3. Перебаскин А. В., Бахметьев А. А., Колосов С. О. Интегральные микросхемы: Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа. Выпуск 1 — М. ДОДЭКА, 1996, 384 с.

4. Stephan Baier. High Speed Signal Processing. Burr-Brown Inc. — 1998. — P. 8. 2 — 8. 41.

5. T. Matsuura, et. al., «A 92mW, 10b, 15MHz low-power CMOS ADC using analog double-sampled pipelining scheme» // Symposium on VLSI Circuits Dig. Tech. Papers, P. 98—99, June 1992.

6. K. Nakamura, et. al., «A 85mW, 10bit 40Ms/s ADC with decimated parallel architecture» // Proc. IEEE Custom Integrated Circuits Conf., P. 23. 1. 1—23. 1. 14, May 1994.

Азаров Олексій Дмитрович – завідувач кафедри, ***Шапошніков Олег Валентинович*** – аспірант.

Кафедра обчислювальної техніки, Вінницький державний технічний університет

УДК 618.31.05

Ю. М. Паночишин

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМУ РОЗПОДІЛУ ПОТОКІВ

Під час розгляду багатьох об'єктів, яким властива мережева структура (інженерних мереж, інформаційних мереж), виникає задача рівномірного розподілу зовнішніх потоків, які надходять у мережу (рис. 1).

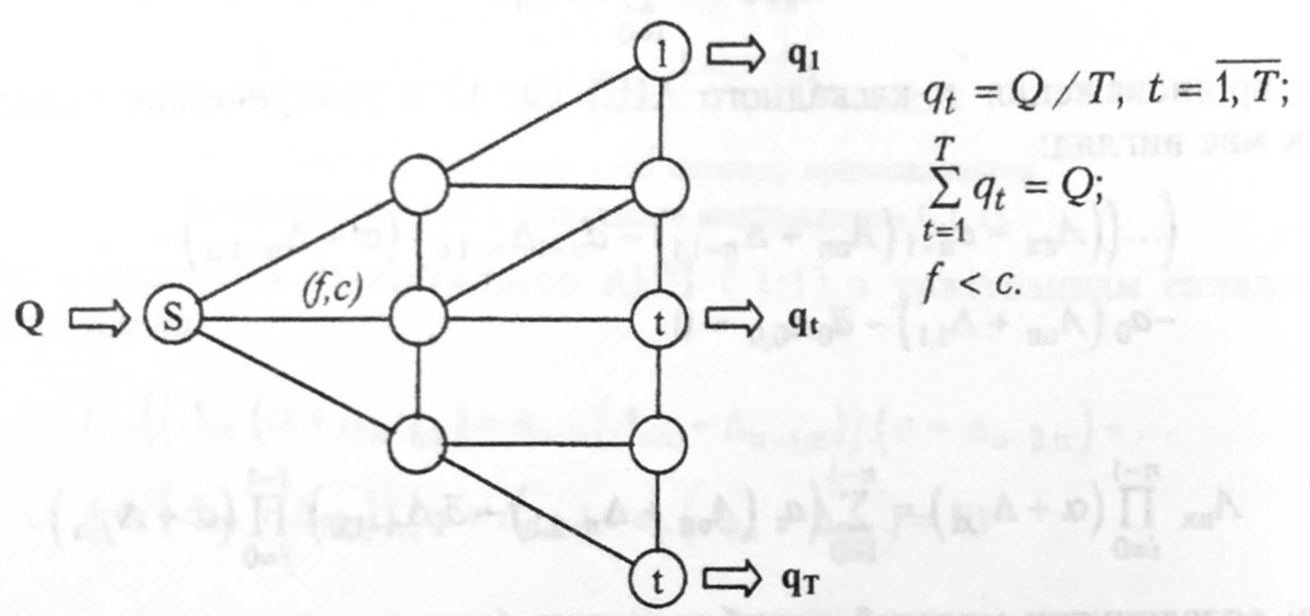


Рис. 1. Приклад задачі рівномірного розподілу потоків

Задача рівномірного розподілу потоків у мережі може бути сформульована як задача умовної оптимізації на графі: необхідно мінімізувати загальне відхилення кількості отриманого потоку кожним стоком від розрахункового середнього значення потоку за виконання стандартних умов для потокових задач: а) дуговий потік не повинен перевищувати пропускної здатності цієї дуги; б) виконується правило збереження потоку у всіх вузлах графа.

