

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ BIG DATA В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Олег Марків<sup>1</sup>, Юрій Ришковець<sup>2</sup>

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра інформаційних систем і мереж, Львів, Україна

<sup>1</sup> E-mail: [oleh.i.markiv@lpnu.ua](mailto:oleh.i.markiv@lpnu.ua), ORCID: 0009-0009-4109-174X

<sup>2</sup> E-mail: [yuriy.v.ryshkovets@lpnu.ua](mailto:yuriy.v.ryshkovets@lpnu.ua), ORCID: 0000-0001-5831-4000

© Марків О., Ришковець Ю., 2024

У контексті критичних викликів, пов'язаних із глобальним потеплінням і необхідністю зниження вуглецевого відбитку, сектор електромобілів переживає значне зростання. Цей прогрес неминуче приводить до потреби в розширенні та модернізації інфраструктури зарядних станцій. У цій статті детально проаналізовано, як технології опрацювання великих даних можуть сприяти оптимізації використання цієї інфраструктури, ефективності зарядних станцій та розробленню персоналізованих сервісів для користувачів електромобілів. Розглянуто стратегії вирішення актуальних проблем, зокрема у сферах безпеки та стандартизації оброблення даних, а також обговорюється вплив великих даних на формування нових комерційних моделей у галузі електромобілів. Особливу увагу звернено на аналіз наукових робіт та публікацій, які виявляють відчутний дефіцит досліджень, зосереджених на адаптації технологій Big Data до конкретних регіональних умов та аналізу поведінкових моделей споживачів електромобілів. Стаття визначає ключові напрями майбутніх досліджень, спрямованих на вивчення потенціалу великих даних для розумної оптимізації електромобілів, зокрема у сферах прогнозування попиту, ефективного управління зарядними станціями, розроблення нових користувацьких сервісів та інтеграції із ширшими системами управління міським транспортом. Окрім того, в статті також висвітлено виклики, пов'язані із забезпеченням конфіденційності та безпеки зібраних даних, необхідністю інтеграції різноманітних даних та систем, а також актуальною потребою у кваліфікованих фахівцях у сфері аналізу великих даних. У завершальній частині статті акцентовано на перспективах використання великих даних в електромобілів, їхньому потенціалі для внеску у розвиток концепцій розумних міст, поліпшення інфраструктури та поліпшення якості послуг для кінцевих споживачів. Надано рекомендації для ключових зацікавлених сторін у галузі, щоб сприяти прийняттю стратегічних рішень, які б враховували майбутні можливості та виклики. Наведено аналітичний огляд актуальних літературних джерел та онлайн-публікацій, що підкреслює інноваційність виконаного дослідження.

**Ключові слова:** великі дані; електромобілі; зарядна інфраструктура; зарядні електростанції; аналіз даних.

### Вступ

У відповідь на глобальні виклики зміни клімату та необхідність зниження викидів CO<sub>2</sub>, на ринку електротранспорту відбувається стрімке зростання інфраструктури. Згідно з дослідженням Міжнародного енергетичного агентства [1], продаж електромобілів у світі у 2023 р. зріс на 63 % порівняно з попереднім роком, досягши понад 10,7 мільйона одиниць. Очікується, що до 2030 р.

кількість електромобілів на дорогах світу може сягнути 280 мільйонів. Такий розвиток потребує відповідного збільшення інфраструктури зарядних станцій, кількість яких, за прогнозами, має збільшитись у геометричній прогресії для задоволення дедалі більших потреб водіїв електромобілів.

### **Постановка проблеми**

У статті проаналізовано динаміку зростання ринку електромобілів і розвитку мережі зарядних станцій, а також описано, як технології Big Data можуть сприяти оптимізації використання цієї інфраструктури. Наше дослідження покликане визначити, як збирання та аналізування великих обсягів даних можуть допомогти прогнозувати потреби в заряджанні, покращити роботу зарядних станцій і персоналізувати послуги для водіїв. Проаналізовано стратегії для вирішення викликів, пов'язаних із забезпеченням безпеки даних та їх стандартизацією, а також оцінено потенціал Big Data для розвитку нових бізнес-моделей у сфері електромобілів.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Сьогодні сферу електромобілів та використання Big Data активно досліджують, висвітлюючи різноманітні аспекти від технічних нововведень до економічних і соціальних впливів. Чимало досліджень зосереджено на оптимізації використання енергії, покращенні інфраструктури зарядних станцій та розвитку інтелектуальних систем управління трафіком.

Огляд досліджень та публікацій:

- Оптимізація енергоспоживання. Дослідження у цій галузі використовують Big Data для аналізу моделей водіння, маршрутів та характеристик акумуляторів зарядання та управління енергією [2–4].
- Інфраструктура зарядних станцій. Технології великих даних використовують для визначення оптимального розміщення зарядних станцій, прогнозування попиту на зарядання та управління розподілу енергії [5–7].
- Інтелектуальні системи управління трафіком. Big Data може допомогти оптимізувати потоки руху електромобілів, надаючи водіям інформацію про доступні зарядні станції, час очікування та кращі маршрути з урахуванням рівня заряду акумулятора [8–10].

