

Розробка еталонного тесту та експериментальне тестування графових СКБД

Науковий керівник: Гулаєва Н. М.
Виконав: Корбут Д. С.

Вступ

Актуальність

- Зростання інтересу до графових даних
- Постійна поява нових та оновлення існуючих графових СКБД
- Потреба у порівнянні продуктивності систем
- Порівняно нерозвинена сфера еталонного тестування графових СКБД

Постановка задачі

- Оглянути та порівняти існуючі еталонні тести та інструменти тестування СКБД
- Розробити власний еталонний тест для графових СКБД та фреймворк для його проведення
- Оцінити продуктивність на йпопулярніших графових СКБД за допомогою розробленого фреймворку.

Еталонне тестування СКБД

- Перші еталонні тести:
IBM TP1, DebitCredit
- Заснування Transaction Processing Performance Council (TPC) та затверджені тести:
TPC-A, TPC-B, TPC-C, TPC-E, TPC-H
- Сучасні тести:
Yahoo! Cloud Serving Benchmark, LinkBench, TeraSort, BIG-bench та інші

Огляд інструментів тестування: загальні

Назва	Тип продукту	Платформа	СКБД	Характеристика
BenchBase	Відкритий	Windows, Linux	Реляційні з підтримкою JDBC	Широкий список популярних тестів (TPC-C, TPC-H, YCSB та ін.), можливість додавання власних
Benchmark Factory for Databases	Пропрієтарний	Windows	Oracle Database, SQL Server, DB2, SAP, MySQL	Графічний інтерфейс, наявність найпоширеніших тестів від TPC (TPC-H, TPC-C, TPC-D, TPC-E), можливість запису та відтворення реального навантаження
sysbench	Відкритий	Linux	MySQL, PostgreSQL	Колекція OLTP-тестів та тестів на швидкість операційної пам'яті, процесора, файлової системи від розробників інструменту. Можливість додавання власних
OSDLDBT	Відкритий	Linux	MySQL, PostgreSQL, SQLite, CockroachDB	Набір тестів, що є авторською імplementацією TPC-C, TPC-H, TPC-E, TPC-DS

Огляд інструментів тестування: загальні

Назва	Тип продукту	Платформа	СКБД	Характеристика
HammerDB	Відкритий	Windows, Linux	Oracle Database, Microsoft SQL Server, IBM Db2, MySQL, Maria DB, PostgreSQL	Графічний інтерфейс, модифіковані реалізації тестів TPC-C та TPC-H. наявність порталу для обміну результатами тестування.
pgbench	Відкритий	Windows, Linux	PostgreSQL	Є стандартним компонентом PostgreSQL, відтворює навантаження, подібні до тесту TPC-B або користувацькі сценарії.
tpce-mysql	Відкритий	Linux	MySQL	Відповідно до назви, реалізує тест на основі специфікації TPC-E для СКБД MySQL

Еталонне тестування графових СКБД

- Linked Data Benchmark Council (LDBC) – ТРС у світі графових даних
- Тести LDBC для графових СКБД:
 - Social Network Benchmark (SNB) – OLTP та OLAP навантаження в предметній області соціальної мережі
 - Financial Benchmark (FinBench) – навантаження у фінансових сценаріях

