

УДК 004.9:656.1:711.7

**СМАРТ-ПАРКУВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ
ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ
ТРАНСПОРТНИМ ПОТОКОМ У МІСТАХ**

Журавльов В. А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Сучасні мегаполіси стикаються з безпрецедентним зростанням автомобільного транспорту, що призводить до перевантаження транспортної інфраструктури, зростання часу у дорозі, підвищення економічних витрат на логістику та транспортне обслуговування, погіршення екологічної ситуації. Однією з основних проблем, що виникають у містах з високим рівнем автомобілізації, є дефіцит паркувальних місць та неефективне їх використання. Згідно з дослідженнями, до 30 % трафіку центральних частин міст складається з автомобілів, що шукають вільне місце для паркування [1]. Це призводить до збільшення заторів, підвищення рівня забруднення атмосфери викидами шкідливих речовин та зниження якості життя мешканців міста. Традиційні методи управління транспортними потоками, такі як статичні знаки, ручне регулювання паркування і механічні паркомати, часто виявляються неефективними та не відповідають вимогам сучасних урбаністичних умов. Відповіддю на ці виклики є впровадження систем смарт-паркування, які базуються технологіях Інтернету речей (IoT), мобільних додатках та аналітиці даних.

Смарт-паркування виступає ключовим компонентом інтегрованого управління транспортним потоком та є одним з найактуальніших напрямів розвитку інтелектуальних транспортних систем, що сприяють підвищенню ефективності використання міського простору, зменшенню заторів і покращенню екологічної ситуації в урбанізованих районах. Інтеграція технологій IoT, вбудованих сенсорних технологій та мобільних додатків дозволяє створювати динамічні, адаптивні та зручні для користувачів

системи паркування, які оптимізують процеси пошуку вільних місць, бронювання, оплати і моніторингу.

Основними компонентами системи смарт-паркування є:

1) сенсори: встановлюються безпосередньо на паркувальних місцях та фіксують їх стан (вільне/зайняте). Залежно від технології, використовуються ультразвукові, інфрачервоні, магнітні або радарні датчики;

2) мережі передачі даних: забезпечують комунікацію між сенсорами та центральною платформою. Для цього використовуються різні протоколи, такі як LoRaWAN, NB-IoT, Wi-Fi або Bluetooth.

3) централізовані платформи: обробляють отримані дані, здійснюють аналітику та надають інформацію користувачам через мобільні додатки або веб-портали;

4) мобільні додатки: надають водіям інформацію про наявні паркувальні місця, дозволяють здійснювати бронювання та оплату, а також отримувати навігаційні вказівки до обраного місця [2, 3].

Отже, смарт-паркування, засноване на технологіях IoT, передбачає використання сенсорних технологій для моніторингу стану паркувальних місць у реальному часі. Сенсори, вбудовані в дорожнє покриття або встановлені на паркувальних майданчиках, фіксують наявність або відсутність транспортного засобу на конкретному місці. Ці дані передаються через бездротові мережі до централізованої платформи, яка обробляє інформацію та надає її користувачам через мобільні додатки або інформаційні табло.

Інтеграція системи смарт-паркування з іншими компонентами інтелектуальної транспортної інфраструктури, такими як адаптивне регулювання світлофорів, системи моніторингу трафіку та прогнозування навантажень, дозволяє досягти комплексного управління транспортними потоками в місті. Наприклад, дані про зайнятість паркувальних місць можуть бути використані для коригування режимів роботи світлофорів, що сприяє зменшенню заторів та підвищенню пропускної здатності доріг. Крім того,

об'єднання даних із системи паркування з інформацією від дорожніх камер, GPS-трекерів громадського транспорту та платформ аналізу навантаження дозволяє прогнозувати заповненість паркувальних зон та планувати заходи щодо перенаправлення потоку транспорту у реальному часі.

Впровадження систем смарт-паркування приносить низку переваг. По-перше, зменшується час, витрачений водіями на пошук вільного місця для паркування, що безпосередньо зменшує затори та знижує рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу. По-друге, оптимізація використання наявних паркувальних місць дозволяє зменшити потребу в будівництві нових паркувальних об'єктів, що економить ресурси місцевого бюджету та зберігає урбаністичний простір. По-третє, інтеграція з іншими компонентами інтелектуальної транспортної інфраструктури дозволяє досягти більш ефективного управління транспортними потоками та підвищити безпеку дорожнього руху, оскільки зменшують хаотичний рух автомобілів у пошуках паркування та мінімізують ризик аварійних ситуацій [4].