Математично вказана задача формулюється так: знайти мінімум функціоналу

$$D = \sum_{t=1}^{T} \left[q_t - \frac{Q}{T} \right]^2 \qquad (1)$$

за виконання умов

$$0 \le f_k \le c_k, \quad k \in \overline{1,M}\,; \qquad (2)$$

$$\sum_{k \in M_{Oi}} f_k - \sum_{k \in M_{Pi}} f_k = 0,\ i \in N - \{S,T\}; \qquad (3)$$

© Ю. М. Паночишин, 2001

$$\sum_{k \in M_{Os}} f_k - \sum_{k \in M_{Ps}} f_k - Q = 0\,; \tag{4}$$

$$\sum_{k \in M_{Ot}} f_k - \sum_{k \in M_{Pt}} f_k + q_t = 0,\ t \in \overline{1, T}\,; \tag{5}$$

$$\sum_{t=1}^{T} q_t = Q\,, \tag{6}$$

де Q — загальна кількість зовнішнього вхідного потоку; q_t — загальна кількість потоку, що отримує стік t; T — кількість стоків; M — кількість дуг на графовій моделі мережі; N — кількість вузлів на графовій моделі мережі; O — список початкових вузлів дуг; P — список кінцевих вузлів дуг; M_{Oi} — список дуг, що виходять з вузла i; M_{Pi} — список дуг, що входять у вузол i.

Алгоритм розв'язання поставленої задачі рівномірного розподілу потоків у мережі розроблений з використанням алгоритму розв'язання задачі про максимальний потік з подальшим перерозподілом потоків між стоками [1].

Важливе значення має оцінка ефективності розробленого алгоритму, оскільки від цього залежить швидкодія алгоритму керування мережею. Ефективність алгоритму може бути оцінена за обчислювальними витратами, до яких відносять кількість обчислювальних кроків, витрати часу, витрати пам'яті ОЕМ.

З теорії потокового програмування відомо, що під час розв'язання задачі про максимальний потік, можливі декілька оптимальних розв'язків, що значно ускладнює пошук глобального оптимуму задачі. Крім того, в результаті проведених досліджень розробленого алгоритму встановлено, що ефективність також визначають:

а) початкові дані задачі (розмірність мережі, кількість джерел та стоків потоку). Структура мережі може бути такою, що вхідний зовнішній потік не вдасться розподілити рівномірно. Вибір пропускних здатностей фіктивних дуг під час перетворення початкового графа впливає на початкове наближення до оптимуму;

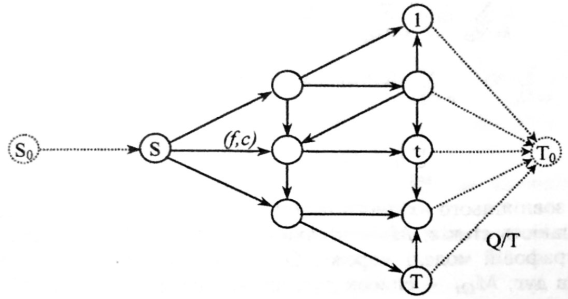
б) обчислювальні процедури самого алгоритму. Необхідно обрати найкращий спосіб представлення мережі в пам'яті ЕОМ (матриця інциденцій, матриця суміжності, список дуг графа, список вузлів графа). Слід визначити порядок підбору збільшувальних ланцюгів під час розв'язання задачі про максимальний потік (починаючи з найкоротшого ланцюга; починаючи з того ланцюга, вершини якого мають найменші чи найбільші порядкові номери; підбір ланцюгів випадковим чином і т.п.), визначити правило вибору джерела потоку під час вирівнювання потоків (джерелом вибирається стік, в якому вихідний потік максимальний чи мінімальний; вибір джерела випадковим чином).