Огляд інструментів тестування: графові

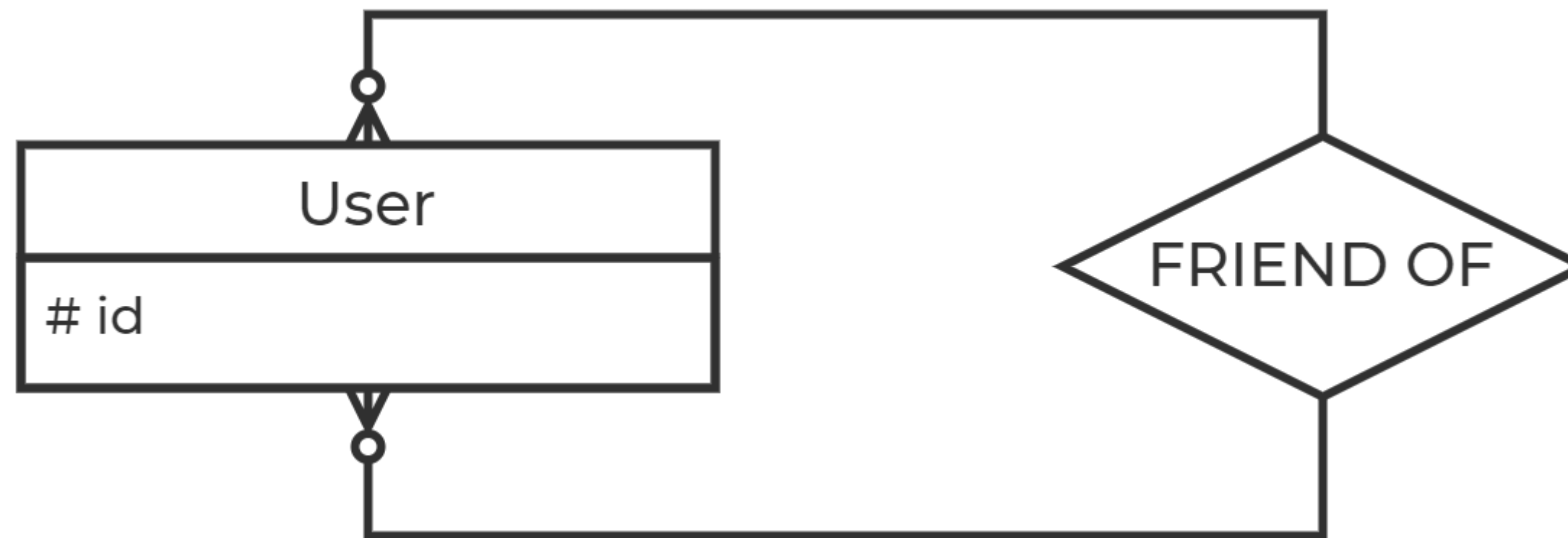
Назва	Тип продукту	Платформа	СКБД	Характеристика
graphdb-benchmarks	Відкритий	Windows, Linux	Titan, OrientDB, Neo4j, Sparksee	Складається з чотирьох робочих навантажень: кластеризація, масова вставка, одиночна вставка та запитів на пошук сусідніх вершин, найкоротшого шляху
GDB Test-suite	Відкритий	Windows, Linux	ArangoDB, Blaze Graph, Neo4j, OrientDB, Sparksee, SQLG, Titan	Перевіряє продуктивність за допомогою примітивних запитів, що являють собою CRUD-операції

Огляд інструментів тестування: графові

Назва	Тип продукту	Платформа	СКБД	Характеристика
Benchgraph	Відкритий	Windows, Linux	Memgraph, Neo4j	Реалізує комплексні робочі навантаження на базі тесту SNB від LDBC та власні наборі даних соц. мережі Pokec. Інструмент від розробників Memgraph
WDBench	Відкритий	Windows, Linux	Apache Jena, Virtuoso, Blazegraph, Neo4j	Складається з робочих навантажень сервісу Wikidata та орієнтований на системи з підтримкою SPARQL, але має адаптовані версії більшості запитів для Neo4j

