# 各城市在航空网中重要性分析

## 一、PageRank

### 1. 根据班次判断重要性(见 pagerank1. py)

#### 1.1 生成转移概率矩阵

根据表中数据计算每两座城市间航班总数(得到矩阵  $S_{cc}$ )及各城市航班总数(得到矩阵  $S_{cc}$ ),计算  $S_{cc}/S_{c}$  得到转移概率矩阵  $P_{o}$  由于其中有些城市只有航班降落无航班起飞,此时得到的 P 部分行和为 0,因此需对其进行处理。首先找出这些没有航班起飞的城市,用它们各自的航班降落数据为起飞数据赋值,即令  $S_{cc}$  中的全 0 行等于与其行号相等的列,得到  $S_{cc}$ ,计算其行和得到  $S_{c1}$ ,再利用  $S_{cc}/S_{c1}$  得到  $P_{c}$ ,此时得到的  $P_{c}$   $S_{cc}$  不再有全 0 行。

## 1.2 计算 PageRank 值

通过循环计算  $P_S^(k)$  发现,当 k=4 时, $P_S^(k)>0$ ,由于 P>=0 且没有全行或列,因此,对  $\forall m, m \geq k$ , $P_S^(m)>0$ ,由本原的充要条件知, $P_S$  是本原的,因此可以不做 远程跳转修正。

	上海		宁波		阿克苏		林芝		漠河		稻城
2	北京	37	烟台	72	腾冲	107	万州	142	佳木斯	177	阿勒泰
3	广州	38	南昌	73	徐州	108	洛阳	143	克拉玛依	178	芷江
4	深圳	39	拉萨	74	延吉	109	东营	144	阿里	179	康定
5	昆明	40	合肥	75	宜昌	110	井冈山	145	延安	180	塔城
6	成都	41	无锡	76	宜春	111	梅县	146	鸡西	181	富蕴
7	重庆	42	桂林	77	加格达奇		南阳	147	济宁	182	固原
8	西安	43	揭阳	78	长白山	113	武夷山	148	鞍山	183	夏河
9	杭州	44	西宁	79	喀什	114	攀枝花	149	保山	184	佛山
10	厦门	45	西双版纳	80	盐城	115	敦煌	150	玉树	185	梧州
11	郑州	46	南通		伊宁	116	池州	151	哈密		
	海口		鄂尔多斯		大庆		乌海		安顺		
	青岛		北海		长治		百色		阜阳		
	哈尔滨		铜仁	84	柳州		荔波		日喀则		
	乌鲁木齐		绵阳		扬州	120	齐齐哈尔		锦州		
	贵阳		义乌		毕节		邯郸		庆阳		
17	三亚	52	包头	87	连云港	122	阿尔山	157	金昌		
18	武汉	53	襄阳(中国)	88	景德镇	123	格尔木	158	通化		
19	南京	54	威海	89	黄山	124	普洱	159	昭通		
20	大连	55	赤峰	90	恩施	125	宜宾	160	黔江		
21	长沙	56	海拉尔	91	惠州	126	阿拉善左前	161	香格里拉		
	沈阳		榆林		和田		凯里		中卫		
23	天津		湛江		南充		巴彦淖尔	163	吐鲁番		
24	济南	59	临沂		张家口	129	吕梁	164	黎平		
25	南宁	60	兴义	95	赣州	130	朝阳	165	二连浩特		
	长春		西昌		台州		满洲里		额济纳旗		
	福州		张家界		衡阳		黑河		天水		
	兰州		芒市		牡丹江		昌都		临沧		
	太原		运城		泸州		唐山		衢州		
30	呼和浩特	65	库尔勒	100	锡林浩特		大同		汉中		
	石家庄		常州		淮安		张掖		库车		
	银川		通辽		达州		广元		那拉提		
	温州		遵义		潍坊		常德	173	伊春		
	珠海		乌兰浩特		嘉峪关		安庆		连城		
	丽江		大理		舟山		丹东		永州		