Проте, незважаючи на велику кількість зарубіжних публікацій, відчутна нестача досліджень, зосереджених на впровадженні цих технологій у конкретних регіональних умовах, що передбачають різні інфраструктурні та соціально-економічні контексти. Наприклад, інтеграція Big Data для управління зарядними станціями в щільно населених містах зі старою інфраструктурою потребує іншого підходу, ніж у нових чи менш населених районах.

Окрім того, хоча деякі публікації детально розглядають технологічні аспекти електромобілів, зокрема управління живленням та методи контролю, відчувається нестача досліджень аналізу поведінкових моделей споживачів і впливу цих моделей на розвиток інфраструктури електротранспорту.

Також не вистачає досліджень, які б концентрувалися на екологічному впливі розвитку електромобілів, враховуючи цілісний підхід від виробництва електромобілів до утилізації акумуляторів.

У цьому контексті у статті ми прагнемо не лише систематизувати наявні знання, але й виявити прогалини у дослідженнях, звернувши увагу на недостатньо вивчені аспекти, що можуть стимулювати подальші наукові розробки в цій області.

### **Формулювання цілі статті**

У статті дослідимо використання інформаційних технологій, зокрема Big Data в секторі електротранспорту, зосереджуючись на можливостях покращення роботи електромобілів та інфраструктури зарядних станцій. Об'єктом дослідження є процеси, що відбуваються в екосистемі використання електромобілів. Предметом дослідження є методи та засоби Big Data розроблення програмного комплексу збирання та аналізування даних.

Метою дослідження є:

- Оцінити динаміку зростання ринку електромобілів та розвитку інфраструктури зарядних станцій з погляду інформаційних технологій.
- Визначити, як збирання, аналіз та використання даних з електромобілів та зарядних станцій можуть сприяти оптимізації експлуатації та підвищенню ефективності електротранспорту за допомогою IT-рішень.
- Виявити потенціал Big Data для розроблення інноваційних IT-продуктів і послуг для водіїв електромобілів, ураховуючи прогнозування потреб у заряджанні, покращенні навігаційних систем та створенні індивідуальних пропозицій.
- Розглянути виклики та обмеження, пов'язані з опрацюванням та аналізом великих обсягів даних у секторі електротранспорту, пропонуючи IT-підходи до їх вирішення.
- Запропонувати практичні рекомендації щодо використання Big Data для стейкхолдерів сектору електротранспорту з акцентом на IT-інструменти та методи.

Наукова новизна дослідження полягає у комплексному аналізі наукового та практичного потенціалу Big Data для оптимізації процесів на ринку електромобілів з акцентом на IT-рішення.

Практичне значення дослідження полягає у розробленні практичних рекомендацій щодо впровадження чи розширення використання технологій великих даних у галузі електромобілів, виявленні перспективних напрямів розвитку IT-рішень, сприянні ширшому прийняттю електромобілів та розвитку інфраструктури зарядних станцій за допомогою IT-інновацій.

Тобто мета – не лише зрозуміти поточну сферу використання Big Data в електротромобільній галузі, але й надати підґрунтя для майбутніх інновацій та стратегічних рішень у ній.

### **Виклад основного матеріалу**

Стан ринку електротранспорту останніми роками характеризується значним зростанням, що відображає глобальні тенденції до зменшення викидів вуглецю та переходу до відновлюваних джерел енергії. Ринок електромобілів, який ще недавно здавався нішевим, тепер стає основним напрямом в автомобільній індустрії.

Розвиток інфраструктури зарядних станцій є ключовим фактором для підтримки зростання ринку електромобілів. У всьому світу відбувається стрімке збільшення кількості зарядних пунктів, що робить використання електромобілів зручнішим та доступнішим. Ініціативи з будівництва швидкісних зарядних станцій, зокрема, допомагають зменшити тривалість заряджання, забезпечуючи кращу адаптацію електромобілів для поїздок на довгі відстані.

Лідери ринку, такі як Tesla, Nissan і BMW, продовжують вдосконалювати свої моделі електромобілів, пропонуючи кращі батареї, збільшену дальність пробігу та новітні технології. Водночас, багато нових гравців вступають на ринок, вносячи інновації та збільшуючи конкуренцію.

Споживчі тенденції також відіграють важливу роль у розвитку ринку електромобілів. Збільшення усвідомленості щодо зміни клімату та високі ціни на бензин/дизель спонукають споживачів вибирати екологічні транспортні засоби. Урядові стимули, такі як податкові пільги та дотації, додатково стимулюють цей перехід.

Інновації в технологіях електромобілів продовжують вражати ринок. Покращення в акумуляторних технологіях не лише збільшують пробіг на одній зарядці, але й зменшують час, необхідний для заряджання. Розумні технології, такі як передові системи автопілотування та інтегровані мережеві рішення, змінюють спосіб взаємодії водіїв з їхніми транспортними засобами.

Заглядаючи в майбутнє, можна очікувати продовження зростання ринку електромобілів з подальшим розширенням інфраструктури зарядних станцій, появою нових технологічних проривів та зміною споживчих уподобань на користь екологічного транспорту.

Застосування Big Data в електротранспорті відкриває нові горизонти для оптимізації його роботи та покращення сервісів для споживачів. Інтенсивні збирання та аналізування даних дають

змогу глибше розуміти поведінку споживачів, ефективніше управляти зарядними станціями, точніше прогнозувати попит і розробляти інноваційні послуги.

