

基于复杂网络的天津市公交分析

摘要：通过复杂网络的分析方法，对天津市公交网络的特性及其实际意义展开探讨。构建了天津市公交线路复杂网络，通过计算各个公交站点的平均度，平均加权度，平均路径长度，平均聚类系数来研究天津市公交网络的特性。其中平均路径长度为 16.345，说明网络中任一结点到另一节点需至少经过 16 站；平均度为 2.8，说明大部分站点上没有线路交叉，换乘站数量不多；网络直径为 73，从一个站到另一个站最多经过 73 站到达目的地；图密度非常低，0.001，说明站点连接不紧密；平均聚类系数为 0.091，接近无标度网络的聚类系数。

1. 引言

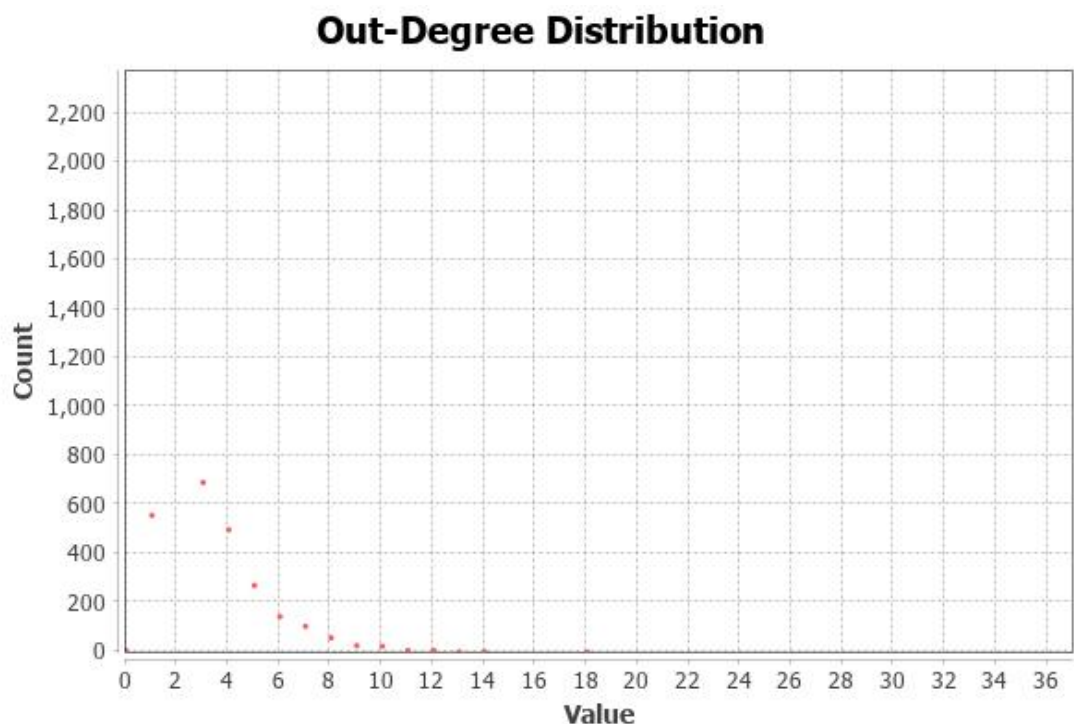
4 月 8 日，国家发展改革委对外发布《2019 年新型城镇化建设重点任务》，数据显示，到 2018 年底，天津市常住人口城镇化率均在 80% 以上；随着城市人口的增多，城市交通出行压力加大，出行需求继续增长。城市道路交通拥挤问题，空气质量令人堪忧。公共交通成为主要的矛盾解决方式，尤其是公交车出行，是被大力提倡的出行方式。截止 2016 年天津市公交车数量突破 10000 辆，线路达到 633 条。复杂网络理论为研究天津市公交网络提供了一种有效的方法。通过将公交线路数据图像化，数学化，能够更充分地理解天津市公交线路的特点，更好地在将来为天津市公交发展提出设想和规划。通过复杂网路研究城市公共交通系统已有成功先例，如 Latora 和 Marchiori(2002)