该结果反应了各城市班次往来的情况,到排名靠前的城市可选择航班更多。但由于两城市间来往班次未必相等,因此部分没有起飞班次的城市结果可能不准确。

# 2. 根据里程数判断重要性

## 2.1 生成转移概率矩阵(见 pagerank2. py)

- 1. 根据表中数据,找出每两个城市间大于0的里程数并计算平均值,生成矩阵D。
- 2. 部分城市虽然有航班但里程数为 0,因此要对其进行处理: 首先找出这些航班,并将城市编号存于列表 number0 中; ①如果该航班在矩阵中对称的位置不为 0,即 A->B 里程为 0,但 B->A 里程不为 0,则令 A->B 里程数等于 B->A 里程数; ②对 number0 中每一个航班 A->B,找出与 A 里程数小于 500 且到 A 里程小于到 B 里程的的城市 h,求出这些 h 与 B 的平均里程 d1,对 B 进行同样操作得到 d2,用 d1、d2 均值估计 A->B 里程数; ③部分城市找不到满足条件的邻近城市,对于这些航班,找出城市 h,使得 A->h、h->B 的航班均存在且里程数之和不超过 D 中最大值,用所有 h 的 A->h 与 h->B 的里程数之和的均值来代替 A->B 的里程数,即假设 A->B 存在中转航班 A->h,B->h,计算这些中转航班里程数。
- 3. 部分城市只有航班降落无航班起飞导致部分行全 0, 因此像 1.1 中那样, 用列对这些行赋值。
  - 4. 对 D 中每一个非零元取倒数,对每行归一化得到 P D。

# 2.2 计算 PageRank 值

按 1.2 中方法验证发现,此时的 P\_D 依然是本原的,不需要进行远程跳转修正,迭代 13 次后得到结果如下:

1	上海	36	合肥	71	景德镇	106	克拉玛依	141	伊春	176	阿里
2	北京		长春		长白山	107	百色	142	牡丹江	177	稻城
3	西安	38	银川	73	泸州	108	池州	143	黎平	178	天水
4	成都	39	珠海	74	鄂尔多斯	109	安庆	144	玉树	179	芷江
5	广州	40	湛江	75	威海	110	哈密	145	邯郸	180	连城
6	昆明	41	温州	76	梅县	111	腾冲	146	攀枝花	181	库车
7	深圳	42	揭阳	77	大庆	112	普洱	147	张掖	182	额济纳旗
8	贵阳	43	北海	78	通辽	113	和田	148	吕梁	183	日喀则
9	重庆	44	毕节	79	运城	114	喀什	149	二连浩特	184	佛山
10	杭州	45	连云港	80	柳州	115	济宁	150	达州	185	夏河
11	天津	46	襄阳(中国)	81	延吉	116	扬州	151	丹东		
12	海口	47	遵义	82	海拉尔	117	延安	152	宜宾		
13	长沙	48	南通	83	南充	118	漠河	153	梧州		
14	武汉	49	临沂	84	井冈山	119	张家口	154	康定		
15	大连	50	张家界	85	昭通	120	南阳	155	阿拉善左旗		
	南宁	51	盐城	86	潍坊	121	东营	156	中卫		
17	郑州	52	徐州	87	荔波	122	阜阳	157	武夷山		
18	厦门	53	西宁	88	惠州	123	林芝	158	芒市		
19	青岛	54	兴义	89	衡 阳	124	嘉峪关	159	昌都		
20	乌鲁木齐	55	包头	90	赤峰	125	金昌	160	固原		
21	呼和浩特	56	西双版纳	91	义乌	126	汉中	161	保山		
22	太原	57	大理	92	常州	127	通化	162	永州		
23	哈尔滨	58	拉萨	93	庆阳	128	佳木斯	163	满洲里		
24	南京	59	铜仁	94	洛阳	129	阿克苏	164	鞍山		
25	石家庄	60	黄山	95	恩施	130	黑河	165	广元		
26	兰州	61	舟山	96	大同	131	锡林浩特	166	格尔木		
27	沈阳	62	长治	97	宜春	132	鸡西	167	伊宁		
28	桂林	63	赣州	98	加格达奇	133	乌海	168	衢州		
29	南昌	64	榆林	99	西昌	134	万州	169	临沧		
30	烟台	65	凯里	100	黔江	135	唐山	170	香格里拉		
31	福州	66	无锡	101	吐鲁番	136	锦州	171	那拉提		
32	三亚	67	淮安	102	朝阳	137	齐齐哈尔	172	巴彦淖尔		
33	宁波		绵阳		敦煌		常德	173	富蕴		
	济南	69	乌兰浩特	104	台州		阿尔山	174	阿勒泰		
	丽江		宜昌	105	库尔勒		安顺	175	塔城		

