

行车调度指挥自动化课程

——期末大作业

1852127 赵冠华
2018 级交信

一、数据预处理。

观察发现，在 1 月全国路网行车晚点数据中，到达理论时间、到达实际时间、出发理论时间、出发晚点时间存在部分数据缺失，具体如图一所示。

到达理论时刻	到达实际时刻	到达晚点时间	出发理论时刻	出发晚点时刻	出发晚点时间
----	18:08	0	18:08	18:08	0
19:19	19:19	0	19:20	19:20	0
----	18:08	0	18:08	18:08	0
19:19	19:19	0	19:20	19:20	0
----	18:08	0	18:08	18:08	0
19:19	19:18	-1	19:20	19:20	0
----	18:08	0	18:08	18:08	0
19:19	19:18	-1	19:20	19:20	0
----	18:08	0	18:08	18:08	0

```
[num, text, row] = xlsread('1.xlsx', '1');
len=length(num);
for i=1:len
    if isnan(num(i,1))==1
        num(i,1)=(num(i,2)*24*60+num(i,3))/24/60;
    end
    if isnan(num(i,2))==1
        num(i,2)=(num(i,1)*24*60+num(i,3))/24/60;
    end
    if isnan(num(i,4))==1
        num(i,4)=(num(i,5)*24*60+num(i,6))/24/60;
    end
    if isnan(num(i,5))==1
        num(i,5)=(num(i,4)*24*60+num(i,6))/24/60;
    end
end
xlswrite('0.xlsx', 1);
```

图 1 缺失数据示例与 Matlab 部分代码展示

到达/出发理论时刻 = 到达/出发实际时刻 - 到达/出发晚点时间

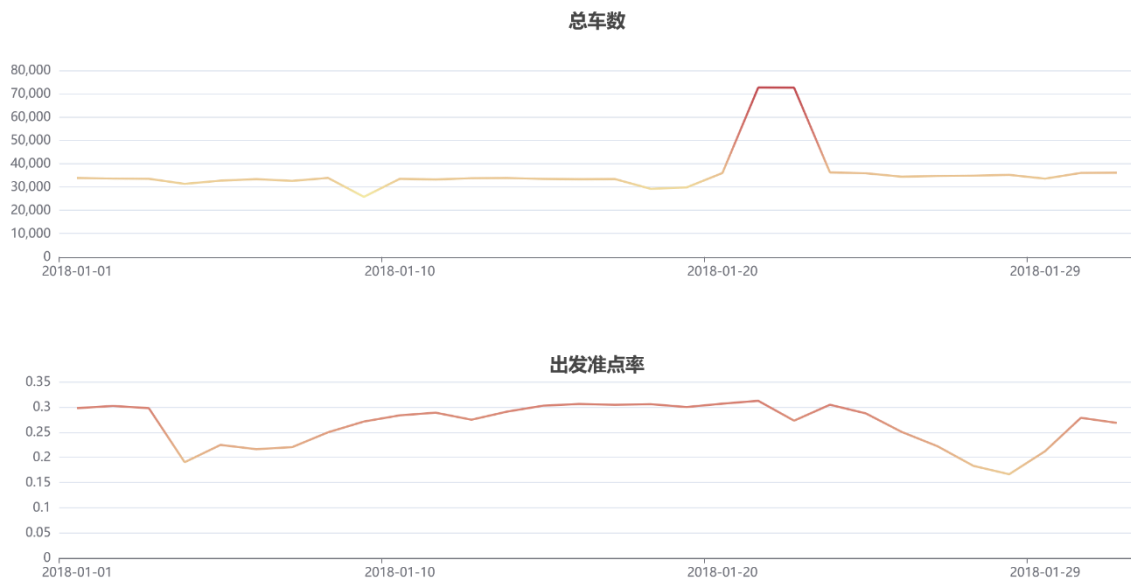
根据上式对 1115531 条数据进行缺失处理，并储存为新的 Excel 数据表格。

