

УДК656.2: 004.75: 519.854

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В
НЕОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРАФАХ МАКСИМАЛЬНЫХ КЛИК**

**FORMULATION OF THE PROBLEM DETERMINING THE MAXIMUM
CLIQUE IN THE NON-ORIENTED GRAPHS**

*Докт. техн. наук. С. В. Листровой, канд. техн. наук. А. В. Головки,
канд. техн. наук. В. М. Бутенко, М. В. Ушаков
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*S.V. Listrovoy, D.Sc. (Tech.), O.V. Golovko, PhD (Tech.),
V.M. Butenko, PhD (Tech.), M.V. Ushakov,
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

При эксплуатации современных систем управления, в отрасли транспорта обостряется проблема прогнозирования технического состояния аппаратуры. В [1] без указания способов уменьшения ресурса, предложен метод прогнозирования отказов аппаратных средств микропроцессорных систем железнодорожной автоматики, позволяющий определить вероятность отказа устройства с использованием распределения Стьюдента, методов максимального правдоподобия и неравноточных наблюдений в условиях ограниченных статистических данных. Один из путей повышения точности определения технических параметров для вычисления характеристик движения предложен в [2]. Применение методов видеоанализа с повышением точности приводит к существенному повышению информационных потоков и построения распределенных вычислительных сетей. Это подвигло специалистов на поиск возможностей оптимизации ресурсов, как в технической (вычислительной и телекоммуникационной), так и в информационной подсистеме управления.

В работе [3] исследуется процедура статистического прогнозирования трудоемкости параллельного решения SAT-задач, которая позволяет определить оптимальные прогнозируемые параметры декомпозиции распределенной системы управления. Моделирование работы локального планировщика на основе решения задач нелинейного булевого программирования уже рассмотрено авторами в [4].

В исследовании [5] модель рассматриваемых систем управления приводилась к эквивалентной формальным определениям разреженному графу. Она может быть заменена задачей о наибольшей клике (*Maximum Clique Problem, MCP*), которая является одной из известных трудно решаемых задач

теории графов. Решения существуют, но они занимают время экспоненциально зависящее от размера графа. Но пока не найдено алгоритмов, разрешающих её за полиномиальное время с возможностью параллельных вычислений. Таким образом, актуальным направлением исследования *МСП* была разработка новых подходов нахождения точных и приближенных решений с учетом особенностей графов, возникающих в приложениях.

Целью работы была разработка метода определения максимальных клик в неориентированных графах с малой временной сложностью.

Для достижения указанной цели возникла необходимость в следующем:

– ввести процедуру *B*, позволяющую определить оценки сверху размеров клик в графах;

– ввести процедуру *A*, позволяющую с помощью процедуры *B* формировать клики на основе каждой вершины графа и после этого выбирать наибольшую клику в графе.

Рассмотрим решение задачи *МСП*, на основе получения верхних оценок размеров клик в графе, базирующихся на достаточно очевидном утверждении 1:

Утверждение 1. Если в графе $G(V, E)$ присутствует клика размера k , то число вершин i со степенью $d_i \geq k-1$ должно быть не менее k , т. е. будем говорить, что имеем оценку сверху размера максимальной клики $\Delta_{\max} = k$ в графе $G(V, E)$.

Пусть задан граф $G(V, E)$ содержащий n вершин. Построим n подграфов следующим образом: выбираем вершину $i=1$, выделяем все вершины, связанные с ней, и соединяем все вершины ребрами в соответствии со связями, имеющимися в исходном графе $G(V, E)$. Получаем подграф G_1 без вершины $i=1$, аналогичным образом строим подграфы G_2, G_3, \dots, G_n . Таким образом, формирование произвольного подграфа G_i на основе произвольной вершины i заключается в выделении подмножества вершин, связанных с вершиной i . Ребрами соединяют их в соответствии с теми связями вершин, которые имели место в графе G . Ясно, что если в исходном графе $G(V, E)$ присутствует клика максимального размера, то данная клика присутствует и в одном из подграфов G_i .