该结果反映了各城市与其通航城市里程数情况,在考虑里程数的情况下,到排名靠前的城市更便捷。用①方法进行预处理时,A->B 的航班中中转航班的比例及里程数与B->A 中中转航班比例及里程数可能不同,因此可能会出现误差。用②方法进行预处理时,由于数据量较小,找到的城市可能均集中于 AB 之间或 AB 两侧,对于距离较小的两城市误差过大。用③方法进行预处理时,A->B 的航班未必均为中转航班,并且由于不知道各个城市的相对位置,对于找到的部分 h,A->h 与 A->B 夹角可能过大,或者 A->h, B->h 里程数过大,而现实中基本不存在这样的中转航班,因此预测出的里程数可能较真实值过大。

## 3. 根据班次及里程数判断重要性(见 pagerank3. py)

综合考虑班次及里程数对重要性的影响,对 1 和 2 中求的的  $P_S$  和  $P_D$  加权,得到 P=0.5\*P S+0.5\*P D,此时 P 依然是本原的,迭代 9 次后得到结果如下:

1	上海	36	丽江		淮安	106	百色	141	伊宁	176	塔城
2	北京	37	银川	72	乌兰浩特	107	池州	142	金昌	177	连城
3	广州	38	合肥	73	运城	108	喀什	143	漠河	178	稻城
4	深圳	39	珠海	74	赤峰	109	张家口	144	宜宾	179	天水
5	成都	40	温州	75	通辽	110	锡林浩特	145	吕梁	180	芷江
6	昆明	41	揭阳	76	柳州	111	东营	146	丹东	181	库车
7	西安	42	拉萨	77	海拉尔	112	吐鲁番	147	阿尔山	182	日喀则
8	重庆	43	湛江	78	义乌	113	延安	148	武夷山	183	额济纳旗
9	杭州	44	西宁	79	长白山	114	敦煌	149	伊春		佛山
10	贵阳	45	无锡	80	泸州	115	南阳	150	锦州	185	夏河
11	海口		南通	81	梅县		阿克苏		玉树		
	厦门	47	北海		大庆		普洱		黎平		
	郑州	48	襄阳(中国)		南充		芒市	153	广元		
	青岛		西双版纳		井冈山		安庆		阿拉善左旗		
	武汉		临沂		常州		和田		鞍山		
	天津		遵义		延吉		克拉玛依		昌都		
	长沙		毕节		凯里		林芝		安顺		
	大连		张家界		宜春		济宁		二连浩特		
	哈尔滨		盐城		西昌		万州		满洲里		
	乌鲁木齐		连云港		惠州		哈密		保山		
	南京		兴义		潍坊		牡丹江		张掖		
	南宁		包头		恩施		乌海		中卫		
	沈阳		铜仁		洛阳		阜阳		康定		
	呼和浩特		大理		衡阳		佳木斯		永州		
	三亚		绵阳		昭通		达州		格尔木		
	太原		徐州		库尔勒		嘉峪关		巴彦淖尔		
	济南		榆林		腾冲		鸡西		固原		
	兰州		鄂尔多斯		加格达奇		唐山		衢州		
	福州		威海		台州		攀枝花		香格里拉		
	长春		赣州		黔江		常德		临沧		
	石家庄		黄山		荔波		通化		那拉提		
	烟台		宜昌		扬州		汉中		梧州		
	宁波		景德镇		庆阳		齐齐哈尔		阿里		
	南昌		舟山		朝阳		邯郸		富蕴		
	桂林		长治		大同		黑河		阿勒泰		

