

жающей среды. – Севастополь: МГИ, 2003. – С. 20–21. 8. Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В. Підвищення точності вимірювальних каналів комп'ютеризованої системи контролю та діагностики енергооб'єктів // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2003. – № 492. – С. 54–58. 9. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1973. – 832 с.

УДК 519.173:004.92

Р.Б. Дунець, Т.М. Басюк*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин,

* Українська академія друкарства

МЕТОД РОЗТАШУВАННЯ ВЕРШИН ДЕРЕВОПОДІБНИХ ГРАФІВ НА ПЛОЩИНІ В ПРОЦЕСІ ЇХНЬОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

© Дунець Р.Б., Басюк Т.М., 2006

Проаналізовано основні аспекти щодо візуалізації деревоподібних графів на площині та запропоновано метод розташування вершин таких графів як на шпальті видання, так і на площині екрана.

An article touch on the basic aspects, which visualize of tops treelike graphs on the plane concern, are analysed and the method, which arrangements to the specified elements of the image both on page editions and on a plane of the screen, is offered.

Вступ

Сьогодні теорія графів досить поширена в різних галузях науки і техніки. Так, поряд з традиційним її застосуванням у комп'ютерній інженерії, комп'ютерних науках, кібернетиці та інших технічних науках її застосовують також у гуманітарних науках, що вважалися далекими від неї, – економіці, соціології тощо. Широке застосування графів, зокрема деревоподібних, пов'язане з тим, що вони є природним засобом для опису складних ситуацій, оскільки сприйняття різного роду рисунків не вимагає від людини додаткових навичок. Проте сприйняття інформації також є суб'єктивним фактором, який важко формалізувати, оскільки різні люди сприймають один і той самий об'єкт по-різному.

Складність процедури візуалізації графів полягає в тому, що в комп'ютері вони мають вигляд масиви чисел або матриць, найчастіше матриць суміжностей [9]. Особливістю такого представлення є те, що матриці не містять жодної ознаки, яка б вказувала на взаємне розташування вершин графа, що є недоліком. Адже різне взаємне розташування вершини графа в процесі візуалізації дає в результаті теоретично безмежну кількість еквівалентних графів, що мають різні зображення з однаковою наочністю.

З огляду на це, актуальним завданням є розроблення нових методів та алгоритмів візуалізації графів, представлених матрицями суміжностей, які матимуть високу наочність.

Огляд літературних джерел

Візуалізації графів складається з двох задач – розташування вершин на площині та проведення зв'язків між ними. Хоч кожна з цих задач є важливою, проте від розташування вершин більшою мірою залежить наочність зображення візуалізованого графа, оскільки отримане розташування вершин є основою зображення графа, що може надалі лише коригуватися.

У відомих методах візуалізації [1, 6–8] недостатньо уваги приділялося розташуванню вершин в процесі візуалізації графів. У роботах [2, 6] розроблено формальні критерії візуалізації графів, основним з яких є кількість взаємних перетинів дуг графу між собою, та оцінки наочності візуалізованих зображень графів. У роботі [3] з метою підвищення наочності зображень графів типу “дерево” запропоновано розташовувати вершини по ярусах. У межах одного ярусу вершини розташовано на відстані, яка дорівнює трьом діаметрам зображень вершин. Яруси між собою теж віддалені на ту ж саму відстань $3d$. Вершини сусідніх рядків зміщені між собою на величину $1,5d$. Максимальна кількість вершин у рядках N_r' визначається як розміром екрана чи шпальти видань, так і кеглем основного шрифту тексту.

Складність візуалізації деревоподібних графів полягає в тому, що, по-перше, вони можуть мати альтернативні шляхи між двома вершинами a , по-друге, можуть мати в корені дерева декілька, на відміну від графів типу “дерево”, вхідних вершин.

Постановка задачі

З огляду на зазначену складність необхідно створити новий метод, який би забезпечував в процесі візуалізації розташування вершин деревоподібних графів – як на екрані монітора, так і на шпальті видання – відповідно до заданих критеріїв візуалізації [2] та сучасних вимог з поліграфічного оформлення видань [4, 5].

Початковою інформацією для методу розташування вершин візуалізованого деревоподібного графу на площині є матриця суміжності, максимальні розміри зображення, кегель шрифту, а результатом – координати центрів вершин на площині.

Основні результати досліджень

Запропоновано метод розташування вершин деревоподібних графів на площині, який передбачає процедуру поділу усіх вершин графу на групи. Для розбиття вершин на групи застосовано відомий матричний спосіб, описаний у [6]. У результаті такого розбиття в кожній групі містяться лише ті вершини, які мають хоч би один зв'язок із попередньою групою, а також ті, які можуть мати зв'язки між собою. Таке розбиття на групи відповідає природному шляху проходження інформації між вершинами, а тому деревоподібні графи, відображені з розбиттям вершин на групи, мають більшу наочність. Вершини кожної групи розташовуються рядками, зверху вниз, або зліва направо.