Для розв'язання задачі про максимальний потік використовують алгоритми збільшувальних ланцюгів. Перший алгоритм розв'язання задачі про максимальний потік був запропонований Фордом та Фалкерсоном [2]. У розробленому алгоритмі рівномірного розподілу потоків максимальний потік будується з використанням найкоротших збільшувальних ланцюгів. Дініц і Карп у працях [3, 4] довели, що коли збільшувати потік в мережі вздовж найкоротшого збільшувального ланцюга, то максимальний потік у мережі буде побудований з використанням не більше $MN/2$ ланцюгів, де M — кількість дуг, N — кількість вузлів графа.

Оскільки для розрахункової мережі число вузлів і дуг графа є величиною відомою і постійною, то за критерій ефективності алгоритму доцільно обрати кількість збільшувальних ланцюгів, за допомогою яких будується рівномірний розподіл потоків.

В процесі розв'язання задачі рівномірного розподілу потоків можливі два випадки: 1) структура мережі дозволяє рівномірно розподілити вхідний зовнішній потік Q між стоками ($q_t = Q/T,\ t = \overline{1, T}$); 2) структура мережі не дозволяє рівномірно розподілити вхідний зовнішній потік Q між стоками ($q_t = Q/T,\ t = \overline{1, T}$ не для всіх стоків).

В першому випадку розв'язання задачі рівномірного розподілу потоків можна звести до пошуку максимального потоку з фіктивного джерела S_0 у фіктивний стік T_0 (рис. 2).



$$q_t = Q/T, \quad t = \overline{1, T};$$

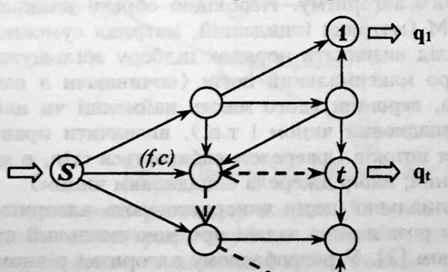
$$\sum_{t=1}^{T} q_t = Q.$$

Рис. 2. Розв'язання задачі про максимальний потік (стрілка вказує напрямок потоку по дузі)

Щоб у стоках отримати однакові значення вихідного потоку, достатньо обмежити пропускні здатності фіктивних дуг, що з'єднують витоки з фіктивним стоком, значенням Q/T. При цьому функціонал (1) отримує нульове значення з використанням не більше $S^{(1)}$ збільшувальних ланцюгів, де $S^{(1)}$ визначається формулою

$$S^{(1)} = MN/2. \tag{7}$$

У другому випадку розв'язання задачі рівномірного розподілу потоків проводиться в два етапи. На першому етапі вводиться фіктивне джерело і фіктивний стік, але пропускну здатність фіктивних дуг не обмежуємо. Знаходимо максимальний потік з фіктивного джерела S_0 у фіктивний стік T_0, як у попередньому випадку (див. рис. 2). Але при цьому значення вихідних потоків у стоках будуть неоднакові. Щоб мінімізувати функціонал (1), використовується другий етап: виключаємо фіктивні дуги і проводимо перерозподіл потоків між стоками вздовж збільшувальних ланцюгів, які будуються від стоку з найбільшим значенням вихідного зовнішнього потоку до стоку з найменшим значенням (рис. 3).