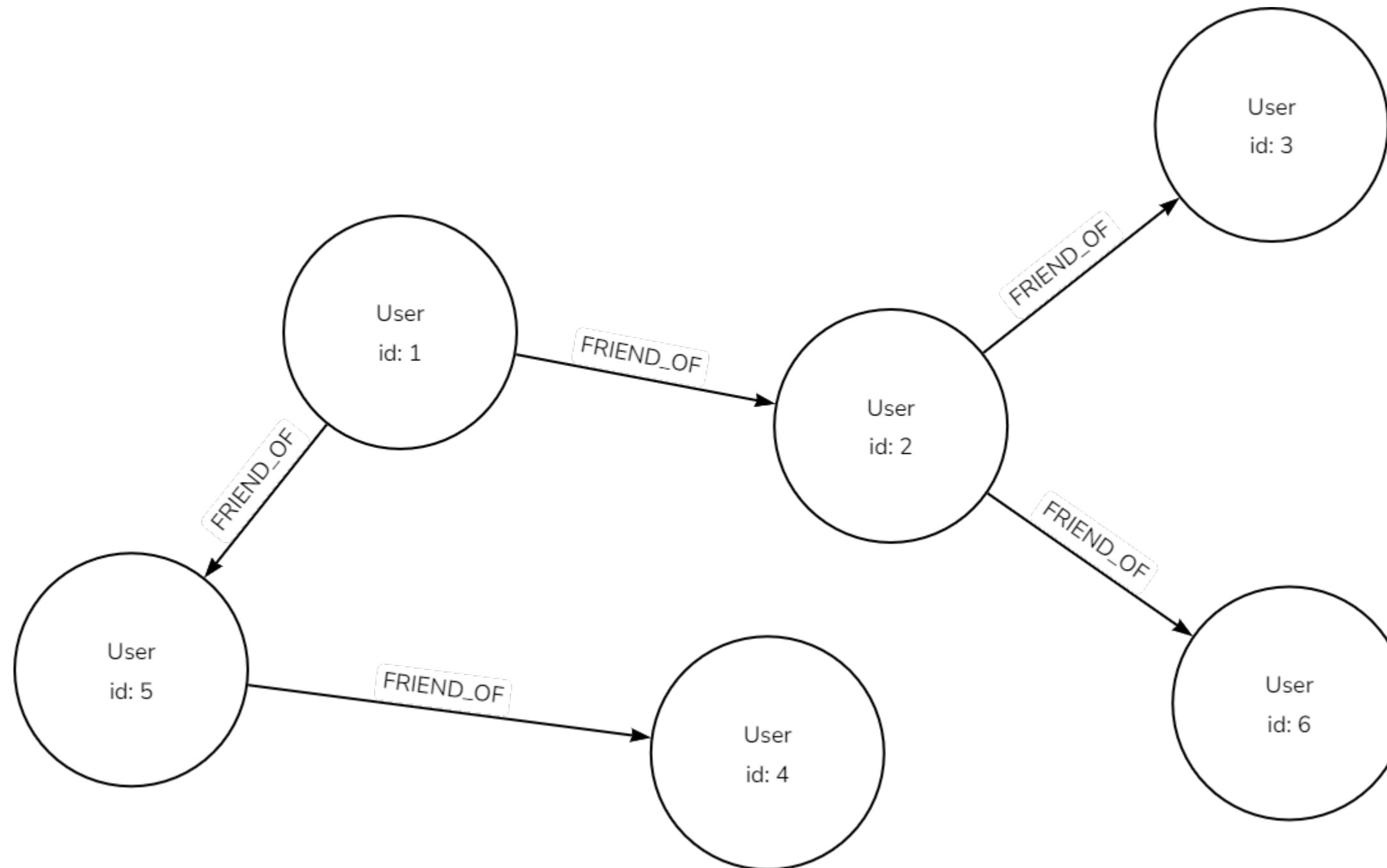
Розробка еталонного тесту

Предметна область: соціальна мережа



Розробка еталонного тесту

Соціальна мережа : графова модель



Розробка еталонного тесту

Запит: пошук друзів користувача на глибині N

Depth	Execution time (seconds) for 1 million users	Count result
2	0.016	~2,500
3	30.267	~125,000
4	1,543.505	~600,000
5	Not finished	—

Реляційна модель (MySQL)

Depth	Execution time (seconds) for 1 million users	Count result
2	0.01	~2,500
3	0.168	~110,000
4	1.359	~600,000
5	2.132	~800,000

Графова модель (Neo4j)

Пропонований еталонний тест

Предметна область: соціальна мережа

Запит: пошук друзів користувача на глибині N

- Деяка кількість запитів
- Пошук друзів випадкових користувачів з доступного діпазону
- Результат запиту: кількість знайдених друзів (COUNT) з вилученням дублікатів (DISTINCT)

```
MATCH (:User {id: 10})-[:FRIEND_OF*..5]-(b)  
RETURN COUNT(DISTINCT b) AS result
```

Приклад запиту мовою CQL

Розробка фреймворку для тестування

Реалізація пропонованого еталонного тесту

Вимоги до функціоналу:

- Генерація набору даних
- Завантаження набору даних
- Еталонне тестування

Розробка фреймворку для тестування

Метрики тесту

На основі затримок окремих запитів:

- Максимальна, мінімальна та середня затримки
- 25- й, 50- й, 75- й, 95- й та 99- й перцентилі за тримки

Загальні показники:

- Загальний час виконання тесту у секундах
- Кількість транзакцій за секунду (TPS)
- Кількість успішних та невдалих запитів, їх співвідношення