Метод передбачає такі основні етапи:

- аналіз матриці суміжності, що представляє граф, та отримання розбиття вершин графу на окремі групи;
- визначення порядку розташування вершин графу в кожному рядках;
- визначення координат вершин графу в кожному рядку.

На першому етапі проводиться відомим матричним методом аналіз матриці суміжності та утворення груп вершин K_1, K_2, \dots [6].

На другому етапі спочатку упорядковуються вершини за кількістю своїх дуг, що записуються в масив M , а потім з цього масиву утворюються масиви M_1, M_2, \dots упорядкованих вершин для кожної з груп. Для визначення кількості зв'язків кожної вершини графу пропонується здійснювати операцію множення введеної матриці суміжності A , на одиничний вектор-стовпець B . Результатом операції є матриця-рядок C , елементами якої є цілі числа з діапазону $[0, 1, 2, 3 \dots N-1]$. Значення чисел матриці C відповідає кількості дуг відповідної вершини. На основі вмісту матриці C формується масив, що містить номер вершини та кількість її дуг.

Далі у сформованому масиві чисел здійснюють процедуру сортування за спаданням. Особливістю цього сортування є те, що в утвореному масиві даних M зберігаються номери та відповідні кількості дуг кожної з вершин, що дає змогу оцінити їх взаємовідношення. При

проведенні сортування можливі випадки, коли відбувається знаходження декількох вершин з однаковою кількістю дуг. У такому разі вершини в масиві розташовують в порядку зростання їх номерів, що пояснюється зручністю сприйняття та однозначністю формування зображення графу.

На третьому етапі визначають послідовність розташування вершин кожної групи в рядках. Оскільки в групі може бути більше однієї вершини, то вони можуть займати або один або декілька рядків на екрані чи шпальті видання. Щоб визначити це, порівнюють кількості вершин поточної групи N_j з кількістю вершин парного (непарного) ярусів N_r' (N_r''). Якщо $N_j > N_r'$ (N_r''), то визначається крім того ще й кількість рядків, які займе j -та група. Розглянемо розташування вершин для цих двох ситуацій.

Перша ситуація виникає тоді, коли $N_j \leq N_r'$ (N_r''). Всі вершини групи розташовано в одному рядку так, що посередині розташовано вершини, які мають більшу кількість зв'язків з вершинами наступної групи, а по краях – ті вершини, що мають мінімальну кількість таких зв'язків або взагалі не мають вихідних зв'язків, оскільки вони є кінцевими вершинами. Таке розташування вершин може забезпечувати не тільки меншу кількість перетинів дуг між собою, але й меншу кількість “обходів” вершин.

Друга ситуація виникає тоді, коли $N_j > N_r'$ (N_r''). Тоді вершини однієї групи займають k -рядків. У такому випадку пропонуємо розташовувати вершини графу цієї групи, починаючи із k -го рядка. У цьому рядку розмічатимуться вершини, що мають найбільшу кількість зв'язків, а далі в кожному попередньому рядку – вершини з меншою кількістю зв'язків. Таке розташування сприятиме підвищенню наочності візуалізованого графу, оскільки зменшується ймовірність перетину дуг між собою та потреба в “обході” вершин. Надалі процедура розміщення аналогічна, як і в попередньому випадку.

Відповідно до вказаного способу розташування вершин окремо в межах кожного рядку визначається номер позиції кожної вершини. Номер позиції i_0 першої обраної з масиву M_j вершини визначиться як:

$$i_0 = \text{Int}\left(\frac{N_r''}{2}\right). \quad (1)$$

Номера позицій всіх інших вершин у даному рядку визначаються такою рекурсивною залежністю:

$$i_f = i_{f-1} + (-1)^f f, \quad (2)$$

де $f = 0, 1, 2, \dots, N_r'' - 1$ – порядковий номер вершин в масиві M_j .

Кожен рядок зображення візуалізованого графу має свій позиційний номер j ($j = 0, 1, 2, 3, \dots$).

На останньому етапі визначають координати вершин графу на площині екрана чи шпальті видання за такими залежностями:

$$\begin{cases} X_i = \begin{cases} 2d + 3di, & \text{для непарних } j; \\ d/2 + 3di, & \text{для парних } j; \end{cases} \\ Y_i = d/2 + 3dj, \end{cases} \quad (3)$$

де i – номери вершин в рядку, $i = 0, 1, 2, 3, \dots$; j – номери рядків, $j = 0, 1, 2, 3, \dots$; d – діаметр вершини зображення графу.

