

## Висновок

Використання графових баз даних, таких як Neo4j, для побудови та управління логістичними ланцюгами надає значні переваги у гнучкості моделювання, продуктивності та можливостях аналізу. Це дозволяє компаніям оптимізувати свої логістичні процеси, знижувати витрати та підвищувати ефективність управління. У майбутньому, з розвитком технологій та збільшенням обсягів даних, використання таких інструментів ставатиме все більш актуальним та необхідним для успішної діяльності в умовах зростаючої конкуренції.

## Список літератури

1. The Neo4j Graph Data Science Library Manual v2.6 [електронний ресурс]. <https://neo4j.com/docs/graph-data-science/current/> (Режим доступу до 21.05.2024)
2. Basic workflow Neo4j [електронний ресурс]. <https://neo4j.com/docs/graph-data-science/current/getting-started/basic-workflow/> (Режим доступу до 21.05.2024)
3. End-to-end workflow Neo4j [електронний ресурс]. <https://neo4j.com/docs/graph-data-science/current/getting-started/fastrp-knn-example/> (Режим доступу до 21.05.2024)
4. Machine learning pipeline [електронний ресурс]. <https://neo4j.com/docs/graph-data-science/current/getting-started/ml-pipeline/> (Режим доступу до 21.05.2024)
5. Cypher Cheat Sheet [електронний ресурс]. [https://neo4j.com/docs/cypher-cheat-sheet/5/neo4j-community#\\_delete](https://neo4j.com/docs/cypher-cheat-sheet/5/neo4j-community#_delete) (Режим доступу до 21.05.2024)

УДК 656.1+681.5+004.04

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГНОСТИЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

*Грицук Валерій Юрійович, аспірант*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

**Анотація.** В роботі розглянута можливість використання даних, отриманих за допомогою ОВД в системній взаємодії прогностичного обслуговування транспортних засобів. Представлено варіанти збору таких даних до бази даних та можливості використання даних для машинного навчання.

**Ключові слова:** системна взаємодія, база даних, транспортний засіб, передача даних, обробка даних, навчання, машинне навчання, ОВД

Прогностичне обслуговування транспортних засобів актуальне для України, оскільки це може допомогти зменшити витрати на ремонт та збільшити тривалість служби компонентів. Воно також може підвищити безпеку на дорогах, виявляючи потенційні проблеми з автомобілями на ранніх стадіях. Крім того, використання великих даних та машинного навчання в рамках

прогностичного обслуговування може допомогти автомобільним компаніям отримувати цінні висновки про стан автомобіля, ефективність палива, водійську поведінку та інше.

В системній взаємодії в прогностичному обслуговуванні транспортних засобів (рис. 1) можна виділити основні блоки (збір і передавання даних, зберігання та обробка даних, аналіз і використання).

Блок центру накопичення та обробки даних може становити собою реляційну базу даних (або бути елементом більш складної структури), які найбільш часто [1] використовуються для рішення різноманітних задач (рис. 2), в тому числі і в автомобільному транспорті [2].