- *Аналіз поведінки споживачів.* Великі дані допомагають виявляти шаблони поведінки користувачів електромобілів, урахувавши їхні переваги у виборі маршрутів, частоту та тривалість заряджання, а також уподобання у виборі зарядних станцій. Аналіз цих даних може допомогти компаніям адаптувати свої послуги до потреб користувачів, наприклад, запроваджуючи гнучкі тарифи на заряджання або розробляючи персоналізовані рекомендації.
- *Управління зарядними станціями.* Big Data може сприяти оптимізації розподілу та доступності зарядних станцій. Аналізуючи дані про використання станцій, можна виявити піки навантаження, прогнозувати потреби в заряджанні та оптимізувати розміщення нових станцій. Це не тільки покращує досвід користувачів, але й сприяє ефективнішому використанню енергетичних ресурсів.
- *Прогнозування попиту.* Застосування алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту (ШІ) до великих обсягів даних дає змогу дуже точно прогнозувати попит на електромобілі та зарядні послуги, а також допомагає ухвалювати обґрунтовані рішення щодо розширення інфраструктури, планування виробництва та розроблення нових продуктів.
- *Розвиток нових послуг.* Аналіз великих даних уможливорює створення нових інноваційних послуг у сфері електротранспорту. Наприклад, інтелектуальні застосунки для планування маршрутів, які враховують доступність зарядних станцій, персоналізовані послуги з управління енергією для оптимізації витрат на заряджання або розроблення нових моделей спільного користування електромобілями.

Завдяки застосуванню Big Data галузь електротранспорту має потенціал не тільки істотно підвищити свою ефективність, але й радикально трансформувати взаємодію з клієнтами, пропонуючи їм зручніші, економічні та персоналізовані рішення.

Підсумовуючи, використання технічних засобів Big Data можна розділити на кілька аспектів:

1. *Системи збору та агрегації даних.* Розвиток систем збирання даних, інтегрованих з датчиками та сенсорами на електротранспорті, є важливим аспектом впровадження технічних засобів Big Data. Ефективна агрегація та трансформація даних визначає можливість подальшого аналізу та використання інформації для оптимізації функціонування електротранспорту.

2. *Аналітичні платформи для опрацювання даних.* Використання масштабованих аналітичних платформ, таких як Apache Hadoop або Spark, підвищує можливості ефективного опрацювання великих обсягів даних. Це сприяє вчасному виявленню та опрацюванню інформації, отриманої із датчиків та інших джерел, для управління та оптимізації електротранспортної системи.

3. *Машинне навчання та алгоритми ШІ.* Використання технологій машинного навчання необхідне для аналізу даних, прогнозу попиту, розпізнавання патернів у поведінці водіїв та оптимізації маршрутів. Алгоритми часових рядів, такі як ARIMA, SARIMA та Exponential Smoothing, використовують для прогнозування кількості водіїв у певні години дня, тижня та сезону. Алгоритми машинного навчання, такі як Random Forest, Gradient Boosting та нейронні мережі, можуть враховувати більше факторів, таких як погода, події та дорожній рух, для точнішого прогнозування. Алгоритм Дейкстри та алгоритм A\* використовують для знаходження найкоротшого шляху між двома точками, враховуючи затори та інші фактори. Алгоритми динамічного програмування застосовують, щоб знайти оптимальний маршрут з урахуванням множини факторів, таких як час у дорозі, енергоспоживання та затримки. Це лише деякі з багатьох алгоритмів, які використовують в електротранспорті. В міру розвитку технологій машинного навчання та ШІ можемо очікувати, що в цій галузі буде розроблено ще більше інноваційних алгоритмів.

4. *Хмарні платформи для зберігання та опрацювання даних.* Використання хмарних платформ, таких як Google Cloud, AWS або Microsoft Azure, є стратегічним кроком для забезпечення масштабованого та ефективного зберігання даних, а також їх опрацювання в реальному часі. Google Cloud Platform: хмарна платформа, що пропонує широкий спектр сервісів для аналітики Big Data, таких як BigQuery, Dataproc, Dataflow. Amazon Web Services (AWS): хмарна платформа, що про-

понує широкий спектр сервісів для аналітики Big Data, таких як EMR, Redshift, Kinesis. Microsoft Azure: хмарна платформа, що пропонує широкий спектр сервісів для аналітики Big Data, таких як HDInsight, Data Lake Store, Stream Analytics.

5. *Системи Інтернету Речей (IoT)*. Використання давачів IoT для збирання різноманітних даних розширює спектр інформації для аналізу та вдосконалення функціонування електротранспорту. Електромобілі оснащені давачами, які збирають дані про температуру, тиск, вібрацію, положення, швидкість, GPS, радар, камеру та навантаження. Зарядні станції для електрокарів оснащені давачами, які збирають дані про струм, напругу, температуру, положення, RFID, GSM/GPRS, вологість та задимлення.