Приклад. Розглянемо розташування вершин деревоподібного графу на шпальті видання $84 \times 108/32$, що заданий такою матрицею суміжності:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Перший етап

Застосувавши метод перетворення матриці суміжності (3), отримаємо такі групи вершин [6]:

$$N_1 = \langle 1, 3, 8 \rangle, N_2 = \langle 2, 4, 10 \rangle, N_3 = \langle 5, 6, 9, 11 \rangle, N_4 = \langle 7, 12 \rangle.$$

Надалі визначимо кількість дуг кожної з вершин графу.

$$C = A \cdot B = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 2 & 0 & 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Утворимо масив M упорядкованих вершин за кількістю зв'язків. З масиву M утворимо окремі масиви M_1, M_2, M_3, M_4 :

$$M = \begin{pmatrix} 1 \rightarrow 2 ; 3 \rightarrow 1 ; 4 \rightarrow 0 \\ 2 \rightarrow 2 ; 5 \rightarrow 1 ; 7 \rightarrow 0 \\ 8 \rightarrow 2 ; 6 \rightarrow 1 ; 9 \rightarrow 0 \\ 10 \rightarrow 2 ; 11 \rightarrow 1 ; 12 \rightarrow 0 \end{pmatrix}, \quad M_3 = \begin{pmatrix} 5 \rightarrow 1 \\ 6 \rightarrow 1 \\ 11 \rightarrow 1 \\ 9 \rightarrow 0 \end{pmatrix},$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1 \rightarrow 2 \\ 8 \rightarrow 2 \\ 3 \rightarrow 1 \end{pmatrix}, \quad M_2 = \begin{pmatrix} 2 \rightarrow 2 \\ 10 \rightarrow 2 \\ 4 \rightarrow 0 \end{pmatrix}, \quad M_4 = \begin{pmatrix} 7 \rightarrow 0 \\ 12 \rightarrow 0 \end{pmatrix}.$$

Нехай для зображення вершини графу задано величину діаметра $d=7$ мм. При цьому для заданого формату видання максимальна кількість вершин в рядках становитиме [3]:

$$N'_r = N''_r = 4.$$

Отже, всі вершини кожної з чотирьох груп займатимуть по одному рядку.

Другий етап

Визначимо номери позицій вершин у рядках.

Для першого рядка $j=0$ номер позиції вершини "1" дорівнює:

$$i_0 = \text{Int}\left(\frac{4}{2}\right) = 2$$

для вершини "8"

$$i_1 = i_0 + (-1)^1 = 2 - 1 = 1,$$

а для вершини "3" – $i_2=3$.

Аналогічно визначимо номери позицій для решти вершин кожної групи в решти рядків і при цьому отримаємо:

$$\begin{array}{l} j=1, \quad \text{"2"} - i_0=2, \quad \text{"10"} - i_1=1, \quad \text{"4"} - i_2=3; \\ j=2, \quad \text{"5"} - i_0=2, \quad \text{"6"} - i_1=1, \quad \text{"11"} - i_2=3, \quad \text{"9"} - i_4=0; \\ j=3, \quad \text{"7"} - i_0=2, \quad \text{"12"} - i_1=1. \end{array}$$

Третій етап

Тепер визначимо координати центрів всіх вершин графу відповідно до виразу (3) і отримаємо такі значення:

$$X_1 = \frac{d}{2} + 3di = 3,5 + 3 \cdot 7 \cdot 2 = 45,5 \text{ мм.}$$

$$Y_1 = \frac{d}{2} + 3dj = 3,5 \text{ мм.}$$

$$j = 0, \quad i = 1, \quad X_8 = 24,5 \text{ мм}, \quad Y_8 = 3,5 \text{ мм.}$$

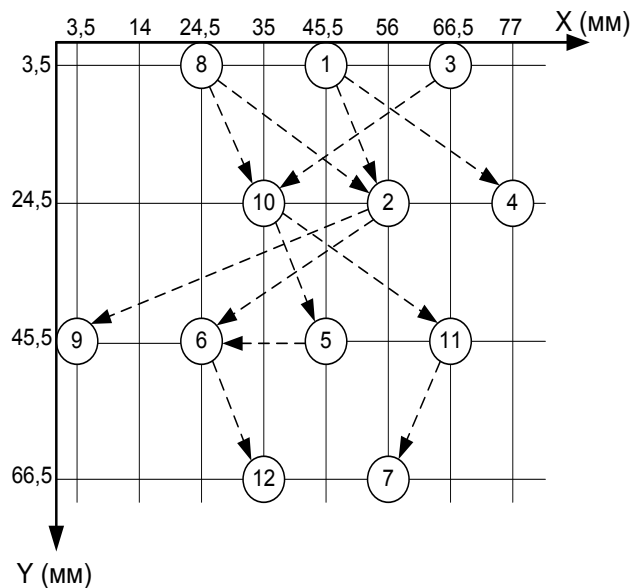
$$j = 0, \quad i = 3, \quad X_3 = 66,5 \text{ мм}, \quad Y_3 = 3,5 \text{ мм.}$$