Інструменти розробки

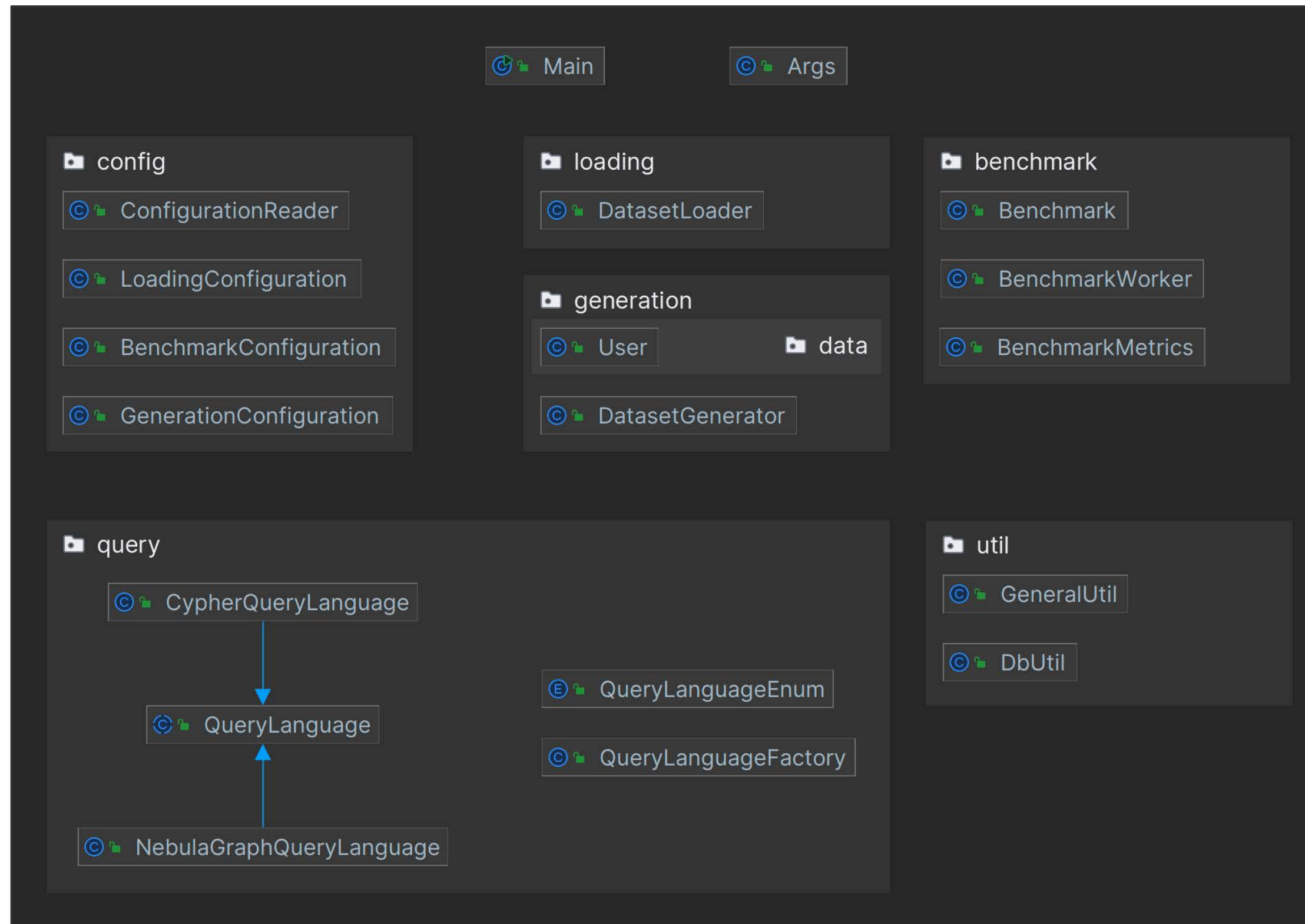


Java



Розроблений фреймворк

- Налаштування аргументами командного рядка та конфігураційним файлом
- Три режими роботи
 - Генерація
 - Завантаження
 - Еталонне тестування
- Особливості тестування
 - Налаштування кількості потоків
 - Наявність часу на розігрів
- Легке розширення іншими СКБД
 - Патерн Factory
 - JDBC-драйвер



Діа гра ма кла сів

Експериментальне тестування

Для тестування обрано 3 графові СКБД:

- Neo4j (Enterprise)
- Memgraph (Community)
- Nebula Graph (Open Source)

Забезпечено підтримку інструментом тестування

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Apr 2024	Mar 2024	Apr 2023			Apr 2024	Mar 2024	Apr 2023
1.	1.	1.	Neo4j	Graph	44.47	+0.11	-7.13
2.	2.	2.	Microsoft Azure Cosmos DB	Multi-model	29.85	-0.54	-5.23
3.	3.	3.	Aerospike	Multi-model	6.10	-0.41	-0.30
4.	4.	4.	Virtuoso	Multi-model	4.20	-0.19	-2.04
5.	5.	5.	ArangoDB	Multi-model	3.77	-0.45	-1.03
6.	6.	6.	OrientDB	Multi-model	3.27	-0.11	-0.79
7.	8.	9.	GraphDB	Multi-model	3.10	+0.19	+0.76
8.	7.	11.	Memgraph	Graph	3.00	-0.09	+0.88
9.	9.	7.	Amazon Neptune	Multi-model	2.58	-0.24	-0.11
10.	10.	10.	NebulaGraph	Graph	2.12	-0.24	-0.05

Рейтинг DB-Engines

Експериментальне тестування

Умови проведення тестів для кожної з СКБД

Обладнання	ОС Windows 10, оперативна пам'ять 16 GB, 4-ядерний процесор, SSD NVMe
Набір даних	100 тисяч користувачів з 40-60 друзями (100 тисяч вершин, ~2.5 мільйони зв'язків)
Кількість запитів	1000
Час розігріву	5 хвилин
Кількість потоків	1 та 8
Глибина пошуку (N)	3, 4, 5

Результати тестування: 1 потік

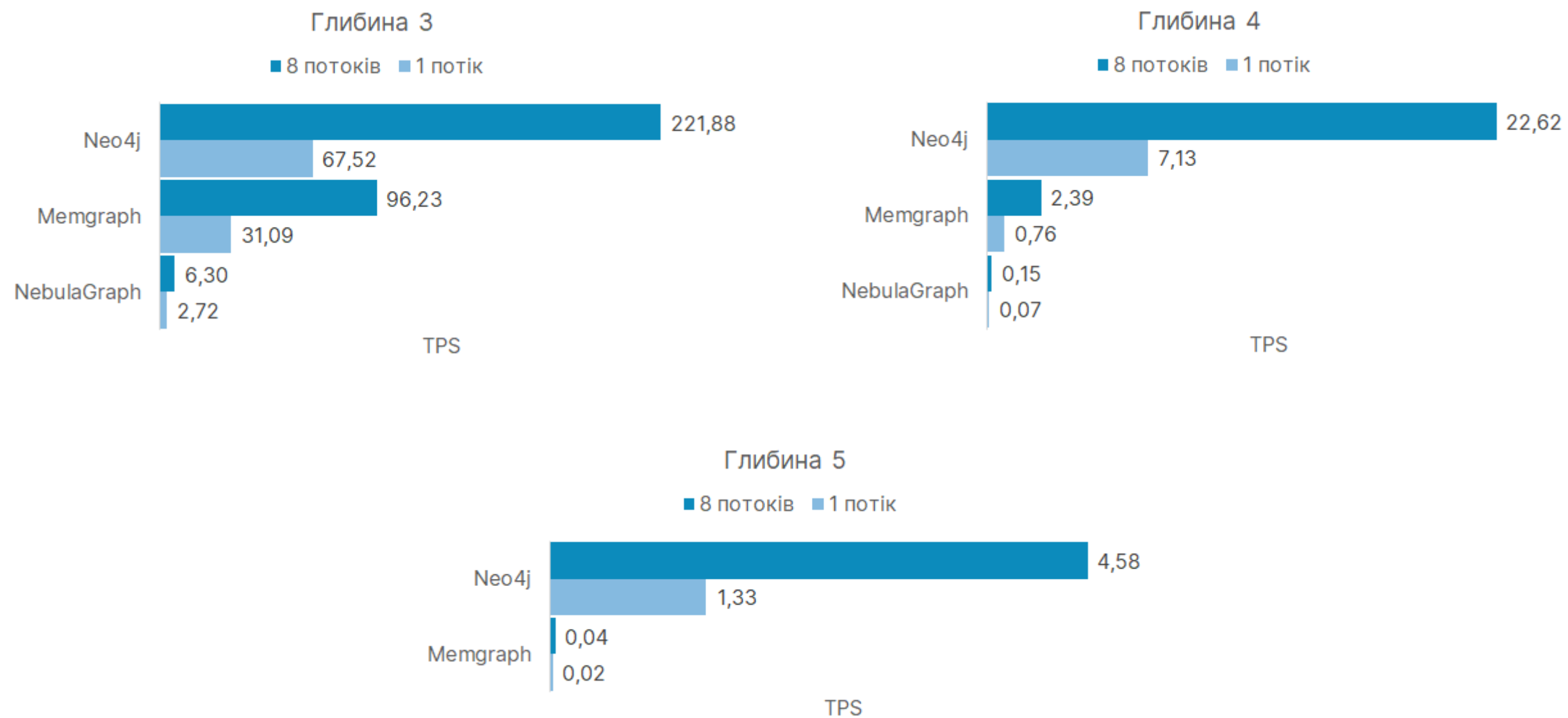
Глибина	СКБД	Час виконання (секунди)	TPS	За тримка окремих запитів (мілісекунди)	
				95-й перцентиль	Максимальна
3	Neo4j	14.81	67.52	28	48
	Memgraph	32.17	31.09	43	56
	Nebula Graph	367.19	2.72	658	966
4	Neo4j	140.16	7.13	292	734
	Memgraph	1312.21	0.76	1722	1908
	Nebula Graph	13768.35	0.07	18454	23371
5	Neo4j	753.08	1.33	831	921
	Memgraph	61639.12	0.02	75344	77713
	Nebula Graph	-	-	-	-