该结果反映了班次、里程数的情况,综合考虑班次和里程数的情况下,到排名靠前的城市可选择的航班更多、更便捷。与前两种判断方法相比,对于仅缺少起飞班次的城市和近缺少里程数的城市,由于 P 矩阵中每个元素都由该位置的班次和里程数共同决定,因此该位置与真实值误差会减为原本一半,但总体出现误差的城市更多。

#### 二、HITS

### 1. 根据班次判断重要性(见 HITS1. py)

求出每两座城市间航班总数 A, 令 A 为邻接矩阵。对 A 做 svd,得到的左右奇异向量为非正的,因此要对最大奇异值对应左右奇异向量做升序排列,得到 hub 评分结果和 authority 评分结果:

# (authority 评分结果)

	上海	36	珠海	71	盐城	106	乌兰浩特	141	日喀则	176	那拉提
2	北京	37	无锡	72	大庆	107	乌海	142	张掖	177	库车
	深圳	38	南昌	73	景德镇	108	梅县	143	黔江	178	阿勒泰
4	广州	39	合肥	74	柳州		嘉峪关	144	香格里拉	179	夏河
5	昆明	40	拉萨	75	长白山	110	通辽	145	锦州	180	阿里
6	重庆	41	揭阳	76	扬州	111	和田	146	昭通	181	阿尔山
7	成都	42	呼和浩特	77	徐州	112	武夷山	147	济宁	182	富蕴
8	西安	43	桂林	78	惠州	113	宜宾	148	阜阳	183	塔城
9	杭州	44	西宁	79	恩施	114	林芝	149	通化	184	梧州
10	厦门	45	西双版纳	80	达州	115	加格达奇	150	阿拉善左前	185	佛山
11	郑州	46	南通	81	赣州	116	吕梁	151	哈密		
12	哈尔滨	47	北海	82	台州	117	普洱	152	荔波		
	大连	48	义乌	83	牡丹江	118	朝阳	153	巴彦淖尔		
14	青岛	49	鄂尔多斯	84	长治	119	常德	154	中卫		
15	海口		襄阳(中国)	85	赤峰	120	广元	155	临沧		
16	武汉		威海	86	阿克苏		丹东	156	庆阳		
17	三亚	52	芒市	87	毕节	122	百色	157	汉中		
	南京		西昌	88	南充		舟山		满洲里		
19	沈阳	54	绵阳	89	海拉尔	124	邯郸	159	金昌		
	贵阳		湛江		连云港		唐山		黎平		
21	天津	56	包头	91	黄山	126	齐齐哈尔	161	天水		
22	长沙	57	榆林	92	东营	127	鞍山	162	额济纳旗		
23	长春	58	腾冲		淮安	128	昌都	163	玉树		
24	乌鲁木齐	59	常州	94	喀什	129	格尔木	164	安顺		
	济南	60	铜仁		衡阳	130	延安	165	吐鲁番		
26	南宁		大理		井冈山	131	佳木斯		衢州		
	兰州	62	运城	97	泸州		敦煌		伊春		
	福州		宜春	98	万州		安庆		连城		
	太原		张家界		攀枝花		大同		二连浩特		
	银川		临沂		伊宁		黑河		稻城		
	石家庄		遵义		洛阳		克拉玛依		永州		
	烟台		宜昌		潍坊		保山		漠河		
	温州		兴义		池州		凯里		芷江		
	宁波		库尔勒		南阳		鸡西		康定		
	ND II.		延吉		张家口		锡林浩特		固原		