通过研究波士顿地铁网络发现它是小世界网络，Sen(2002) 等研究了印度铁路网络的小世界特性，世界航空网络是无标度网络等。

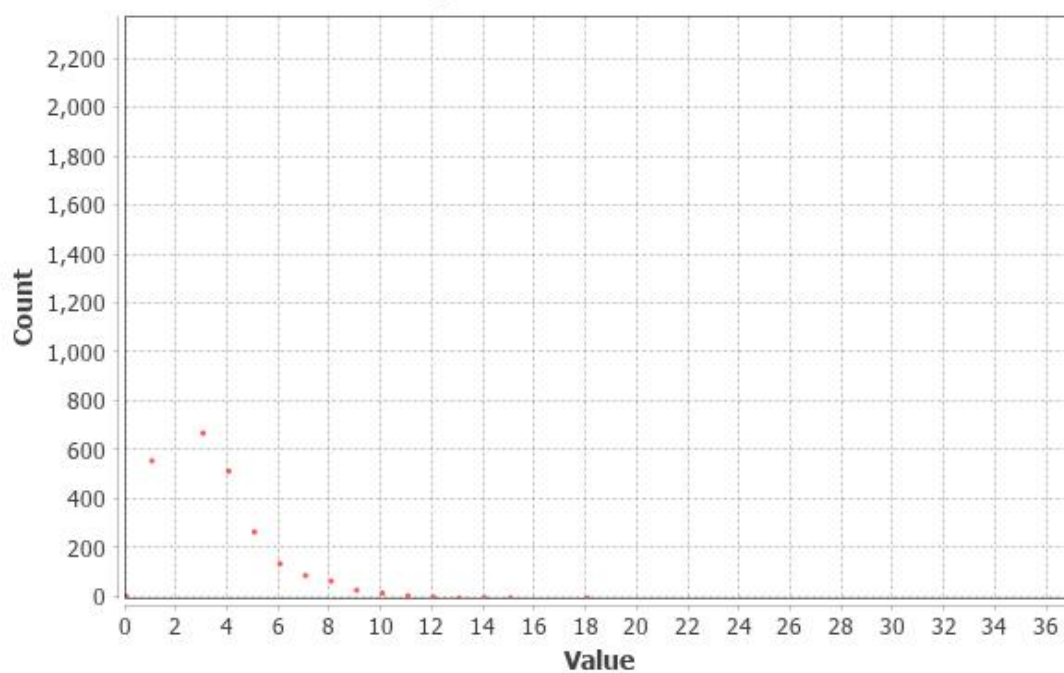
2.1 天津市公交网络的度分布

一个网络由一些节点和连接它们的连结构成。每个节点连出的所有连结的数量就是这个节点的**度**。度分布是对一个网络中节点度数的总体描述。节点 i 的度 k_i 为节点连接边的总数，所有节点 i 的度 k_i 的平均值为这个网络的平均度。在公交网络中，节点的度代表了这个公交站相连的线路数。