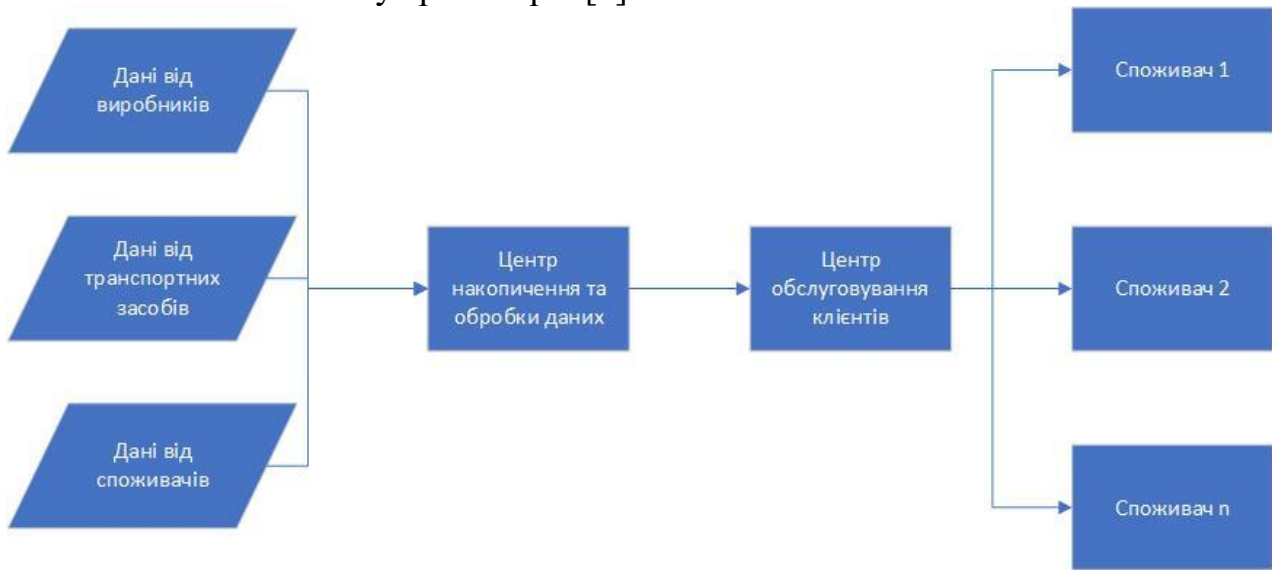
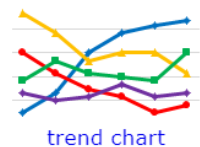


Рис. 1. Системна взаємодія прогностичного обслуговування

### DB-Engines Ranking

The DB-Engines Ranking ranks database management systems according to their popularity. The ranking is updated monthly.

Read more about the [method](#) of calculating the scores.



419 systems in ranking, April 2024

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Apr 2024	Mar 2024	Apr 2023			Apr 2024	Mar 2024	Apr 2023
1.	1.	1.	Oracle <span style="color: orange;">+</span>	Relational, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	1234.27	+13.21	+5.99
2.	2.	2.	MySQL <span style="color: orange;">+</span>	Relational, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	1087.72	-13.77	-70.06
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server <span style="color: orange;">+</span>	Relational, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	829.80	-16.01	-88.73
4.	4.	4.	PostgreSQL <span style="color: orange;">+</span>	Relational, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	645.05	+10.15	+36.64
5.	5.	5.	MongoDB <span style="color: orange;">+</span>	Document, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	423.96	-0.57	-17.93
6.	6.	6.	Redis <span style="color: orange;">+</span>	Key-value, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	156.44	-0.56	-17.11
7.	7.	<span style="color: green;">↑</span> 8.	Elasticsearch	Search engine, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	134.78	-0.01	-6.29
8.	8.	<span style="color: red;">↓</span> 7.	IBM Db2	Relational, Multi-model <span style="color: blue;">i</span>	127.49	-0.26	-18.00
9.	9.	<span style="color: green;">↑</span> 12.	Snowflake <span style="color: orange;">+</span>	Relational	123.20	-2.18	+12.07
10.	10.	<span style="color: red;">↓</span> 9.	SQLite <span style="color: orange;">+</span>	Relational	116.01	-2.15	-18.53

Рис. 2. Статистика використання баз даних

Їх перевагами є структурованість, відносини між даними, масштабованість, універсальність та використання запитів SQL.

Обмін даними між джерелами даних (транспортні засоби, споживачі, виробники) з серверною частиною блоку центру накопичення та обробки даних може здійснюватися з використанням технології 4G або 5G (принцип OBD III або RTM для Китаю) [3]. З іншого боку це може бути набір даних (як приклад можна навести датасет, підготовлений Національною адміністрацією безпеки дорожнього руху США (NHTSA) та розміщений на платформі конкурсу з науки про дані Kaggle (рис. 3) [4]).