6. *Технології опрацювання поточкових даних*. Застосування технологій опрацювання поточкових даних, таких як Apache Flink або Kafka Streams, дає змогу ефективно опрацьовувати інформацію у реальному часі для оперативного реагування та прийняття відповідних рішень. Apache Flink – потужне рішення для опрацювання поточкових даних, відоме розподіленою та масштабованою архітектурою. Він пропонує багато функціональностей для роботи з поточковими даними, таких як віконні агрегації, станові процеси та мікробатч-операції. Apache Flink дає змогу опрацьовувати в реальному часі дані, які надходять з давачів та сенсорів, установлених на електротранспорті. За допомогою цього інструменту можна реалізувати складні аналітичні операції, такі як виявлення аномалій у даних, передбачення попиту на заряджання або визначення оптимальних маршрутів для мінімізації витрат енергії. Kafka Streams є іншим потужним інструментом для опрацювання поточкових даних, створеним для роботи з архітектурою Apache Kafka. Ця бібліотека надає можливість реалізувати розподілені програми для опрацювання та аналізу поточкових даних у реальному часі. Kafka Streams можна використовувати для реалізації таких завдань, як фільтрація, трансформація та агрегація поточкових даних з різних джерел, що надходять з електротранспорту. Наприклад, він може використовуватися для аналізу та опрацювання даних про стан заряду батарей, що дасть змогу забезпечити ефективне розподілення ресурсів зарядних станцій.

7. *Технології блокчейн*. Упровадження технологій блокчейн забезпечує високий рівень безпеки, невідомості та конфіденційності даних у системі електротранспорту, сприяючи розвитку інновацій та безпечних технологій. Технологія може використовуватися для покращення електромобілів у декількох аспектах, таких як відстеження походження компонентів батарей, створення децентралізованих мереж заряджання, автоматизація платежів, створення ринків торгівлі енергією та забезпечення безпеки даних. Для цього використовують смарт-контракти, криптовалютні токени, DAO, алгоритми консенсусу та криптографічні методи.

8. *Протоколи комунікації для обміну даними*. Використання протоколів комунікації, таких як MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) та OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture), є важливим аспектом забезпечення ефективного обміну даними між різними компонентами системи електротранспорту. MQTT забезпечує легке та ефективне передавання даних в умовах обмеженого мережевого трафіку, тоді як OPC UA забезпечує стандартизований та безпечний обмін даними між різними пристроями та системами, сприяючи інтеграції та взаємодії між ними. Крім того, для забезпечення масштабованого та надійного обміну даними можна використовувати брокери повідомлень, такі як EMQ X, які підтримують різноманітні протоколи IoT, зокрема MQTT, MQTT-SN, CoAP та WebSocket. Використання EMQ X дає змогу забезпечити високу доступність та масштабованість обміну даними в системі електротранспорту, що є ключовим для забезпечення її ефективності та надійності. На рисунку подано типову архітектуру програми збирання даних з електромобілів з використанням MQTT протоколу, брокерів повідомлень EMQ X та Apache Kafka.

Технічні інновації та вдосконалення в електромобілях та зарядних станціях відіграють важливу роль у розвитку галузі електротранспорту. Їх інтеграція з Big Data може істотно підвищити ефективність і покращити задоволення потреб споживачів. Ось детальний огляд цього процесу:

- *Вдосконалення акумуляторних технологій*. Новітні розробки у сфері акумуляторів, такі як літій-іонні батареї з високою щільністю енергії та швидкісні зарядні технології, дають

змогу збільшити пробіг електромобілів та зменшити тривалість заряджання. Інтеграція цих технологій з системами Big Data може допомогти оптимізувати процес заряджання, прогнозуючи оптимальні час та місце для заряджання на основі аналізу поведінки користувачів та поточної зарядки батареї.

- *Розвиток електричних двигунів.* Інновації у сфері електричних двигунів, ураховуючи використання нових матеріалів і оптимізацію дизайну, підвищують їхню ефективність та продуктивність. Збирання даних про ефективність двигунів у реальному часі за допомогою Big Data дає змогу детально аналізувати та покращувати їхню роботу, а також прогнозувати потреби в обслуговуванні.
- *Розумні зарядні станції.* Зарядні станції, оснащені інтелектуальними системами керування, можуть автоматично адаптуватися до потреб мережі та користувачів, підвищуючи ефективність використання енергії. Аналіз даних, зібраних із різних зарядних станцій, дасть змогу прогнозувати піки попиту та оптимізувати розподіл ресурсів.
- *Інтеграція з розумними міськими системами.* Інтеграція електромобілів та зарядних станцій з інтелектуальними міськими системами через Big Data відкриває нові можливості для створення синхронізованих транспортних рішень. Наприклад, можна розробляти системи, що оптимізують маршрути водіння та заряджання на основі аналізу трафіку та доступності зарядних пунктів.