# (hub 评分结果)

1	上海	36	南昌	71	兴义	106	舟山	141	鞍山	176	荔波
2	北京	37	宁波	72	台州	107	朝阳	142	阿里	177	衡阳
3	深圳	38	无锡	73	达州	108	百色	143	加格达奇	178	林芝
4	重庆	39	桂林	74	嘉峪关	109	攀枝花	144	凯里	179	夏河
5	广州	40	合肥	75	赤峰	110	佳木斯	145	阿拉善左前	180	固原
6	昆明	41	西宁	76	长治	111	大同	146	中卫	181	唐山
7	成都	42	呼和浩特	77	海拉尔	112	香格里拉	147	二连浩特	182	吕梁
8	西安	43	拉萨	78	黄山	113	黑河	148	阿尔山	183	吐鲁番
9	杭州	44	西双版纳	79	南充	114	和田	149	佛山	184	巴彦淖尔
10	郑州	45	北海	80	连云港	115	临沧		黎平	185	普洱
11	厦门	46	绵阳	81	东营	116	安庆	151	遵义		
12	哈尔滨	47	鄂尔多斯	82	阿克苏	117	格尔木	152	长白山		
13	青岛	48	威海	83	恩施	118	鸡西	153	金昌		
14	海口	49	湛江	84	洛阳	119	敦煌	154	襄阳(中国)		
15	武汉	50	芒市	85	牡丹江		锡林浩特		连城		
16	大连	51	南通	86	井冈山	121	阜阳	156	黔江		
17	南京	52	包头	87	喀什	122	锦州	157	日喀则		
18	沈阳	53	西昌	88	潍坊	123	昭通	158	毕节		
19	贵阳	54	常州	89	泸州	124	济宁	159	池州		
20	长沙	55	义乌	90	伊宁	125	哈密	160	揭阳		
21	天津	56	张家界	91	万州	126	满洲里	161	扬州		
22	三亚	57	榆林	92	乌海	127	天水	162	惠州		
23	乌鲁木齐	58	铜仁	93	梅县	128	衢州	163	张掖		
24	长春	59	宜昌	94	乌兰浩特	129	伊春	164	淮安		
25	济南	60	大理	95	常德	130	芷江	165	张家口		
26	兰州	61	盐城	96	通辽	131	漠河	166	康定		
27	南宁	62	运城	97	齐齐哈尔	132	永州	167	库车		
28	福州	63	延吉	98	宜宾	133	汉中	168	庆阳		
29	太原	64	临沂	99	南阳	134	克拉玛依	169	通化		
30	温州	65	景德镇	100	昌都	135	玉树	170	广元		
31	银川	66	大庆	101	丹东	136	阿勒泰	171	富蕴		
32	石家庄	67	库尔勒	102	保山	137	塔城	172	宜春		
33	NN YT.	68	柳州	103	延安	138	梧州	173	稻城		
34	烟台	69	徐州	104	邯郸		那拉提	174	安顺		
35	珠海	70	赣州	105	武夷山	140	额济纳旗		腾冲		

其中, authority 评分体现了各城市航班降落情况,到排名靠前的城市可选择的航班更多。hub 评分体现了各城市航班起飞的情况,从排名靠前的城市出发去别的城市可选择航班更多。其中排在 138 梧州后的 47 个城市没有航班起飞的数据,hub 值为 0,其 hub 评分排名无法体现。

# 2. 根据里程数判断重要性(见 HITS2. py)

进行 Pagerank 算法中 2.1 的 1、2 步生成矩阵 D,由于 hits 算法中不要求矩阵行和为 1,因此不需要进行第 3、4 步处理,令 1/D 为邻接矩阵。对 1/D 做 svd,得到结果如下:

(authority 评分结果)