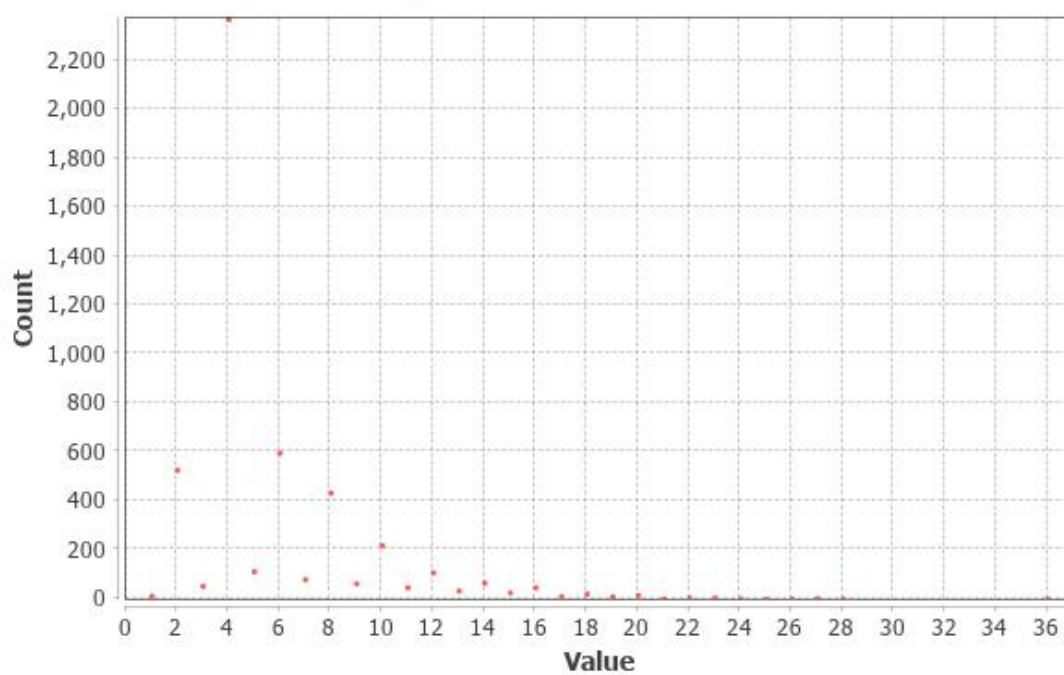
根据天津市公交网络的数据，节点的度 k 是 2.822，即平均每个公交站有 2.8 条线路经过。拥有最大的度的站台为“鼓楼东”，40；