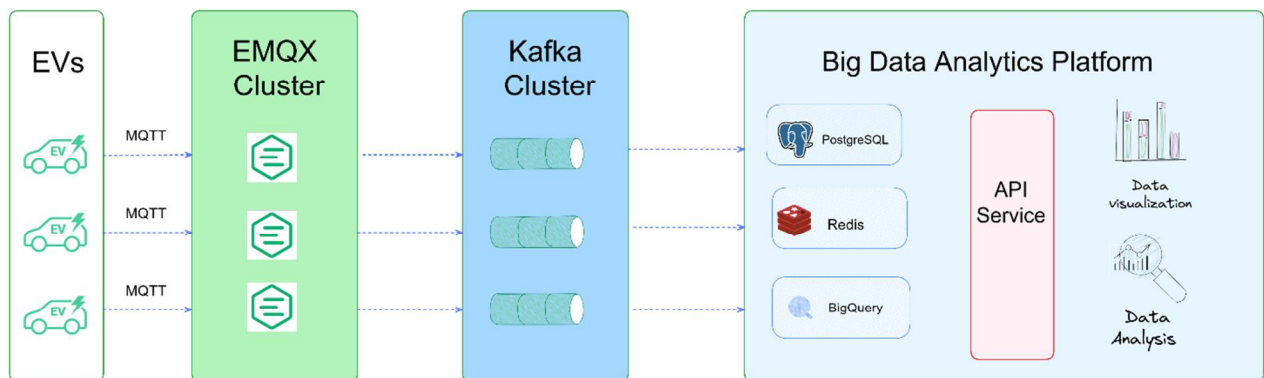


Рис. 1. Архітектура програми збирання даних з електромобілів

Інтеграція технічних інновацій з Big Data не тільки підвищить ефективність електромобілів, але й забезпечить глибоке розуміння потреб споживачів, сприяючи розвитку цілісніших та користувачько-орієнтованих транспортних рішень.

Використання Big Data у галузі електротранспорту відкриває величезний потенціал для оптимізації та інновацій, але також ставить перед галуззю низку викликів та обмежень, що потребують уваги та вирішення:

- *Конфіденційність даних.* Зі збільшенням кількості зібраних даних зростає і занепокоєння щодо конфіденційності користувачів. Важливо забезпечити, щоб особиста інформація водіїв і власників електромобілів була захищена і використовувалась відповідно до законодавства про захист даних. Це передбачає не тільки захист від несанкціонованого доступу, але й забезпечення того, щоб користувачі розуміли, як їхні дані збирають і використовують.
- *Безпека даних.* Забезпечення безпеки великих обсягів даних є критичним. Витік або несанкціонований доступ до даних може призвести до серйозних наслідків, ураховуючи фінансові втрати та втрату довіри з боку споживачів. Важливо впроваджувати вдосконалені заходи безпеки та регулярно їх переглядати, щоб протистояти зростанню кіберзагроз.

- *Інтеграція систем.* Інтеграція Big Data з наявними системами управління електротранспортом може бути складним завданням через різноманітність форматів даних та платформ. Ефективна інтеграція потребує сумісності систем та можливості обміну даними в реальному часі, що може вимагати значних зусиль зі стандартизації та розроблення інтерфейсів.
- *Потреба в кваліфікованих фахівцях.* Аналіз великих обсягів даних потребує спеціалізованих знань у галузі опрацювання даних, машинного навчання та штучного інтелекту. Існує велика потреба в кваліфікованих фахівцях, які можуть не тільки збирати та обробляти дані, але й інтерпретувати їх для прийняття обґрунтованих рішень. Забезпечити достатню кількість таких фахівців – важливе завдання для розвитку галузі.

Для того, щоб подолати ці виклики, потрібен комплексний підхід, зокрема вдосконалення технологічних рішень, покращення нормативної бази, а також інвестиції в освіту та підготовку фахівців.

Перспективи розвитку Big Data в електротранспорті надзвичайно обнадійливі, оскільки ці технології мають потенціал радикально трансформувати як саму галузь, так і повсякденне життя міст. Ось декілька ключових напрямів, які визначатимуть майбутнє використання Big Data в електротранспорті:

- *Розвиток інфраструктури.* Big Data допоможе оптимізувати розгортання та експлуатацію інфраструктури зарядних станцій, пропонуючи глибокі аналітичні інсайти щодо патернів використання, потреб у заряджанні та прогнозування майбутніх трендів. Це забезпечить раціональніше розподілення ресурсів та сприятиме розвитку стійкішої та ефективнішої мережі зарядних станцій.
- *Поліпшення послуг для користувачів.* Аналіз великих даних дасть змогу створювати персоналізованіші та корисніші послуги для водіїв електромобілів. Наприклад, розумні навігаційні системи зможуть пропонувати оптимальні маршрути з урахуванням поточного стану заряду батареї, розташування найближчих доступних зарядних станцій та очікуваного трафіку.
- *Внесок у розумне місто.* Інтеграція Big Data в електротранспорт сприятиме розвитку концепцій розумних міст, де аналітика даних використовуватиметься для оптимізації транспортних потоків, зменшення заторів та забруднення. Інформоване планування транспортної інфраструктури з використанням даних допоможе містам стати ефективнішими та екологічно чистішими.
- *Підтримка прийняття рішень.* Big Data надасть урядам, компаніям та інвесторам потужний інструмент для підтримки прийняття рішень, допомагаючи їм краще розуміти ринкові тренди, попит на послуги та ефективність політик у сфері електротранспорту.

Перспективи розвитку Big Data в електротранспорті обнадійливі та мають потенціал не тільки підвищити ефективність та доступність електромобілів, але й зробити значний внесок у сталі майбутнє міської мобільності.