1 上海	36 珠海	71 昭通	106 南阳	141 广元	176 那拉提
2 北京	37 温州	72 运城	107 济宁	142 二连浩特	177 富蕴
3 广州	38 北海	73 西双版纳	108 普洱	143 阿拉善左前	178 漠河
4 贵阳	39 襄阳(中国)	74 鄂尔多斯	109 扬州	144 伊春	179 日喀则
5 重庆	40 银川	75 绵阳	110 阜阳	145 永州	180 阿勒泰
6 昆明	41 揭阳	76 柳州	111 东营	146 安顺	181 塔城
7 成都	42 哈尔滨	77 乌鲁木齐	112 延吉	147 库尔勒	182 库车
8 深圳	43 盐城	78 威海	113 通化	148 武夷山	183 阿里
9 西安	44 丽江	79 惠州	114 万州	149 敦煌	184 夏河
10 海口	45 遵义	80 荔波	115 常德	150 临沧	185 佛山
11 武汉	46 兴义	81 恩施	116 乌海	151 梧州	
12 青岛	47 南通	82 宜春	117 张家口	152 吐鲁番	
13 长沙	48 临沂	83 潍坊	118 锦州	153 天水	
14 南宁	49 长春	84 洛阳	119 锡林浩特	154 香格里拉	
15 天津	50 张家界	85 大庆	120 金昌	155 玉树	
16 杭州	51 连云港	86 庆阳	121 海拉尔	156 满洲里	
17 太原	52 凯里	87 黔江	122 吕梁	157 黑河	
18 郑州	53 铜仁	88 赤峰	123 达州	158 衢州	
19 大连	54 包头	89 西昌	124 黎平	159 巴彦淖尔	
20 厦门	55 淮安	90 朝阳	125 齐齐哈尔	160 连城	
21 南京	56 赣州	91 常州	126 丹东	161 克拉玛依	
22 南昌	57 大理	92 衡阳	127 固原	162 昌都	
23 宁波	58 榆林	93 大同	128 佳木斯	163 嘉峪关	
24 石家庄	59 长治	94 延安	129 牡丹江	164 加格达奇	
25 烟台	60 景德镇	95 义乌	130 攀枝花	165 格尔木	
26 呼和浩特	61 舟山	96 台州	131 唐山	166 芷江	
27 桂林	62 西宁	97 拉萨	132 鸡西	167 张掖	
28 济南	63 宜昌	98 腾冲	133 鞍山	168 稻城	
29 福州	64 黄山	99 池州	134 芒市	169 哈密	
30 湛江	65 徐州	100 长白山	135 林芝	170 喀什	
31 合肥	66 无锡	101 百色	136 邯郸	171 阿克苏	
32 兰州	67 梅县	102 通辽	137 中卫	172 伊宁	
33 三亚	68 南充	103 安庆	138 宜宾	173 阿尔山	
34 沈阳	69 泸州	104 汉中	139 保山	174 和田	
35 毕节	70 井冈山	105 乌兰浩特	140 康定	175 额济纳旗	

### (hub 评分结果)

1	上海	36	银川	71	泸州	106	牡丹江	141	黔江	176	荔波
2	北京	37	温州	72	南充	107	佳木斯	142	佛山	177	衡阳
3	贵阳	38	丽江	73	大庆	108	临沧	143	二连浩特	178	林芝
4	广州	39	珠海	74	潍坊	109	攀枝花	144	长白山	179	固原
5	西安	40	哈尔滨	75	洛阳	110	鸡西	145	遵义	180	唐山
6	昆明	41	盐城	76	恩施	111	邯郸	146	阿尔山	181	吕梁
7	成都	42	临沂	77	赤峰	112	宜宾	147	阿拉善左前	182	吐鲁番
8	重庆	43	长春	78	朝阳	113	嘉峪关	148	阿里	183	加格达奇
9	深圳	44	南通	79	西昌	114	伊春	149	鞍山	184	富蕴
10	海口	45	张家界	80	常州	115	永州	150	额济纳旗	185	普洱

