

Graph Lab

最短路径 (Shortest Path)

最短路径是图论研究中的一个经典问题, 旨在寻找图(由节点和路径组成的)中两个节点之间的最短路径。两种比较典型的方式是求单源最短路径 (Single Source Shortest Path) 和 全源最短路径 (All Pairs Shortest Path)。单源最短路径是给定一个点, 求该点到剩余其他点的最短路径, 可以用 Dijkstra 或者 Bellman-ford 算法解决; 全源最短路径要求求出图中所有点之间的最短路径, 可以将每个点看作做源点执行若干次计算单源最短路径, 也可以使用 Floyd-Warshall 算法直接计算全源最短路径。

利用图的最短路径可以进一步分析出图的一些属性, 从而了解图的一些特点。本次 Lab 中我们将利用最短路径来计算图中点的中心性 (Centrality)。中心性是社交网络图分析中常用的属性, 在现实生活中具有重要意义。

社交网络图 (Social Network)

将社交网络图定义为一个加权无向连通图 $G = (V, E, W)$, 其中节点集 V 代表社交网络中的用户; 用户之间存在边 E 则代表两者之间有直接关系; 边权 W 代表用户之间关系的紧密程度, 边权越小则两个用户之间的关系越紧密。两个点之间的最短路径越短, 则这两个用户的潜在关系越紧密。

中心性 (Centrality)

中心性是社交网络分析中一个常用的概念, 用来表示一个点在整个网络中所处的中心程度, 根据测算方法的不同, 可以分为度中心性、接近中心性、和中介

中心性等。本次 Lab 中我们根据这三种测算方法来分别找出社交网络中最具影响力的人物。

度中心性 (Degree Centrality)

$$DC(v) = degree(v)$$

如上式所示，度中心性是在网络分析中刻画节点中心性最简单直接的方法，一个节点的度越大就意味着这个节点的度中心性越高，该节点在网络中知名度越高，因为和他有直接关系的人最多。

亲近中心性 (Closeness Centrality)

$$CC(v) = \frac{N - 1}{\sum_{v' \in V \text{ \& } v' \neq v} dist(v, v')}$$

图中一个节点的亲近中心度的计算方法如上式所示，其中 N 是该节点所在的连通分量中点的个数（Lab 假设给定的社交网络图都是一个连通图，因此相当于图中所有的节点）， $dist(v, v')$ 是节点 v 和 v' 之间的最短距离。前文中的度中心性只利用了网络的局部性质，而亲近中心性则能表示一个点在整个网络中的位置。一个节点的亲近中心度越大，则其越接近整个图的几何中心。这一类人未必具有很高的知名度，但是同样在社交网络中扮演着很重要的角色，通过他们，信息可以更快地传递到网络中的每个人。

中介中心性 (Betweenness Centrality)

$$BC(v) = \left(\sum_{v_i, v_j \in V \text{ \& } v_i \neq v_j \neq v} v \in ShortestPath(v_i, v_j) ? 1 : 0 \right) / 2$$

如上式所示，一个点的中介中心度是它出现在其他点对之间最短路径的次数（两个点之间的最短路径可能有多条，只要点 v 在点 v_i 和 v_j 的多条最短路径中出现一次，即可计算一次，出现多次也只计算一次。因为是无向图，任意两个点之

间的最短路径是对称的，所以在求和之后除以 2）。与亲近中心性相同，中介中心性同样是对网络全局属性的一个刻画。一个点的中介中心度高则在网络中有很多人之间的间接关系会依赖于它，这意味着该点对其其他成员有较强的控制和制约关系。

实验要求

输入

参数一是文本文件的路径, 通过 main 函数的 argv[1]接收。该文件包含多行, 第一行为总节点个数。其后的 d 每一行由三个无符号 32 位整型 v_1 , v_2 和 $weight$ 组成, 由逗号隔开, v_1 和 v_2 代表两个节点之间的编号 (节点编号是连续的, 从 0 开始), $weight$ 是这两个节点之间边的权重。社交网络一般不会十分稠密, 所以本次 Lab 的输入满足 $|E| \ll |V|^2$, 请选择合适的算法。

输出

依次输出三个分别具有最高度、接近中心度和中介中心度的节点的编号及对应值, 值相同选择编号小的节点。

样例

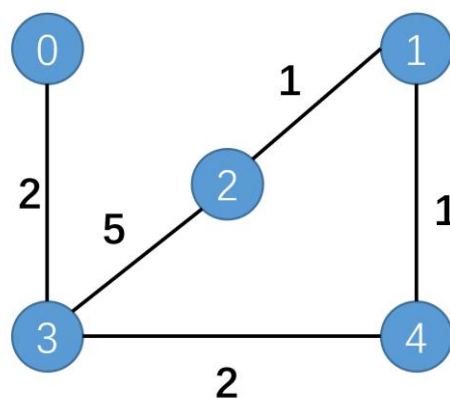


图 1 示例图

如图 1 所示，则输入的文件内容如下：

```
5
0,3,2
3,4,2
1,4,1
1,2,1
2,3,5
```

需要的输出如下，节点 3 的度最高为 3，节点 4 的接近中心度最高为 0.444444

（任意两点之间的最短距离值小于无符号 32 位整型的上限，接近中心度计算和输出都使用 double 类型，保留 6 位小数），节点 4 的中介中心度最高为 4（中介中心度的值不会超过无符号 32 位整型）。

```
3 3
4 0.444444
4 4
```