In-Degree Distribution



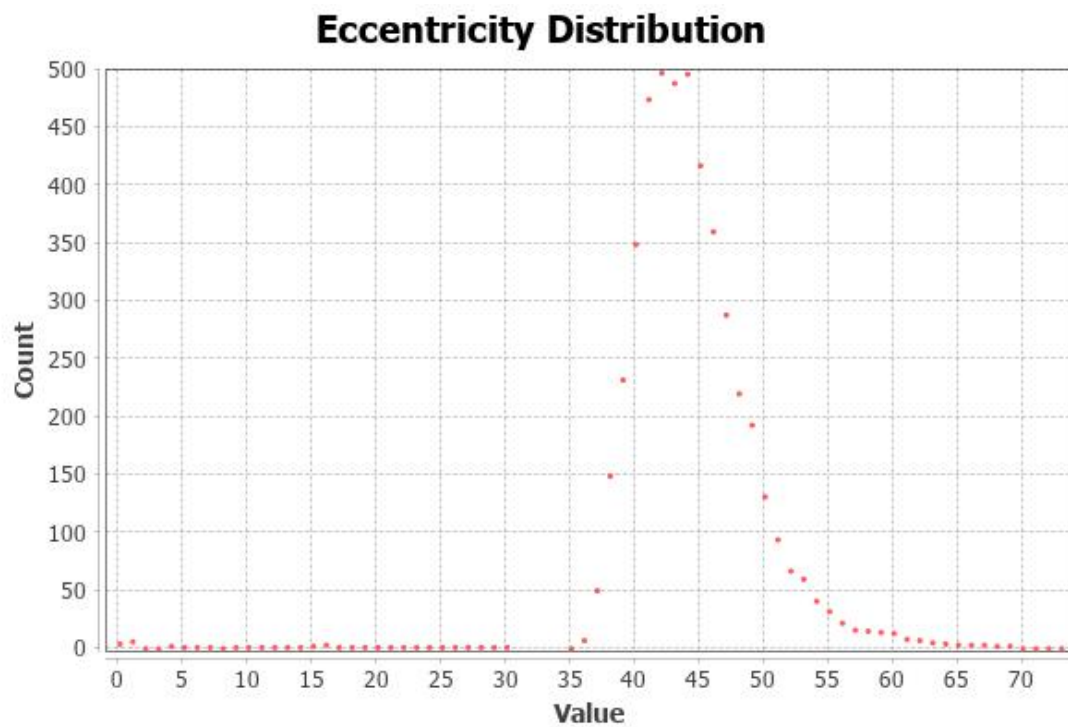
Degree Distribution



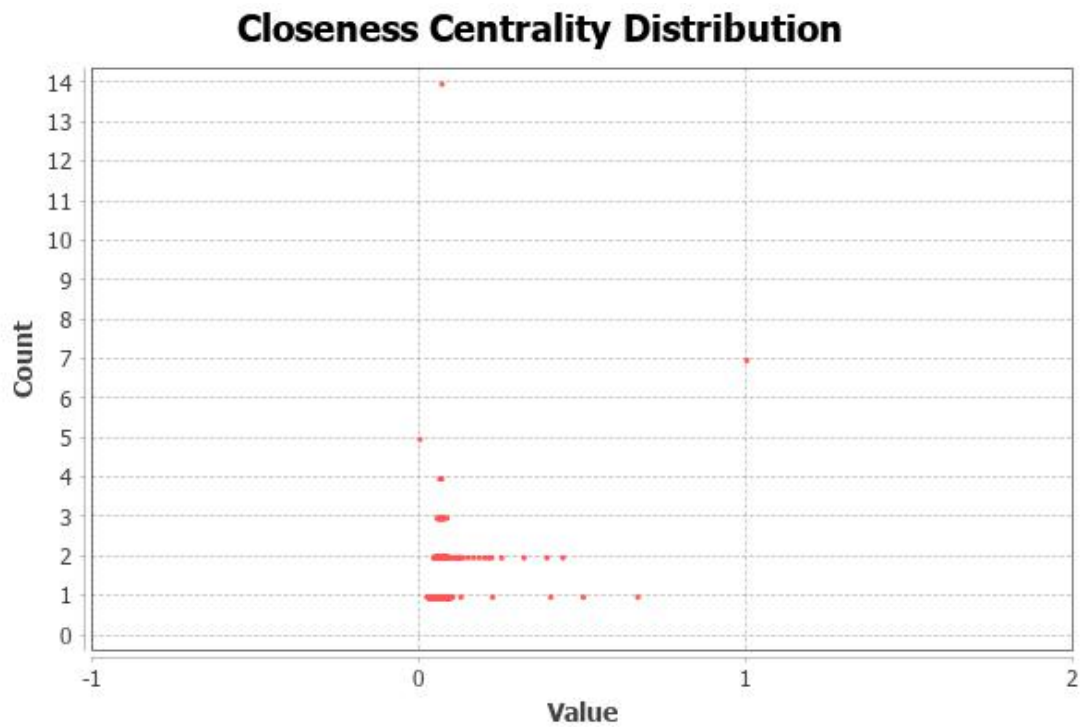
2.2 平均路径长度

公交网络的最短路径长度是从一个站点到另一个站点所要进过的站点数目的最小值。公交网络的平均路径长度反应了，从一个站点到另一个站点平均需要经过多少站。分析发现天津市公交网络的平均