由于一天中同一车次的列车只能经过同一个站点一次，因此对新的表格筛选重复数据，再进行删除，共 20768 条。

二、全网到达和出发准点率

在这一部分我将从时间与空间两个角度分析全网到达与出发准点率。

1. 时间角度



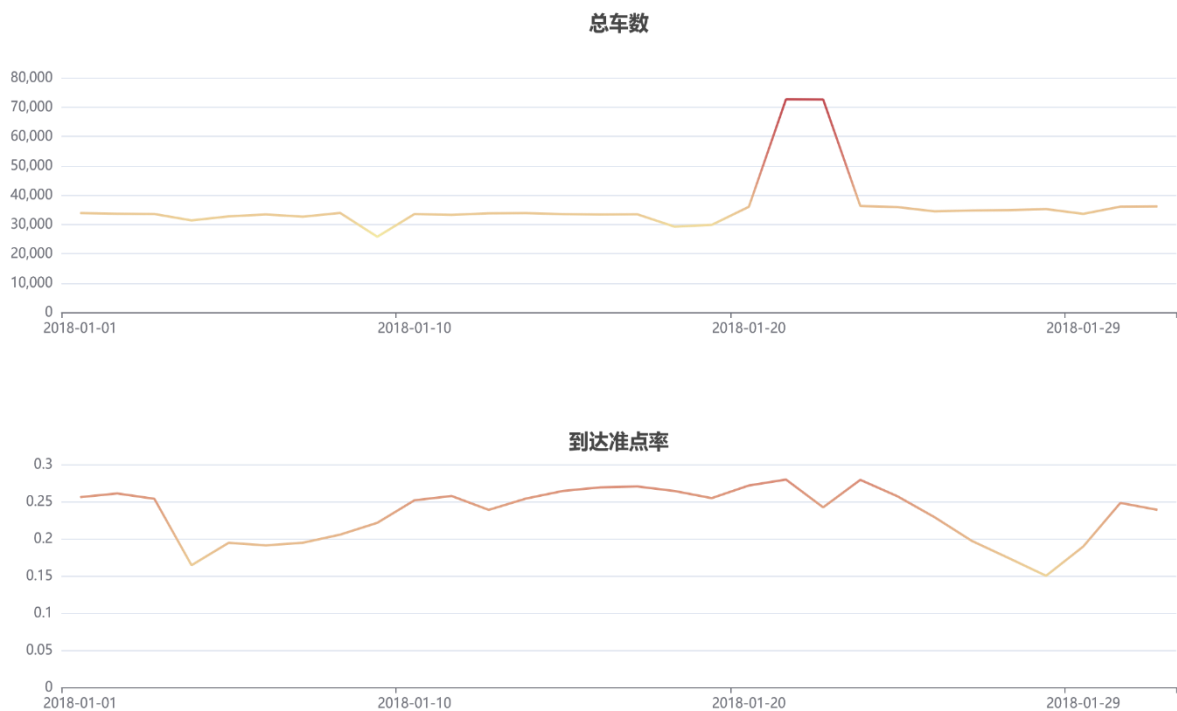


图 2 全网出发/到达准点率

观察图 2 发现，总车数在 1 月 21 日后突增，结合其农历日期，原因可能为大学生放假回家。

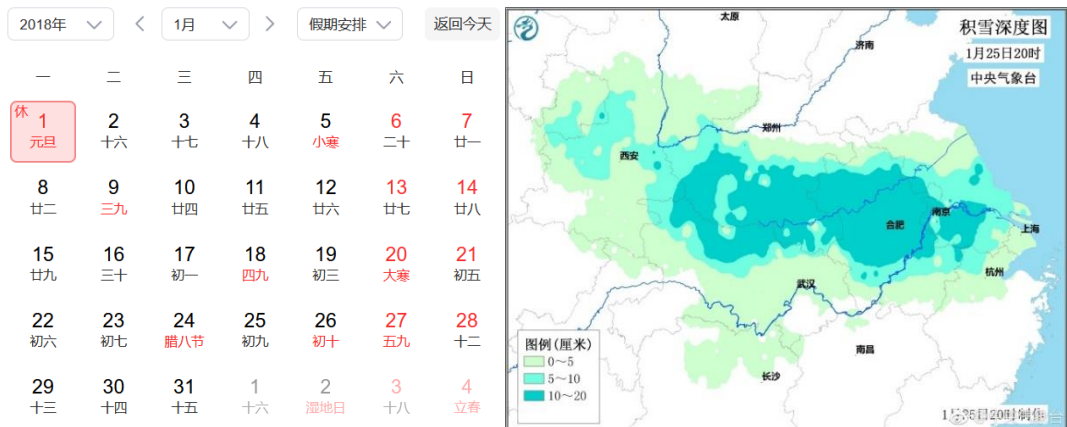


图 3 2018 年 1 月日历与积雪深度图

出发准点率基本上保持在 25%、到达准点率保持在 22%，在整个 1 月中，有两个时间段出发与到达准点率骤降，分别为 1 月 4 日后与 1 月 24 日后。

经过查询，这些火车晚点的原因可能是天气。2018 年 1 月 2 日，陕西、河南、湖北、安徽、江苏等地先后出现大雪或暴雪，这轮降雪的中心大概在江淮中北部地区；1 月 24 日后，我国中东部地区出现 1 月以来第三次大范围雨雪天气过程，10 省(直辖市)49 市(自治州)176 个县(市、区)341.9 万人受灾。暴雪使交