Незважаючи на численні переваги, впровадження систем смарт-паркування стикається з рядом викликів. Одним із основних є висока вартість розгортання інфраструктури, яка включає встановлення сенсорів, організацію мереж передачі даних, розробку та підтримку програмного забезпечення. Не менш важливою є необхідність забезпечити сумісність нових систем із вже існуючою дорожньою інфраструктурою, транспортними та інформаційними платформами міста, а також дотримання правових і етичних аспектів, пов'язаних з обробкою персональних даних користувачів. Також важливим є забезпечення надійності та безпеки роботи системи, особливо в умовах пікових навантажень та можливих технічних збоїв.

Відтак, впровадження смарт-паркування вимагає комплексного підходу, що включає технічну реалізацію, правове регулювання, фінансування та взаємодію з громадськістю. Необхідно розробити стратегію інтеграції нових технологій з існуючою інфраструктурою, визначити джерела фінансування та забезпечити прозорість у використанні зібраних даних.

Для досягнення максимальної ефективності системи смарт-паркування необхідно проводити детальний аналіз потреб міста та специфіки його транспортної мережі.

При впровадженні систем смарт-паркування надзвичайно важливо правильно обирати сенсорні технології, орієнтуючись на умови конкретного міста та особливості його інфраструктури. Тип сенсорів слід підбирати з урахуванням погодних умов, типів транспортних засобів, інтенсивності руху та очікуваного навантаження на паркувальні місця, щоб забезпечити надійне визначення їхньої зайнятості. Одночасно, системи повинні бути інтегровані з існуючими технологіями управління транспортними потоками та міськими платформами моніторингу трафіку, що дозволяє об'єднати дані про доступні паркувальні місця з інформацією про завантаженість доріг та стан дорожньої мережі, створюючи комплексну систему управління транспортом.

Важливим аспектом є розробка мобільних додатків, які повинні мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, забезпечувати водіям доступ до інформації про наявні місця для паркування, можливість резервування та оплати, а також отримання навігаційних вказівок до обраного місця. Водночас для підвищення довіри користувачів та безпеки системи необхідно забезпечити захист персональних даних та надійність обробки і зберігання інформації, що збирається сенсорами.

Окрім цього, для забезпечення максимальної ефективності функціонування системи необхідно організовувати постійний моніторинг роботи платформи та аналітичний облік отриманих даних, що дозволяє виявляти проблемні ділянки, своєчасно коригувати алгоритми розподілу паркувальних місць та прогнозувати майбутні потреби міської інфраструктури, що є ключовим для сталого управління транспортними потоками.

Смарт-паркування є не лише технологічним рішенням, а й інструментом екологічного та соціального розвитку міста. Воно дозволяє зменшити негативний вплив транспорту на клімат за рахунок скорочення викидів

шкідливих речовин, оптимізувати міське середовище та в цілому покращити якість життя мешканців.

Таким чином, упровадження смарт-паркування є важливим кроком до створення сталого та ефективного транспортного середовища в містах. Еволюція інтелектуальних систем паркування зумовлена стрімким розвитком технологій Інтернету речей, хмарних сервісів, машинного навчання, а останніми роками – туманних і периферійних обчислень. У своїй сукупності вони формують основу для розумних транспортних систем, спрямованих на підвищення ефективності та стійкості міського руху. Одним із ключових напрямів розвитку таких систем є смарт-паркування, яке забезпечує оптимізацію використання паркувального простору та зниження транспортного навантаження. Саме комплексний підхід до розробки та впровадження систем смарт-паркування, що враховує технічні, економічні, правові та соціальні аспекти, здатен забезпечити ефективне управління транспортними потоками та створити стійку інфраструктуру для майбутніх поколінь.

Література:

1. Barter P. Is 30% of traffic actually searching for parking? *Reinventing Parking* : web-site. URL: <https://www.reinventingparking.org/2013/10/is-30-of-traffic-actually-searching-for.html> (date of access: 30.10.2025)
2. Smart City Traffic Management IoT Solutions. Telit Sinterion : web-site. URL: <https://www.telit.com/smart-cities-transportation/traffic-and-parking/> (date of access: 30.10.2025).
3. Smart Parking System for Urban Areas. Intellias : web-site. URL: <https://intellias.com/smart-parking-system-for-urban-areas/> (date of access: 30.10.2025).
4. Ala'anzy M. A., Abilakim A., Zhanuzak R., Li L. Real time smart parking system based on IoT and fog computing evaluated through a practical case study. *Scientific Reports*. 2025. № 15. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15507-6>