

МОДИФІКОВАНИЙ АЛГОРИТМ ОБТИНАННЯ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ k -СЕРЦЕВИНИ У СКЛАДНИХ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМАХ

Дмитро Поліщук

Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН
України, do.polishchuk@gmail.com

Мережеві системи, що моделюють реальні інфраструктури, соціальні чи біологічні взаємодії, часто характеризуються складною топологією та неоднорідним розподілом зв'язків. Аналіз уразливості таких систем потребує інструментів, здатних виділяти ключові структурні елементи, зокрема k -серцевину, яка відповідає за збереження цілісності мережі під час цілеспрямованих атак та нецільових уражень різних видів. Більшість із досліджень зосереджені на проблемі як зруйнувати структуру складної мережі послідовними цілеспрямованими атаками на елементи (вузли та ребра) виділеної k -серцевини [1].

Одним із найбільш вживаних способів виділення k -серцевин є запропонований у [2] процес обтинання (pruning process – PP), який надалі називатимемо PP-алгоритмом. Вважається, що у результаті виконання PP-алгоритму у мережі залишаються лише вузли зі ступенем k та вище, тобто її k -серцевина. Розглянемо застосування PP-алгоритму для складної мережевої системи (СМС), яка описує структуру залізничної транспортної системи (ЗТС) західного регіону України та містить 365 вузлів. При виділенні за допомогою поетапного PP-алгоритму 4-серцевини цієї мережі отримуємо порожню множину (рис. 1).

Рис. 1. Застосування поетапного PP-алгоритму для виділення 4-серцевини
ЗТС західного регіону України

Для уникнення виродження k -серцевини у порожню множину запропоновано модифікований процес обтинання (MPP-алгоритм), який
<http://www.iapmm.lviv.ua/chyt2025>

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2025», 27–29 травня 2025 р., Львів

враховує поняття відкритих зв'язків та граничних точок мережі. Алгоритм передбачає адаптивне спрощення мережі шляхом пошуку найкоротших шляхів та заміни вузлів зі ступенем $q < k$, які лежали на цьому шляху, разом із ребрами, які виходили з них, не належали цьому шляху та не поєднувались з вузлами зі ступенем $q \geq k$, на безпосередні ребра із видаленням проміжних вузлів. Пошук найкоротших шляхів здійснюється з використанням модифікованого алгоритму Дейкстри[3]. На рис. 2 відображена мережа ЗТС західного регіону України. із результатами послідовного застосування MPP-алгоритму на етапах виділення 7-, 6-, 5- та 4-серцевин цієї мережі відповідно.

Рис. 2. Застосування MPP-алгоритму для поетапного виділення 7-, 6-, 5-, 4-серцевини ЗТС західного регіону України

Розроблений модифікований алгоритм обтинання демонструє кращу адаптивність і точність при виділенні k -серцевини у складних мережевих системах та запобігає виродженню k -серцевини у порожню множину. Запропонований алгоритм може бути застосований до завдань аналізу уразливості, виявлення ключових вузлів або оптимального планування захисту складних мережевих систем.

1. Li J., et al. Large-Scale Social Network Privacy Protection Method for Protecting K-Core // International Journal of Network Security. – 2021. – Vol. 23. – P. 612-622.
2. Batagelj V., Zaversnik M. An $O(m)$ Algorithm for Cores Decomposition of Networks. <https://arxiv.org/>. 25.10.2003. URL: <https://arxiv.org/pdf/cs/0310049> (дата звернення: 04.05.2025).
3. Ahuja R. K., et al, Faster algorithms for the shortest path problem // Journal of the ACM. – 1990. – Vol. 37(2). – P. 213-223.

MODIFIED PRUNING ALGORITHM FOR EXTRACTING THE K-CORE IN COMPLEX NETWORK SYSTEMS

This study presents a modified pruning process (MPP-algorithm) for extracting the k -core in complex network systems, which avoids the degeneration of the k -core into an empty set. The algorithm incorporates open links and boundary points, and simplifies the network adaptively using shortest path substitution. Its application to the real-world systems demonstrates improved resilience and accuracy in structural core identification.