 – 78. DOI:10.18523/2617-3808.2022.5.72-78.
3. Zijlstra T. A meta-analysis of the effectiveness of park-and-ride facilities / T. Zijlstra, T. Vanoutrive, A. Verhetsel // *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. – Sep. 2015. – Vol. 15, № 4. – P. 597 – 612. DOI:10.18757/ejtir.2015.15.4.3099.
4. Revathi G. Smart parking systems and sensors: A survey / G. Revathi, V. R. Sarma Dhulipala // *International Conference on Computing, Communication and Applications*. – Feb. 2012. – P. 1 – 5. DOI: 10.1109/ICCCA.2012.6179195.
5. Ma S. Research on Automatic Parking Systems Based on Parking Scene Recognition / S. Ma, H. Jiang, M. Han [et al.] // *Advancing Technology for Humanity*. – Oct. 2017. – Vol. 5. – P. 21901 – 21917. DOI:10.1109/ACCESS.2017.2760201.
6. Path Tracking Control of Automatic Parking Cloud Model considering the Influence of Time Delay / Y. Hua, H. Jiang, Y. Cai [et al.] // *Mathematical Problems in Engineering*. – Feb. 2017. – Vol. 2017, Issue 1. – P. 1 – 14. DOI: 10.1155/2017/6590383.
7. Kinematic analysis of rotary car parking system mechanism / I. Nursalim, H. M. Saputra, N. Ismail [et al.] // *4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*. – Mar. 2017. – P. 1 – 5. DOI: 10.1109/ICSIMA.2017.8311980.
8. Liew Y. C. A Review of Multi-Car Elevator System / Y. C. Liew, C. S. Lim, M. L. Peng Tan [et al.] // *Jurnal Teknologi*. – Apr. 2015. – Vol. 73, № 6. – P. 81 – 87. DOI:10.11113/jt.v73.4410.

Стаття надійшла до редакції 30.05.2024.

Стаття пройшла рецензування 18.06.2024.

Поліщук Ігор Анатолійович – старший викладач кафедри автоматизації енергетичних процесів навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».