На основі аналізу використання Big Data в електротранспорті можна надати певні рекомендації та стратегічні інсайти для стейкхолдерів у цій галузі:

- *Інвестувати в захист даних.* З огляду на зростання занепокоєння щодо конфіденційності та безпеки даних, компаніям у сфері електротранспорту варто інвестувати в сучасні технології захисту даних, щоб забезпечити надійне зберігання та опрацювання інформації.
- *Сприяння стандартизації даних.* Для полегшення обміну та аналізу даних між різними системами та учасниками ринку важливо працювати над стандартизацією форматів даних і протоколів комунікації.

- *Розвиток навичок у сфері Big Data.* З огляду на важливість кваліфікованих фахівців для роботи з Big Data, компаніям та урядовим організаціям потрібно інвестувати у розвиток відповідних навичок, через навчальні програми та курси.
- *Інтеграція з інтелектуальними міськими системами.* Електротранспорт доцільно розглядати як інтегральну частину ширшої системи інтелектуального міста. Використання Big Data може допомогти синхронізувати роботу електромобілів з іншими аспектами міського життя, підвищуючи ефективність і сталість.
- *Фокус на користувацькому досвіді.* Використання аналітики даних для розуміння потреб та переваг користувачів може допомогти компаніям розробити більш цільові та привабливі продукти та послуги, покращуючи задоволеність клієнтів та сприяючи ширшому прийняттю електротранспорту.
- *Інноваційний підхід до розроблення продуктів.* Компаніям варто використовувати інсайти, отримані за допомогою аналізу великих обсягів даних, для інновацій у продуктах та послугах, створюючи нові моделі, які відповідають змінним потребам ринку.

Ці рекомендації та стратегічні інсайти можуть сприяти прийняттю обґрунтованих рішень, які допоможуть стейкхолдерам галузі електромобілів не лише адаптуватися до сьогоденних викликів, але й використати майбутні можливості.

### Висновки

У статті досліджено потенціал використання Big Data для оптимізації електромобілів. Проаналізовано динаміку ринку електромобілів, розвиток інфраструктури зарядних станцій та можливості, які пропонує Big Data для покращення цієї інфраструктури.

Наше дослідження показало, що Big Data може допомогти у прогнозуванні попиту, балансуванні навантаження на електромережу, оптимізації маршрутів та персоналізації досвіду користувачів. Однак існують також виклики, пов'язані з використанням Big Data в електротранспорті, такі як конфіденційність даних, кібербезпека, стандартизація та інтеграція. Незважаючи на ці виклики, використання Big Data має значний потенціал для оптимізації електротранспорту та підвищення його доступності, зручності та екологічності. Співпраця між стейкхолдерами на всіх рівнях буде ключовою для успішного впровадження Big Data в цій сфері.

### Список літератури

1. Оскарас Алсаускас, Елізабет Коннеллі, Ендрю Дау, Александр Гуї, Матільда Хейсманс, Хьеджі Кім, Жан-Батіст Ле Маруа, Шейн Макдонах, Апостолос Петропулос та Джейкоб Тетер (2023). Глобальний огляд EV 2023. Iea. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
2. Хуссейн, М. М., Бег, М. С., Алам, М. С., & Ласкар, С. Х. (2020). Платформи аналізу великих даних для інтеграції електромобілів у транспортно-орієнтованих розумних містах: Обчислювальні платформи для інтеграції електромобілів у розумних містах. *Кібервійни та тероризм: Концепції, методології, інструменти та застосування*. С. 833–854. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/IJDCF.2019070102>
3. Аріас, М. Б., & Бае, С. (2016). Модель прогнозування попиту на зарядку електромобілів на основі технологій великих даних. *Прикладна енергетика*, 183, 327–339. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.080>
4. Лі, Дж., Парк, Г. Л., Хан, Й., & Ю, С. (2017, травень). Аналіз великих даних для інфраструктури зарядки електромобілів з використанням відкритих даних та програмного забезпечення. *Протоколи восьмої Міжнародної конференції з майбутніх енергетичних систем*. С. 252–253. <https://doi.org/10.1145/3077839.3081670>
5. Ратор, Х., Міна, Х. К., & Джайн, П. (2023, травень). Прогнозування поведінки зарядки електромобілів за допомогою глибоких нейронних мереж. *Міжнародна конференція з комунікацій, кола та систем (IC3S)*. С. 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IC3S57698.2023.10169211>