$q_t = Q/T$ *не для всіх стоків;*

$$\sum_{t=1}^{T} q_t = Q.$$

Рис. 3. Перерозподіл потоків між стоками (штриховими лініями показаний збільшувальний ланцюг, $q_t > q_T$)

При цьому функціонал (1) мінімізується з використанням не більше S ланцюгів, де S визначається як

$$S = S^{(1)} + S^{(2)}, \tag{8}$$

У формулі (8) $S^{(1)}$ – кількість збільшувальних ланцюгів, які використано для побудови максимального потоку на першому етапі алгоритму рівномірного розподілу потоків, визначається за формулою (7); $S^{(2)}$ – кількість збільшувальних ланцюгів на другому етапі алгоритму – під час перерозподілу потоків між стоками, визначається за формулою

$$S^{(2)} = W(T-W)MN/2 + (T-W)MN/2, \tag{9}$$

де T — загальна кількість стоків графа; W — кількість стоків, для яких не вдалося рівномірно розподілити потік.

У формулі (9) перший доданок визначає кількість збільшувальних ланцюгів, що були використані для побудови потоків у стоках, для яких не вдається розподілити потік рівномірно. Побудова потоку для цих вузлів ускладнюється тим, що доводиться перерозподіляти потоки з усіх інших стоків, для яких вдається побудувати рівномірний розподіл потоків. Тому у формулі (9) загальна кількість таких стоків W множиться на кількість всіх інших стоків $(T-W)$ і на кількість збільшувальних ланцюгів $MN/2$, які використані для побудови максимального потоку. Другий доданок визначає кількість збільшувальних ланцюгів, що були використані відповідно для побудови потоків у стоках, для яких можна провести рівномірний розподіл. Побудова рівномірного розподілу потоків у них зводиться до побудови збільшувальних ланцюгів як в алгоритмі розв'язання задачі пор максимальний потік. Тому у формулі (9) кількість таких стоків $(T-W)$ множиться на кількість збільшувальних ланцюгів, що використовуються для побудови максимального потоку, яка становить $MN/2$.

Дослідження обчислювальних процедур алгоритму показали, що найраціональнішим з точки зору витрат пам'яті ЕОМ є представлення графа у вигляді списків дуг чи вузлів графа, однак такий спосіб ускладнює виконання обчислень. Збільшувальні ланцюги в алгоритмі побудови максимального потоку доцільно вибирати починаючи з найкоротшого. У разі вирівнювання потоків як джерело потоку найкраще вибирати стік, зовнішній потік в якому максимальний.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Y. Panochishin. Modelling of the heat flows distribution in engineering networks / Збірник наукових праць за результатами міжнародної конференції по моделюванню MS'2001. — Львів, 2001. — С. 326—327.

2. Ford L. R., Fulkerson D. R. Flows in Networks. — Princeton Univ. Press, Princeton, N.J., 1962.

3. Диниц Е. А. Экономные алгоритмы нахождения кратчайших путей в сети // Сб. трудов ВНИИ. — 1978. — № 4. — С. 36—44.

4. Edmonds J., Karp R. M. Theoretical improvements in algorithmic efficiency for network flow problems. // J. ACM. — 1972. — 19. — P. 248—264.

Паночишин Юрій Миколайович – аспірант кафедри комп'ютерних систем управління.
Вінницький державний технічний університет

УДК 621.3

В. В. Войтко, к. т. н.; І. С. Сербін, студ.

ОДИН З МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ЧУТЛИВОСТІ

Вступ

Некоректні обернені задачі чутливості загального розв'язку не мають [1]. Вони розв'язуються чисельними методами. Найширше розповсюдження на практиці для розв'язання обернених задач отримав метод підбору [2], розрахунки за яким вимагають значних затрат часу та складних математичних обчислень, оскільки пов'язані з необхідністю розв'язання складної задачі пошуку екстремуму нелінійної функції багатьох змінних. Тому розроблення методів розв'язання оберненої задачі чутливості є однією з важливих задач. Виходячи з аналізу літератури [1, 2], можна зробити висновок, що дана проблема є ще відкритою.

© В. В. Войтко, І. С. Сербін, 2001