通受阻，因而发生了火车大规模晚点现象。

2. 空间角度

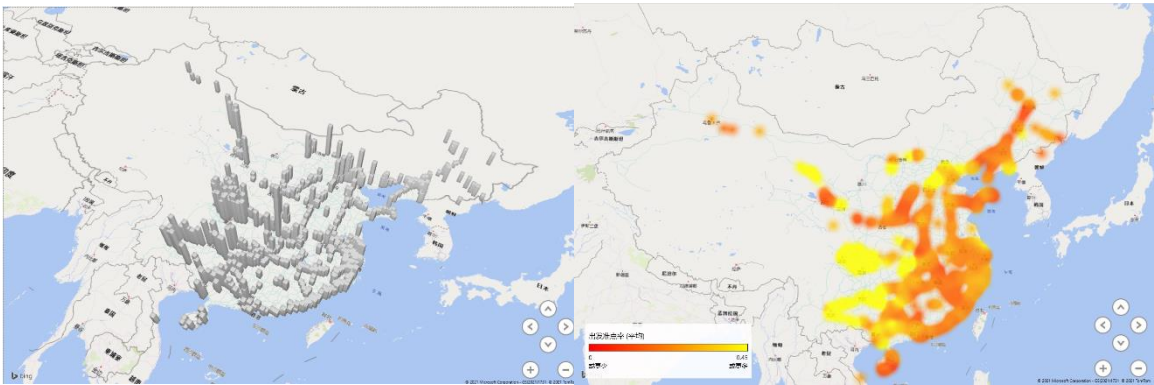


图 4 全网出发准点率

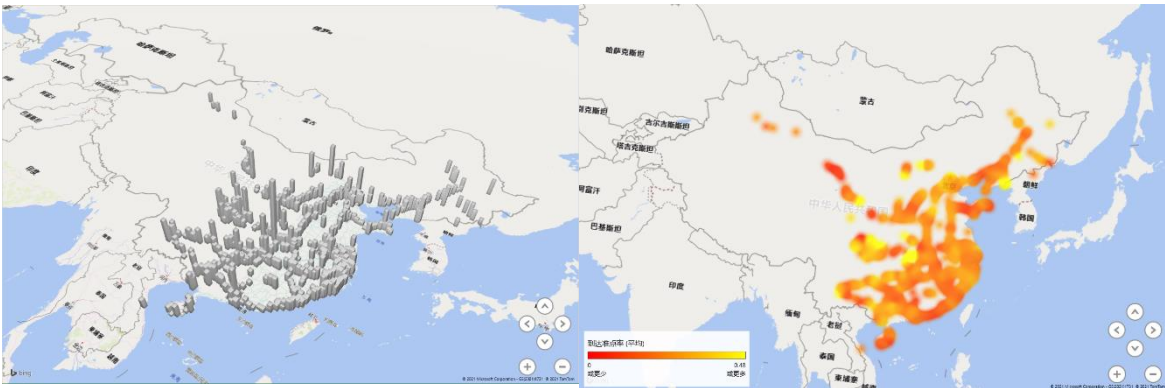


图 5 全网到达准点率

将出发/到达准点率按照车站进行计算，得到地理空间角度全网的准点率热力图与柱状图。观察图 4、图 5 发现，出发时，我国江淮中北部地区的准点率较内陆地区低；而到达准点率则普遍低于出发准点率。这可能是因为上文所说的暴雪天气导致的：暴雪所在地区列车难以开行，这导致相关地区列车为保障安全而延迟发出，使出发准点率变低；还导致开往内陆的列车途中受阻，因而其到达准点率变低。