Record ID	NHTSA Campaign	Manufacturer Ca...	Vehicle Make	Vehicle Model	# Model
1	20684 unique values	[null] 66% 215-D 0% Other (42023) 34%	FORD 5% CHEVROLET 4% Other (112820) 91%	15164 unique values	1949
1	02V288000	02S41	FORD	FOCUS	2001
2	02V288000	02S41	FORD	FOCUS	2000
3	02V236000		JAYCO	FT EAGLE 10 SG	2003
4	02V237000		HOLIDAY RAMBLER	ADMIRAL SE	2003
5	02V237000		HOLIDAY RAMBLER	ADMIRAL SE	2002
6	02V237000		HOLIDAY RAMBLER	ADMIRAL	1999
7	02V237000		MONACO COACH	MONARCH SE	2003
8	02V237000		MONACO COACH	MONARCH SE	2002
9	02V237000		MONACO COACH	LAPALMA	1999
10	02V237000		MONACO COACH	LAPALMA	2003

Рис. 3. Фрагмент датасету, підготовленого Національною адміністрацією безпеки дорожнього руху США (NHTSA)

Взагалі, доволі часто, в аналізі даних використовуються саме датасети (структуровані набори даних, представлені у вигляді таблиці). Кожен стовпець в таблиці представляє певну ознаку (або змінну), а кожен рядок відповідає конкретному спостереженню (або запису) [5]. Датасети можуть включати різні типи даних, такі як специфікації автомобілів, записи про обслуговування, історію автомобілів, дані про споживання палива, дані телеметрії та інше. Ці дані можуть бути використані для дослідження автомобілів, аналізу ринку, прогностичного обслуговування, страхування, управління автопарком та інших цілей. Датасети можуть бути великими або малими, простими або складними, і вони можуть містити дані з різних джерел.

В роботах [6, 7] як один з подальших напрямків розвитку і вдосконалення інтелектуальної транспортної системи розглядається впровадження в їх склад

сервісу дистанційного контролю параметрів технічних систем транспортних засобів (рис. 4), який є одним з напрямків автомобільної телематики поряд з системами навігації, системами контролю трафіку, системами комунікації автомобілів один з одним і інформаційно-командними системами [6 - 8]. Як головний елемент такого сервісу автори розглядають вбудовану діагностичну систему (OnBoard Diagnostics, OBD), що представляє собою сукупність електронних блоків управління, датчиків і виконавчих пристроїв, підключення до автомобільної шини даних.

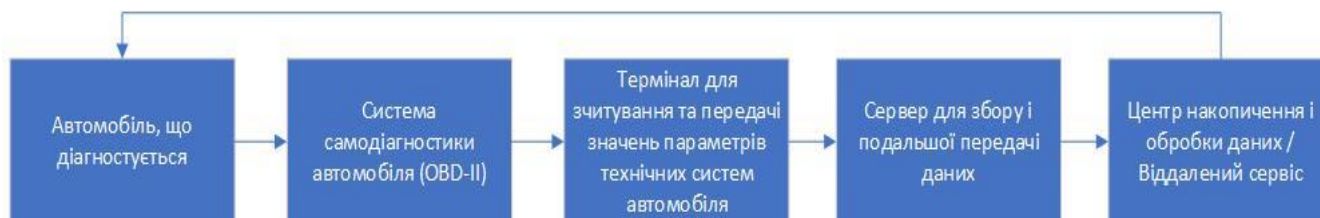


Рис. 4. Схема взаємодії елементів сервісу віддаленого контролю параметрів технічних систем транспортних засобів (за [6], трансформована)

OBD-сканер дозволяє отримувати доступу до багатьох типів даних, включаючи [9]:

- Параметри в реальному часі: оберти двигуна (RPM), швидкість, положення педалі, кут передчасного запалювання, швидкість повітряного потоку, температура охолоджуючої рідини тощо;
- Стан індикатора «Check Engine»;
- Стан готовності до емісії;
- Заморожена рамка: «знімок» параметрів на момент виникнення несправності;
- Діагностичні коди несправностей (DTC);
- Результати перевірки кисневого датчика;
- Ідентифікаційний номер автомобіля (VIN);
- Кількість циклів запалювання.