6. Кумар, М., Панда, К. П., Нааягі, Р. Т., Тхакур, Р., & Панда, Г. (2023). Комплексний огляд технологій електромобілів та її впливу: детальне дослідження інфраструктури зарядки, управління енергією та технік контролю. *Прикладні науки*, 13(15), 8919. <https://doi.org/10.3390/app13158919>
7. Лі, Ї., Луо, Дж., Чоу, Ц. Ї., Чан, К. Л., Дінг, Ї., & Чжан, Ф. (2015, квітень). Розширення мережі зарядних станцій для електромобілів з використанням аналізу траєкторій даних. *31-ша міжнародна конференція IEEE з інженерії даних*. С. 1376–1387. <https://doi.org/10.1109/ICDE.2015.7113384>
8. Шахріар, С., Аль-Алі, А. Р., Осман, А. Х., Дхоу, С., & Ніджім, М. (2020). Підходи машинного навчання до поведінки зарядки електромобілів: огляд. *IEEE Access*, 8, 168980–168993. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023388>
9. Канг, Х. Ц., Канг, К. Б., Ан, Х. К., Лі, С. Х., Ан, Т. Х., & Джва, Дж. У. (2017). Розумна система зарядки електромобілів на основі аналізу великих даних споживання енергії. *Міжнародний журнал Інтернету, телебачення та комунікацій*, 9(2), 1–10. <https://doi.org/10.7236/IJIVC.2017.9.2.1>
10. Солдан, Ф., Біонда, Е., Маурі, Г., & Челаскі, С. (2021). Короткостроковий прогноз ймовірності зайнятості зарядних станцій електромобілів за допомогою аналізу потокових великих даних. *Попередній друк arXiv:2104.12503*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.12503>
11. Рат, М. (2021). Аналітика великих даних зарядних станцій EV. SlideShare. <https://www.slideshare.net/MuskanRath1/big-data-analytics-of-ev-charging-stations>
12. Робертс, Дж. (2022, 9 травня). Як аналітика даних сприяє зростанню виробників EV. Lhpes. <https://www.lhpes.com/blog/how-data-analytics-enables-growth-for-ev-manufacturers>
13. МакЛоулін, Б. (2023, 6 жовтня). Електромобільна революція: Як штучний інтелект змінить інфраструктуру зарядки. HERE. <https://www.here.com/learn/blog/ai-electric-vehicle-infrastructure>
14. Решеке, Д. (2023, 2 травня). Тенденції в інфраструктурі зарядки електромобілів. CODETE. <https://codete.com/blog/trends-in-electric-vehicle-charging-infrastructure>
15. Swallow, T. (2023, 23 лютого). Топ-10 технологій, які зумовлюють перехід до електромобілів. *Evmagazine*. <https://evmagazine.com/top10/top-10-technologies-driving-the-shift-to-electric-vehicles>
16. Schewel, D. L. (2023, 8 серпня). Розгортання зарядних станцій для електромобілів: 4 способи, які аналітика великих даних може допомогти із інфраструктурою зарядки електромобілів. StreetlightData. <https://www.streetlightdata.com/4-ways-big-data-analytics-can-help-with-electric-vehicles-ev-charging-deployment/>
17. EV Plugs (2023, 9 листопада). Розкриття інсайтів: сила аналізу даних в промисловості електромобілів. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/unlocking-insights-power-data-analysis-ev-industry-ev-plugs-uogaf/>
18. Impower Connection (2023, 31 серпня). Важливість аналітики даних в інфраструктурі зарядки електромобілів. Impower Connection. <https://impowerconnection.com/the-importance-of-data-analytics-in-ev-charging-infrastructure/>
19. Autoconsulting (2024, 12 січня). Всі новини на тему – Україна: Скільки потрібно зарядних станцій для електрокарів в Україні. Autoconsulting. <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=55515>
20. (n. d.). Інтелектуальна платформа аналітики EV. Smart EMobility. <https://smartemobility.ai/solutions/ev-analytics>

### References

1. Oskaras Ilgauskas, Elizabeth Connelly, Andrew Daou, Alexandre Gouy, Mathilde Huisman, Hyeji Kim, Jean-Baptiste Le Marois, Shane McDonagh, Apostolos Petropoulos and Jacob Teter (2023, April). *Global EV Outlook 2023*. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
2. Hussain, M. M., Beg, M. S., Alam, M. S., & Laskar, S. H. (2020). Big data analytics platforms for electric vehicle integration in transport oriented smart cities: Computing platforms for platforms for electric vehicle integration in smart cities. In *Cyber warfare and terrorism: Concepts, methodologies, tools, and applications*, 833–854. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/IJDCF.2019070102>
3. Arias, M. B., & Bae, S. (2016). Electric vehicle charging demand forecasting model based on big data technologies. *Applied energy*, 183, 327–339. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.080>
4. Lee, J., Park, G. L., Han, Y., & Yoo, S. (2017, May). Big data analysis for an electric vehicle charging infrastructure using open data and software. In *Proceedings of the eighth international conference on future energy systems*, 252–253. <https://doi.org/10.1145/3077839.3081670>