Рассмотрим возможность построения процедуры *B* для определения оценок сверху размеров клик в подграфах G_i . Допустим, задан граф G_i с его отсортированными в порядке убывания степеней вершинами d_r . При этом, вершины с одинаковыми степенями d_r объединим в подмножества $\{\alpha^r\}$ с мощностью $|\alpha^r| = p_r$ (где α^r это номера соответствующих вершин в графе G_i), а p_r количество вершин в графе G_i с одинаковыми степенями d_r . Общее число таких подмножеств обозначим через γ . В результате сортировки получаем последовательность вершин, удовлетворяющих неравенству

$$\{d_{r=1}\} \in \alpha^{r=1} > \{d_{r=2}\} \in \alpha^{r=2} > \dots > \{d_{r=\gamma}\} \in \alpha^{r=\gamma}. \quad (1)$$

Последовательность (1) будем хранить в виде списка s_j . На основе утверждения 1 можно предложить следующую процедуру определения верхней оценки Δ_{\max} по списку S_j .

Разработана процедура A с малой временной сложностью $O(2n^3 \log_2 n)$, позволяющая с единых позиций решать такие задачи, как определение максимальной клики в неориентированных графах, определение максимальных независимых множеств и минимальных вершинных покрытий в графах, определение изоморфизма графов и изоморфного вложения.

[1] Predicting a technical condition of railway automation hardware under conditions of limited statistical data [Text] / V. Moiseenko, O. Kameniev, V. Gaievskiy // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 3, №9 (88). – P. 26 – 35. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.102005

[2] Panchenko, S. Improvement of the accuracy of determining movement parameters of cuts on classification humps by methods of video analysis [Text] / S. Panchenko, I. Siroklyn, A. Lapko, A. Kameniev, S. Zmii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 4, Issue 3 (82). – P. 25–30. doi: 10.15587/1729-4061.2016.76103

[3] Solving of sat-problems of artificial intelligence with the help of local elimination algorithms// Miroshnik M.A., Tsekhmistro R.I., Demichev A.I.// Telecommunications and radio engineering. 2016. – Vol.75, Issue 7. p. 621 – 629. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v75.i7.50

[4] Modeling Local Scheduler Operation Based on Solution of Nonlinear Boolean Programming Problems [Text] / E.S. Listrovaya, V.A. Bryksin, M.S. Kurtsev // "Cybernetics and Systems Analysis". – Springer International Publishing AG. – 2017. – Vol. 53. №5. – P. 766 – 775. DOI 10.1007/s10559-017-9979-6

[5] Development of method of definition maximum clique in a non-oriented graph / S. V. Listrovoy, V. M. Butenko, V. O. Bryksin, O. V. Golovko // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 5, № 4 (89). – P. 12 – 17. EID: 2-s2.0-85032585697 DOI: 10.15587/1729-4061.2017.111056

УДК [556.114:574.63] (285.33)

ПИТАННЯ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ЯКІСНОЮ ПИТНОЮ ВОДОЮ

QUESTIONNAIRE FOR PROVIDING QUALITY WATER POPULATION

Канд. техн. наук Р. В. Пономаренко¹, докт. техн. наук О.В. Третьяков²

¹Національний університет цивільного захисту України (Харків)

²Харківський національний університет міського господарства ім. О.М.

Бекетова (Харків)

R.V. Ponomarenko¹, PhD (Tech.), O.V. Tretyakov² Dr.Sc. (Tech.)

¹National University of Civil Protection of Ukraine (Kharkiv)

²Harkov National University of Urban Economics, O.M. Beketova (Kharkiv)

Якість питної води, в першу чергу, залежить від якості води джерела питного водопостачання та технічних рішень, що застосовується для її підготовки. Традиційна технологія підготовки питної води, що використовується на водопровідних комплексах в Україні (первинне хлорування, коагуляція, фільтрування, знезараження) не забезпечує доведення якості питної води до гігієнічних нормативів [1].