Ці дані можна розглядати як елемент Big Data в контексті того, що кожен автомобіль генерує велику кількість різноманітних даних, які збираються в режимі реального часу. Відповідно, отримані з OBD дані можуть бути використані для машинного навчання на декількох рівнях:

1. Дані з OBD можуть бути використані для прогнозування потреби в технічному обслуговуванні автомобіля. Наприклад, можна створити моделі, які прогнозують «виклик до дії» на основі кодів DTC та заморожених кадрів [10].

2. Дані з OBD можуть бути використані для аналізу та класифікації стилю водіння. Наприклад, можна зібрати критичні дані про продуктивність автомобіля, включаючи швидкість, оберти двигуна, положення педалі, визначене навантаження двигуна та більше 50 інших параметрів, які можуть бути використані для побудови моделі, яка класифікує поведінку водія та може бути використана для надання зворотного зв'язку для покращення звичок водіння [11, 12].

3. Дані з OBD можуть використовуватися для прогнозування траєкторії автомобіля. Наприклад, можна використовувати модель Long-Short-Term Memory (LSTM) для прогнозування швидкості та курсу на наступну 1 секунду [13].

Таким чином, можна побачити, що дані, отримані за допомогою OBD можуть бути ефективно використані в системній взаємодії прогностичного обслуговування транспортних засобів, в тому числі як компонент Big Data, а також для машинного навчання.

### Література

1. DB-Engines Ranking. URL: <https://db-engines.com/en/ranking> (дата звернення 12.04.2024).
2. Грицук А.І., Грицук В.Ю., Ченцов А.В., Матейчик П.В., Краснокутська З.І. Використання інформаційних баз даних в задачах моніторингу автомобільного транспорту. *Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування*. 9-а Міжнародна науково-практична конференція, 13-14 вересня 2018 р. Херсон: ХДМА. 376 с. С.37-39.
3. Nagy, J., Lakatos, I. The past, the present and the future of online road vehicle diagnosis from car and scan tool communication perspective (2023) *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 39, pp. 52-58.
4. NHTSA. Vehicle and Tire Recalls, 1967-Present. URL: <https://www.kaggle.com/nhtsa/safety-recalls> (дата звернення 12.04.2024)
5. What is a Dataset: Types, Features, and Examples. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-dataset/> (дата звернення 12.04.2024)
6. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y. et al., Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions, SAE Technical Paper 2018-01-0024, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>.
7. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків: ХНАДУ, 2018. 300 с.
8. Катунин А.А., Пешехонов М.В. Дистанционный контроль параметров технических систем автомобилей в составе ИТС. *Автомобиль и электроника. Современные технологии*. № 2(5). Харьков: ХНАДУ, 2013. С.114-118.
9. What data is available from OBD? URL: <https://www.obdsol.com/knowledgebase/on-board-diagnostics/what-data-is-available-from-obd/> (дата звернення 12.04.2024)
10. Predicting Vehicle Maintenance using on-board and off-board data URL: <https://ecosystem.evolve-h2020.eu/predicting-vehicle-maintenance-using-on-board-and-off-board-data/> (дата звернення 12.04.2024)
11. Kumar, R., Jain, A. Driving behavior analysis and classification by vehicle OBD data using machine learning. *J Supercomput* 79, 18800–18819 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11227-023-05364-3>
12. Peppes N, Alexakis T, Adamopoulou E, Demestichas K. Driving Behaviour Analysis Using Machine and Deep Learning Methods for Continuous Streams of Vehicular Data. *Sensors*. 2021; 21(14):4704. <https://doi.org/10.3390/s21144704>
13. Navali, N., Vanajakshi, L., Bullock, D.M. (2023). Application of On-Board Diagnostics (OBD) Data for Vehicle Trajectory Prediction. In: Devi, L., Errampalli, M., Maji, A., Ramadurai, G. (eds) *Proceedings of the Sixth International Conference of Transportation Research Group of India . CTRG 2021. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 273. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-4204-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-19-4204-4_19)