11 武汉	46 连云港	81 大同	116 库尔勒	151 黎平
12 天津	47 包头	82 拉萨	117 武夷山	152 金昌
13 南宁	48 铜仁	83 台州	118 梧州	153 凯里
14 杭州	49 赣州	84 延安	119 昌都	154 襄阳(中国)
15 长沙	50 兴义	85 百色	120 敦煌	155 连城
16 郑州	51 长治	86 延吉	121 满洲里	156 日喀则
17 青岛	52 西宁	87 乌兰浩特	122 衢州	157 毕节
18 大连	53 榆林	88 通辽	123 黑河	158 池州
19 太原	54 黄山	89 常德	124 香格里拉	159 揭阳
20 厦门	55 景德镇	90 安庆	125 天水	160 扬州
21 南京	56 绵阳	91 济宁	126 芷江	161 惠州
22 南昌	57 徐州	92 义乌	127 格尔木	162 张掖
23 宁波	58 舟山	93 东营	128 哈密	163 张家口
24 呼和浩特	59 大理	94 南阳	129 汉中	164 康定
25 石家庄	60 宜昌	95 阜阳	130 克拉玛依	165 淮安
26 桂林	61 无锡	96 齐齐哈尔	131 阿克苏	166 库车
27 福州	62 梅县	97 万州	132 喀什	167 庆阳
28 济南	63 西双版纳	98 海拉尔	133 伊宁	168 广元
29 兰州	64 威海	99 锡林浩特	134 玉树	169 通化
30 合肥	65 井冈山	100 芒市	135 漠河	170 巴彦淖尔
31 烟台	66 乌鲁木齐	101 乌海	136 阿勒泰	171 宜春
32 湛江	67 运城	102 保山	137 塔城	172 安顺
33 沈阳	68 柳州	103 锦州	138 和田	173 稻城
34 三亚	69 昭通	104 达州	139 中卫	174 夏河
35 北海	70 鄂尔多斯	105 丹东	140 那拉提	175 腾冲

其中,authority 评分体现了各城市航班降落情况,在考虑里程数时,到排名靠前的城市更方便。hub 评分体现了各城市航班起飞的情况,在考虑里程数时,从排名靠前的城市出发去别的城市更方便。其中排在139中卫后的47个城市没有航班起飞的数据,hub 值为0,其 hub 评分排名无法体现。

# 3. 根据班次及里程数判断重要性(见 HITS3. py)

令邻接矩阵 C=A+D,对 C做 svd,得到结果如下:(authority 评分结果)

1 上海	36 珠海	71 盐城	106 乌兰浩特	141 日喀则	176 那拉提
2 北京	37 无锡	72 大庆	107 乌海	142 张掖	177 库车
3 深圳	38 南昌	73 景德镇	108 梅县	143 黔江	178 阿勒泰
4 广州	39 合肥	74 柳州	109 嘉峪关	144 香格里拉	179 夏河
5 昆明	40 拉萨	75 长白山	110 通辽	145 锦州	180 阿里
6 重庆	41 揭阳	76 扬州	111 和田	146 昭通	181 阿尔山
7 成都	42 呼和浩特	77 徐州	112 武夷山	147 济宁	182 富蕴
8 西安	43 桂林	78 惠州	113 宜宾	148 阜阳	183 塔城
9 杭州	44 西宁	79 恩施	114 林芝	149 通化	184 梧州
10 厦门	45 西双版纳	80 达州	115 加格达奇	150 阿拉善左前	185 佛山
11 郑州	46 南通	81 赣州	116 吕梁	151 哈密	
12 哈尔滨	47 北海	82 台州	117 普洱	152 荔波	
13 大连	48 义乌	83 牡丹江	118 朝阳	153 巴彦淖尔	
14 青岛	49 鄂尔多斯	84 长治	119 常德	154 中卫	
15 海口	50 襄阳(中国)	85 赤峰	120 广元	155 临沧	
16 武汉	51 威海	86 阿克苏	121 丹东	156 庆阳	
17 三亚	52 芒市	87 毕节	122 百色	157 汉中	
18 南京	53 西昌	88 南充	123 舟山	158 满洲里	
19 沈阳	54 绵阳	89 海拉尔	124 邯郸	159 金昌	
20 贵阳	55 湛江	90 连云港	125 唐山	160 黎平	
21 天津	56 包头	91 黄山	126 齐齐哈尔	161 天水	
22 长沙	57 榆林	92 东营	127 鞍山	162 额济纳旗	