路径长度是 16.345，即平均要做 15 站才能到达目的地。网络直径是 73，代表了最多经过的站点数。



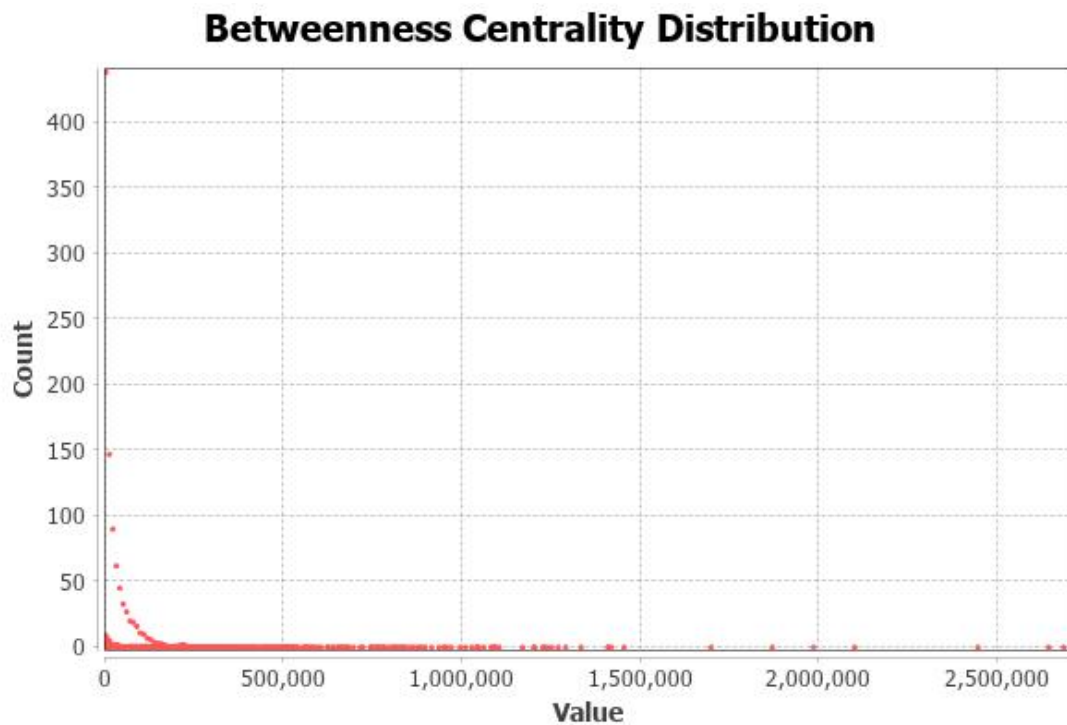
节点 i 的**偏心率**（eccentricity），用来表示复杂网络中的顶点 i 到网络中其它节点之间的最大距离。即从一个站点到另一个站点要经过站点数目最多的情况。



接近中心度，计算的是一个点到其他所有点的距离的总和，这个总和越小就说明这个点到其他所有点的路径越短，也就说明这个点距离其他所有点越近。接近中心度体现的是一个点与其他点的近邻程度，定义为

$$C(x) = \frac{1}{\sum_y d(y, x)}$$

一个具有高接近中心度的点，说明这个点距离任何其他点都最近，在空间上也体现在中心位置上。



中介中心度，计算经过一个点的最短路径的数量。经过一个点的最短路径的数量越多，就说明它的中介中心度越高。度中心度最高的站点，不一定是最活跃的，而如果很多最短路径需要经过一个站点，可以认为这个点最活跃，中介中心度最高。

3.1 结束语

从前面的计算可以得出，天津公交网络密度相对较低，乘坐公交出行效率不高。站点前后跨度大，同一线路上站点数量较多。平均需乘坐16站到达目的地，且每个站的度只有2.8，说明换乘站还不够多。其中，中介中心度的排布图说明活跃的站数量也很少，大部分公交线路互不相交叉，关联度很低，如果换乘会绕很大的远路。总体来说，天津的公交线路像一个星型的射线，向四周散射，每条射线上有多趟公交，造成资源过剩。如果未来要规划公交线路应考虑增加绕城线，在不同节点上将这些射线横向连接起来，以此来提高运营效率，降低换

乘率和经过的站数，使得公交更加贴近人们的生活需求。