

експерименти на базі трьох типів загроз (автентифікація, доступ, шифрування) показали, що запропонована система зменшує середній час регресійного циклу на до 35 %, при цьому забезпечуючи зростання ризикового покриття на близько 20 %.

**Висновки.** Автоматизоване тестування компонентів КСЗІ, побудоване на формальних моделях простежуваності й ризик-орієнтованої адаптації, забезпечує якісно новий рівень контрольованості процесу перевірки безпеки. Запропонована модель дозволяє узгоджено керувати вимогами, загрозами й тестами, підвищує ефективність CI/CD-процесів і формує основу для побудови інтелектуальних систем випробувань у межах DevSecOps.

#### Список використаної літератури

[1] Toka L., Rossi D., Colle D. A survey on adaptive load balancing in data centers: algorithms, architectures, and future trends // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. — 2022. — Vol. 24, No. 3. — P. 1587–1614. DOI: 10.1109/COMST.2022.3148159.

[2] Wang Q., Lu Y., Jiang Z. Multi-objective optimization of load balancing in software-defined data center networks // *Computer Networks*. — 2021. — Vol. 197. — Article 108309. DOI: 10.1016/j.comnet.2021.108309.

[3] Nayak S., Behera A. Security testing automation in DevSecOps pipeline: challenges and solutions // *Journal of Information Security and Applications*. — 2023. — Vol. 75. — Article 103529. DOI: 10.1016/j.jisa.2023.103529.

УДК 004.272

#### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ РОЗРІДЖЕНИХ ДАНИХ

Бульба С.С., Сизоненко А.С. (Serhii.Bulba@khpi.edu.ua,  
Anastasiia.Syzonenko@cit.khpi.edu.ua)

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" (Україна)*

*У роботі розглянуто проблему ефективного зберігання та обробки розріджених даних, що є актуальною для сучасних систем обчислень, зокрема в галузях машинного навчання, комп'ютерного моделювання та обробки зображень. Проаналізовано особливості побудови структур зберігання розріджених матриць, де більшість елементів дорівнюють нулю, що дозволяє суттєво зменшити обсяг необхідної пам'яті та підвищити швидкодію обчислювальних процесів. Розглянуто основні методи представлення даних — стиснене рядкове та стовпцеве зберігання. У результаті дослідження встановлено, що вибір оптимальної структури даних визначається типом задачі та характером доступу до елементів матриці. Отримані результати можуть бути використані при розробці програмного забезпечення для наукових і технічних розрахунків.*

У сучасних інформаційних технологіях швидко зростає обсяг даних, які потрібно зберігати, аналізувати та обробляти з високою ефективністю. Особливу категорію такої інформації становлять розріджені дані, для яких характерна наявність великої кількості нульових або не значущих елементів. Такі структури виникають у задачах наукових обчислень, машинного навчання, комп'ютерного моделювання, аналізу соціальних мереж, обробки природної мови, а також при роботі з графами та сітковими моделями. Наприклад, у системах розпізнавання зображень і сигналів матриці ознак часто містять лише невелику кількість ненульових компонентів, а при розв'язанні диференційних рівнянь чисельними методами коефіцієнтні матриці є розрідженими. У задачах аналізу графів або веб-сторінок матриця суміжності також характеризується високим рівнем розрідженості, що обумовлює потребу у використанні спеціалізованих методів зберігання [1].

Актуальність теми обумовлена зростанням вимог до обчислювальних ресурсів та обсягів пам'яті при роботі з великими даними. Зберігання розріджених структур у вигляді звичайних повних матриць призводить до значних витрат пам'яті та зниження швидкодії при обробці. Тому виникає необхідність у розробці ефективних структур даних і алгоритмів, що забезпечують компактне представлення та швидкий доступ до ненульових елементів. Крім того, вибір

відповідної структури зберігання безпосередньо впливає на продуктивність алгоритмів множення матриць, розв'язання систем лінійних рівнянь та інших операцій лінійної алгебри, які широко застосовуються в чисельному аналізі та моделюванні.

**Метою дослідження** є аналіз існуючих методів зберігання розріджених матриць, визначення їхніх переваг та недоліків, а також оцінювання ефективності використання різних структур даних залежно від характеру розрідженості. Для досягнення поставленої мети розглядаються основні принципи побудови структур, що дозволяють економити пам'ять і забезпечують швидкий доступ до елементів.

У сучасних підходах зберігання розріджених матриць акцент робиться на таких формах представлення, як по строкове зберігання, розподіл за стовпцями або рядками, а також на комбінованих моделях, орієнтованих на ефективне використання кеш-пам'яті та паралельних обчислень. У більш складних випадках використовуються гібридні структури, які поєднують декілька методів для різних областей матриці.

Якщо ненульові елементи мають регулярне розташування, доцільним є використання структур зі збереженням фіксованого кроку, тоді як при нерегулярній щільності даних ефективнішими виявляються індексні структури, які зберігають лише координати ненульових елементів. Для надвеликих матриць, що не вміщуються в оперативну пам'ять, пропонується застосування розподіленого зберігання у хмарних або паралельних обчислювальних системах. Такі підходи забезпечують масштабованість та можливість обробки даних у реальному часі [2].

Розріджені структури відіграють важливу роль у побудові ефективних чисельних алгоритмів. У практичних застосуваннях, наприклад, у машинному навчанні або методах оптимізації, зберігання розріджених матриць у компактному вигляді дозволяє суттєво зменшити витрати пам'яті та прискорити обчислення. У системах обробки зображень і сигналів такі структури застосовуються для фільтрації, реконструкції або сегментації даних із високою роздільністю, де більшість пікселів або точок не містять значущої інформації. З розвитком технологій великих даних та штучного інтелекту ефективне представлення розріджених матриць стає одним із ключових чинників оптимізації програмних систем і апаратних засобів.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що ефективність зберігання розріджених даних значною мірою визначається особливостями структури матриці та характером її заповнення. Використання спеціалізованих структур даних дозволяє значно зменшити обсяг пам'яті та підвищити швидкодію обчислень. Представлені дослідження представляють основу для побудови високопродуктивних обчислювальних систем, орієнтованих на роботу з великими розрідженими структурами у різних галузях інформаційних технологій.

#### **Список використаної літератури**

- [1] Seitz J. Black Hat Python: Python Programming for Hackers and Pentesters / J. Seitz, T. Arnold. – San Francisco: No Starch Press, 2021. –P. 216.
- [2] Tao Wang, Longjiang Guo, Guilin Li, Jinbao Li, Renda Wang, Meirui Ren, Jing He, "Implementing the Jacobi Algorithm for Solving Eigenvalues of Symmetric Matrices with CUDA", 2012 IEEE Seventh International Conference on Networking, Architecture, and Storage (2012), pp. 69-78.

УДК 004.056.5:004.89

### **ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЗАГРОЗ**

**Сторчак А.С, Бурдейний А.О.**

(storchakanton@gmail.com, burdes228@gmail.com)

*Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації  
Національного технічного університету України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” (Україна)*

*Сучасна кібербезпека перебуває у стані динамічних трансформацій, обумовлених як розвитком технологій, так і ускладненням методів атак. Використання штучного інтелекту супротивниками, зокрема генеративних моделей для створення фішингових кампаній та складних шкідливих сценаріїв, значно підвищує рівень загроз для державних та корпоративних*