5. Rathore, H., Meena, H. K., & Jain, P. (2023, May). Forecasting of EVs Charging Behavior Using Deep Neural Networks. In *2023 International Conference on Communication, Circuits, and Systems (IC3S)*, 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IC3S57698.2023.10169211>
6. Kumar, M., Panda, K. P., Naayagi, R. T., Thakur, R., & Panda, G. (2023). Comprehensive Review of Electric Vehicle Technology and Its Impacts: Detailed Investigation of Charging Infrastructure, Power Management, and Control Techniques. *Applied Sciences*, *13*(15), 8919. <https://doi.org/10.3390/app13158919>
7. Li, Y., Luo, J., Chow, C. Y., Chan, K. L., Ding, Y., & Zhang, F. (2015, April). Growing the charging station network for electric vehicles with trajectory data analytics. In *2015 IEEE 31st international conference on data engineering*, 1376–1387. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDE.2015.7113384>
8. Shahriar, S., Al-Ali, A. R., Osman, A. H., Dhou, S., & Nijim, M. (2020). Machine learning approaches for EV charging behavior: A review. *IEEE Access*, *8*, 168980–168993. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023388>
9. Kang, H. C., Kang, K. B., Ahn, H. K., Lee, S. H., Ahn, T. H., & Jwa, J. W. (2017). The smart EV charging system based on the big data analysis of the power consumption patterns. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, *9*(2), 1–10. <https://doi.org/10.7236/IJIBC.2017.9.2.1>
10. Soldan, F., Bionda, E., Mauri, G., & Celaschi, S. (2021). Short-term forecast of EV charging stations occupancy probability using big data streaming analysis. *arXiv preprint arXiv:2104.12503*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.12503>
11. Rath, M. (2021, October 12). *Big data analytics of ev charging stations*. SlideShare. <https://www.slideshare.net/MuskanRath1/big-data-analytics-of-ev-charging-stations>
12. Roberts, J. (2022, May 9). *How Data Analytics Enables Growth for EV Manufacturers*. Lhpes. <https://www.lhpes.com/blog/how-data-analytics-enables-growth-for-ev-manufacturers>
13. McLoughlin, B. (2023, October 6). *EV does it: How AI will transform charging infrastructure*. HERE. <https://www.here.com/learn/blog/ai-electric-vehicle-infrastructure>
14. Reszke, D. (2022, May 2). *Trends in Electric Vehicle Charging Infrastructure*. Codete. <https://codete.com/blog/trends-in-electric-vehicle-charging-infrastructure>
15. Swallow, T. (2023, February 23). *Top 10 technologies driving the shift to electric vehicles*. EV.Magazine. <https://evmagazine.com/top10/top-10-technologies-driving-the-shift-to-electric-vehicles>
16. Schewel, D. L. (2023, August 8). *Electric Vehicle Charger Deployment: 4 Ways Big Data Analytics Can Help With EV Infrastructure*. StreetlightData. <https://www.streetlightdata.com/4-ways-big-data-analytics-can-help-with-electric-vehicles-ev-charging-deployment/>
17. EV Plugs (2023, November 9). *Unlocking Insights: The Power of Data Analysis in the EV Industry*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/unlocking-insights-power-data-analysis-ev-industry-ev-plugs-uogaf/>
18. Impower Connection (2023, August 31) *The Importance of Data Analytics in EV Charging Infrastructure*. Impower Connection. <https://impowerconnection.com/the-importance-of-data-analytics-in-ev-charging-infrastructure/>
19. Autoconsulting (2024, January 12). All news on the topic – Ukraine: *How many charging stations are needed for electric cars in Ukraine*. Autoconsulting. <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=55515>
20. (n. d.). *Intelligent EV Analytics Platform*. Smart EMobility. <https://smartemobility.ai/solutions/ev-analytics>

**BIG DATA TECHNOLOGY USAGE IN ELECTRIC TRANSPORTATION INDUSTRY**

**Oleh Markiv<sup>1</sup>, Yuriy Ryshkovets<sup>2</sup>**

Lviv Polytechnic National University,  
Information Systems and Networks Department, Lviv, Ukraine

<sup>1</sup> E-mail: [oleh.i.markiv@lpnu.ua](mailto:oleh.i.markiv@lpnu.ua), ORCID: 0009-0009-4109-174X

<sup>2</sup> E-mail: [yuriy.v.ryshkovets@lpnu.ua](mailto:yuriy.v.ryshkovets@lpnu.ua), ORCID: 0000-0001-5831-4000

© Markiv O. I., Ryshkovets Yu. V., 2024

**In the context of critical challenges related to global warming and the necessity of reducing carbon footprint, the electric car sector is experiencing significant growth. This progress inevitably leads to the need for expansion and modernization of the charging station infrastructure. This article conducts a detailed analysis of how big data processing technologies can contribute to the optimization of this infrastructure's use, the efficiency of charging stations, and the development of personalized services for electric vehicle users. Strategies for solving current problems, particularly in the areas of data security and standardization, are discussed, along with the impact of big data on the formation of new commercial models in the electric transport sector. Special attention is given to the analysis of existing scientific works and publications, which reveal a noticeable deficit of research focused on adapting big data technologies to specific regional conditions and analyzing the behavioral models of electric vehicle consumers. The article identifies key directions for future research aimed at exploring the potential of big data for the intelligent optimization of electric vehicle transport, particularly in areas such as demand forecasting, effective management of charging stations, development of new user services, and integration with broader urban transport management systems. Additionally, the article highlights challenges related to ensuring the confidentiality and security of collected data, the need to integrate diverse data and systems, and the current demand for qualified professionals in the field of big data analysis. The final section of the article focuses on the prospects of using big data in electric transport, their potential contribution to the development of smart city concepts, infrastructure improvement, and enhancing the quality of services for end consumers. Recommendations are provided for key stakeholders in the industry, with the aim of facilitating the adoption of strategic decisions that would take into account future opportunities and challenges. An analytical review of current literature sources and online publications is included, emphasizing the innovative nature of the research conducted.**

**Key words: Big Data; electric vehicles; charging infrastructure; charging stations; data analysis.**