

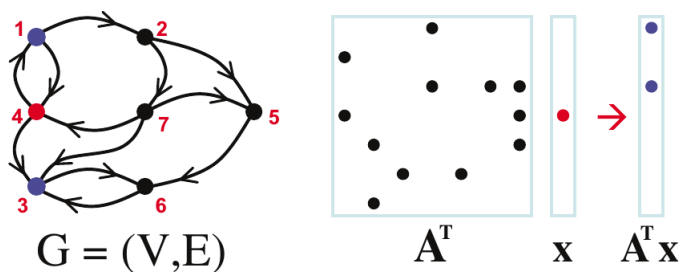


دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

مسابقه‌ی HardWar2019 بخش GPU

۱ الگوریتم پیمایش سطحی گراف به روش جبرخطی

فرض کنید می‌خواهیم از یک بردار رئوس که با x_k نمایش داده شده است شروع کرده و گراف G با N رأس را پیمایش کنیم. x_k یک بردار به طول N است. اگر $x_k[i] = 1$ ، یعنی رأس i قبلاً در پیمایش دیده شده است. در غیر این صورت رأس i تا مرحله‌ی k هنوز در پیمایش دیده نشده است. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است، پیمایش گراف G از بردار x_k معادل با انجام ضرب ماتریس در بردار است ($x_{k+1} = A^T \times x_k$). اگر این ضرب به تعداد قطر گراف تکرار شود، تمامی رئوس گراف پیمایش می‌شوند.



شکل ۱: الگوریتم پیمایش سطحی گراف

الگوریتم پیمایش سطحی گراف به روش جبرخطی بر روی یک شبه‌حلقه انتخابی S به صورت \otimes_S و \odot_S تعریف می‌شود. یک شبه‌حلقه با چندتایی $S = (X, op_1, op_2, el_1, el_2)$ تعریف می‌شود، بطوری‌که X مجموعه‌ای است از عناصر که با دو عملیات دودویی^۱ op_1 و op_2 توصیف می‌شود. (X, op_1) یک

^۱binary operation

عملیات جابه‌جاپذیر^۲ بر روی مجموعه X با عنصر یکتای^۳ el_1 است و (X, op_2) نیز عملیاتی با عنصر یکتای^۴ el_2 است.

برای مثال، برای شبه‌حلقه‌ی حقیقی، اگر $x_0 \in \mathbb{R}^n$ بردار شروع‌کننده با $x_0[r] = 1$ و بقیه عناصر برابر صفر باشد، سپس $x_k = A^T \times f_{k-1}$ در بسیاری از شبه‌حلقه‌ها $f_k = x_k$ ، درحالی که در بعضی از آنها x_k از f_k بدست می‌آید. می‌توانیم برای پیاده‌سازی این الگوریتم از شبه‌حلقه Tropical با چندتایی $T = (R \cup \{\infty\}, \min, +, \infty, 0)$ استفاده کنیم. تمامی عناصر روی قطر ماتریس A به ∞ مقداردهی می‌شود و اگر r رأس شروع‌کننده باشد، در بردار x_0 به‌جای درایه r مقدار صفر و بقیه عناصر مقدار ∞ مقداردهی می‌شوند. ماتریس جدید را با A' نمایش می‌دهیم. سپس $x_k = f_k = A'_T \otimes f_{k-1}$

۲ فرمت ذخیره سازی ماتریس تنک

انتخاب ساختمان داده یکی از مهمترین مراحل در طراحی الگوریتم و پیاده‌سازی است. الگوریتم‌های ماتریس تنک^۴ نیز از این قاعده مستثنی نیستند. نمایش ماتریس تنک نه تنها کارایی الگوریتم را تعیین می‌کند بلکه در طراحی الگوریتم هم تأثیرگذار است.

یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای ذخیره‌ی ماتریس‌های تنک، فرمت سه‌تایی^۵ است. به این صورت که به ازای هر $A(i, j) \neq 0$ ، سه‌تایی $(i, j, A(i, j))$ را در حافظه ذخیره می‌کنیم. هر درایه از این سه‌تایی در یک آرایه‌ی معجزا ذخیره می‌شود و ماتریس A با سه آرایه مشخص می‌شود. اگر برای سه‌تایی ترتیبی در نظر بگیریم، به آن سه‌تایی نامرتب^۶ گفته می‌شود. اگر سه‌تایی‌ها بر اساس ترتیب سطر مرتب شوند، به آن سه‌تایی مرتب سطر^۷ گفته می‌شود. یکی دیگر از روش‌های مرتب کردن سه‌تایی‌ها، مرتب کردن الفبایی با اولویت سطر است که به آن فرمت سه‌تایی مرتب با اولویت سطر^۸ گفته می‌شود. روش فشرده‌شده

^۲commutative monoid

^۳identity element

^۴sparse matrix

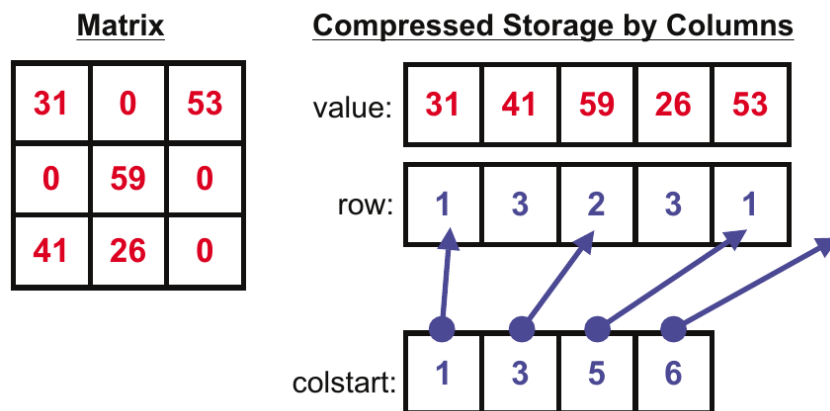
^۵triple

^۶unordered triples

^۷row ordered triples

^۸row-major ordered triples

سطری^۹ (CSR) یا ستونی^{۱۰} (CSC) از دیگر روش‌های ذخیره‌سازی ماتریس تنک به شمار می‌آید. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، فرمت CSC از سه آرایه تشکیل شده است. آرایه value مقادیر ناصفر، آرایه row سطر متناظر هر مقدار ناصفر و آرایه colstart یک اشاره‌گر به آرایه row است.



شکل ۲: فرمت فشرده‌شده ستونی

۳ سوال

برنامه‌ای بنویسید که داده‌ها را از فایل data.txt بخواند و ابتدا ماتریس مجاورت گراف را بدست آورده و سپس با استفاده از اطلاعاتی که در بخش‌های قبلی داده شد، گراف را پیماش سطحی کنید.

در خروجی باید ابتدا ماتریس مجاورت را نمایش دهید و سپس در خط mⁱ پس از تمام شدن ماتریس مجاورت، شماره‌ی ID گره‌هایی که در مرحله‌ی mⁱ به آن‌ها می‌رسیم را در خروجی مشخص کنید.

رده‌بندی گروه‌ها براساس عملکرد کد و سرعت اجرا اندازه‌گیری می‌شود.

^۹CSR

^{۱۰}CSC

۴ نحوه‌ی ارتباط با سرور

برای ارتباط با سرور از دستور ssh استفاده کنید.

```
ssh -p 3535 username@cluster.hpc.ipm.ac.ir
```

و برای کپی کردن فایل‌های خود از دستور scp استفاده کنید.

```
scp -P 3535 username@cluster.hpc.ipm.ac.ir:/fileDirectory ./yourDirectory
```

```
scp -P 3535 ./fileDirectory username@cluster.hpc.ipm.ac.ir:
```

موفق باشید!