$$j = 1, \quad Y_2 = Y_4 = Y_{10} = 24,5 \text{ мм}, \quad X_2 = 56 \text{ мм}, \quad X_{10} = 35 \text{ мм}, \quad X_4 = 77 \text{ мм.}$$

$$j = 2, \quad Y_5 = Y_6 = Y_9 = Y_{11} = 45,5 \text{ мм}, \quad X_5 = 45,5 \text{ мм}, \quad X_6 = 24,5 \text{ мм}, \quad X_9 = 3,5 \text{ мм}, \quad X_{11} = 66,5 \text{ мм.}$$

$$j = 3, \quad Y_7 = Y_{12} = 66,5 \text{ мм}, \quad X_7 = 56 \text{ мм}, \quad X_{12} = 35 \text{ мм.}$$

Результат розташування вершин за їхніми координатами на шпальті видання наведено на рисунку. Штриховою лінією показані зв'язки між вершинами графу. Можна зауважити, що отриманий рисунок є оптимальною основою зображення графу і після проведення парних перестановок лише в межах рядків візуалізоване зображення графу відповідатиме заданим критеріям, а також матиме високу наочність сприйняття.



Розташування вершин деревоподібного графу на шпальті видання

Висновок

Новий метод розміщення вершин деревоподібних графів, заданих матрицями суміжності, дає змогу ефективно розташувати вершини графу як на екрані монітора, так і на шпальті видання з забезпеченням сформованих критеріїв візуалізації. Отримані за його допомогою зображення графів на площині мають високу наочність, що дає змогу адекватно оцінювати представлену ним структуру.

1. Басюк Т.М. Аналіз та класифікація методів візуалізації // Поліграфія і видавнича справа. – 2003. – Вип. 40. – С. 109–114. 2. Басюк Т.М. Критерії відображення графів в процесі візуалізації // Наукові записки УАД. – 2004. – Вип. 7. – С. 60–63. 3. Басюк Т.М. Метод розміщення вершин графа в процесі візуалізації // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2004. – № 519. – С. 3–10. 4. ДСТУ 3018-95. Видання. Поліграфічне виконання. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 30 с. 5. ДСТУ 3772-98. Оригінали для поліграфічного відтворення. Загальні технічні вимоги. – К.: Держстандарт України, 1998. – 54 с. 6. Дунець Р.Б. Аналіз та синтез топологій комп’ютерних видавничо-поліграфічних систем: НВФ „Українські технології”. – Львів, 2003. – 192 с. 7. Касьянов В.Н., Евстегнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. – СПб.: БХВ, 2003. – 1104 с. 8. Харари Ф. Теория графов. – 2-е изд. – М.: УРСС, 2003. – 296 с. 9. Хорн Р., Джонсон Ч. Матричный анализ. – М.: Мир, 1999. – 655 с.

УДК 004.932

О.О. Карпін

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

РЕКОНСТРУКЦІЯ ПОВЕРХОНЬ НА РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ ТРИВИМІРНИХ ОБ’ЄКТІВ

© Карпін О.О., 2006

Запропоновано алгоритм розв’язування проблеми автоматичної реконструкції поверхонь на растрових зображеннях тривимірних об’єктів. Показано ефективність запропонованого алгоритму на тестових прикладах.

Algorithm of the automatic three-dimensional objects reconstruction from the raster images is proposed. The test images show the effectiveness of the proposed algorithm.

Вступ

Під час розпланування та розбудови населених пунктів, для розв’язання задач телекомунікацій, картографування, у лісовій та гірській справах тощо широко використовують растрові зображення, отримані засобами активної оптичної та лазерної альтиметрії [1–7]. Сучасний розвиток неконтактних засобів вимірювання дальності дає змогу отримати ці зображення з великою точністю та роздільною здатністю. До того ж дані, як правило, скануються з великої ділянки земної поверхні, площа якої може сягати декількох десятків квадратних кілометрів. Для виконання тривимірної візуалізації таких великих растрових зображень тривимірних об’єктів, розмір яких часто перевищує обсяг оперативної пам’яті комп’ютера, необхідно використовувати спеціалізовані графічні станції та затратити значний час на виконання цієї операції. При цьому операція маніпулювання тривимірними об’єктами потребує точної ручної роботи оператора щодо виділення контурів об’єкта та їхньої сегментації. З метою автоматизації цих процесів необхідно аналітично описати зображення кожного тривимірного об’єкта та створити тривимірну модель сцени.