23	长春	58	腾冲	93	淮安	128	昌都	163	安顺
24	乌鲁木齐	59	常州	94	喀什	129	格尔木	164	玉树
25	济南	60	铜仁	95	衡阳	130	延安	165	吐鲁番
26	南宁	61	大理	96	井冈山	131	佳木斯	166	衢州
27	兰州	62	运城	97	泸州	132	敦煌	167	伊春
28	福州	63	宜春	98	万州	133	安庆	168	连城
29	太原	64	张家界	99	攀枝花	134	大同	169	二连浩特
30	银川	65	临沂	100	伊宁	135	黑河	170	稻城
31	石家庄	66	遵义	101	洛阳	136	克拉玛依	171	永州
32	烟台	67	宜昌	102	潍坊	137	保山	172	漠河
33	温州	68	兴义	103	池州	138	凯里	173	芷江
34	宁波	69	库尔勒	104	南阳	139	鸡西	174	康定
35	丽江	70	延吉	105	张家口	140	锡林浩特	175	固原

### (hub 评分结果)

1	上海	36	南昌	71	兴义	106	舟山	141	那拉提	176	衡阳
2	北京	37	宁波	72	台州	107	朝阳	142	佛山	177	林芝
3	深圳	38	无锡	73	达州	108	百色	143	二连浩特	178	夏河
4	重庆	39	桂林	74	嘉峪关	109	攀枝花	144	遵义	179	固原
5	广州	40	合肥	75	赤峰	110	佳木斯	145	黎平	180	唐山
6	昆明	41	西宁	76	长治	111	大同	146	阿尔山	181	吕梁
7	成都	42	呼和浩特	77	海拉尔	112	香格里拉	147	阿拉善左前	182	吐鲁番
8	西安	43	拉萨	78	黄山	113	黑河	148	阿里	183	巴彦淖尔
9	杭州	44	西双版纳	79	南充	114	和田	149	鞍山	184	普洱
10	郑州	45	北海	80	连云港	115	临沧	150	额济纳旗	185	中卫
11	厦门	46	绵阳	81	东营	116	安庆	151	金昌		
12	哈尔滨	47	鄂尔多斯	82	阿克苏	117	格尔木	152	长白山		
13	青岛	48	威海	83	恩施	118	鸡西	153	襄阳(中国)		
14	海口	49	湛江	84	洛阳	119	敦煌	154	连城		
15	武汉	50	芒市	85	牡丹江	120	锡林浩特	155	黔江		
16	大连	51	南通	86	井冈山	121	阜阳	156	日喀则		
17	南京	52	包头	87	喀什	122	锦州	157	毕节		
18	沈阳	53	西昌	88	潍坊	123	昭通	158	池州		
19	贵阳	54	常州	89	泸州	124	济宁	159	揭阳		
20	长沙	55	义乌	90	伊宁	125	哈密	160	扬州		
21	天津	56	张家界	91	万州	126	满洲里	161	惠州		
22	三亚	57	榆林	92	乌海	127	天水	162	张掖		
23	乌鲁木齐	58	铜仁	93	梅县	128	衢州	163	淮安		
24	长春	59	宜昌	94	乌兰浩特	129	伊春	164	张家口		
25	济南	60	大理	95	常德	130	芷江	165	康定		
26	兰州	61	盐城	96	通辽	131	漠河	166	库车		
27	南宁	62	运城	97	齐齐哈尔	132	永州	167	庆阳		
28	福州	63	延吉	98	宜宾	133	汉中	168	通化		
29	太原	64	临沂	99	南阳	134	克拉玛依	169	广元		
30	温州	65	景德镇	100	昌都	135	玉树	170	富蕴		
	银川	66	大庆	101	丹东	136	阿勒泰	171	宜春		
32	石家庄	67	库尔勒		保山	137	塔城		稻城		
33	M江	68	柳州	103	延安		梧州	173	安顺		
34	烟台	69	徐州		418 单18	139	凯里		腾冲		
35	珠海	70	赣州	105	武夷山	140	加格达奇	175	荔波		

综合考虑班次及里程数的情况下,到 authority 排名更靠前的城市更方便,从 hub 排名更靠前的城市出发更方便。此时依然有部分城市 hub 值为 0, 无法判断从这些城市出发的情况。