Результати тестування: 8 потоків

Глибина	СКБД	Час виконання (секунди)	TPS	За тримка окремих запитів (мілісекунди)	
				95-й перцентиль	Максимальна
3	Neo4j	4.51	221.88	68	114
	Memgraph	10.39	96.23	109	152
	Nebula Graph	158.69	6.30	2154	3366
4	Neo4j	44.20	22.62	775	1425
	Memgraph	418.55	2.39	4389	5039
	Nebula Graph	8306.33	0.15	26249	29837
5	Neo4j	218.49	4.58	1973	2230
	Memgraph	23298.56	0.04	215784	216014
	Nebula Graph	-	-	-	-

Експериментальне тестування

Аналіз отриманих результатів



Висновки

01

Проаналізовано та порівняно ряд еталонних тестів, інструментів тестування

02

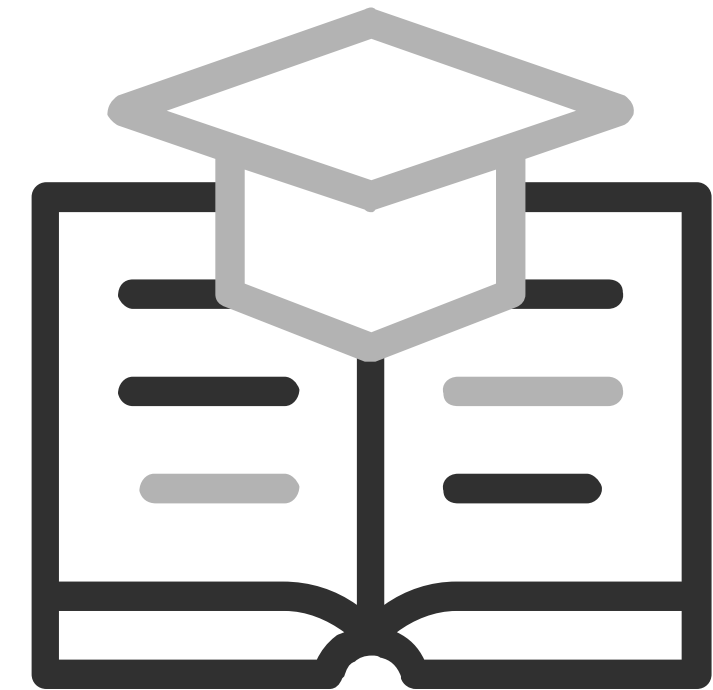
Запропоновано власний еталонний тест для графових СКБД

03

Розроблено фреймворк для його реалізації та проведення

04

Експериментально протестовано ряд графових СКБД





Дякую за увагу