三、 全网到达和出发晚点时间的分布特征

1. 每日平均出发/到达晚点时间

对 1 月份每天的出发与到达晚点时间进行计算，绘制折线图如图 6 所示。观察发现：（1）每日平均出发与到达晚点时间基本相同；（2）1 月 4 日与 1 月 27 日、1 月 28 日的每日平均晚点时间超过 30min，说明在此期间发生了严重大面积晚点的区段与时段，网络运行状态较差。

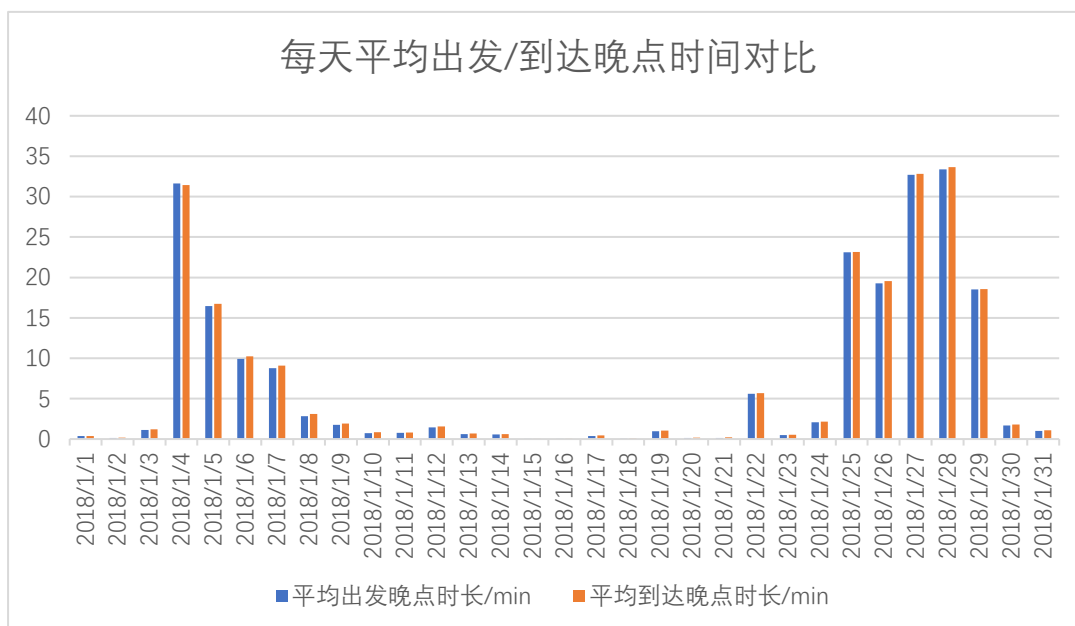


图 6 1 月份平均出发/到达晚点时间对比

2. 平均晚点时间与准点率

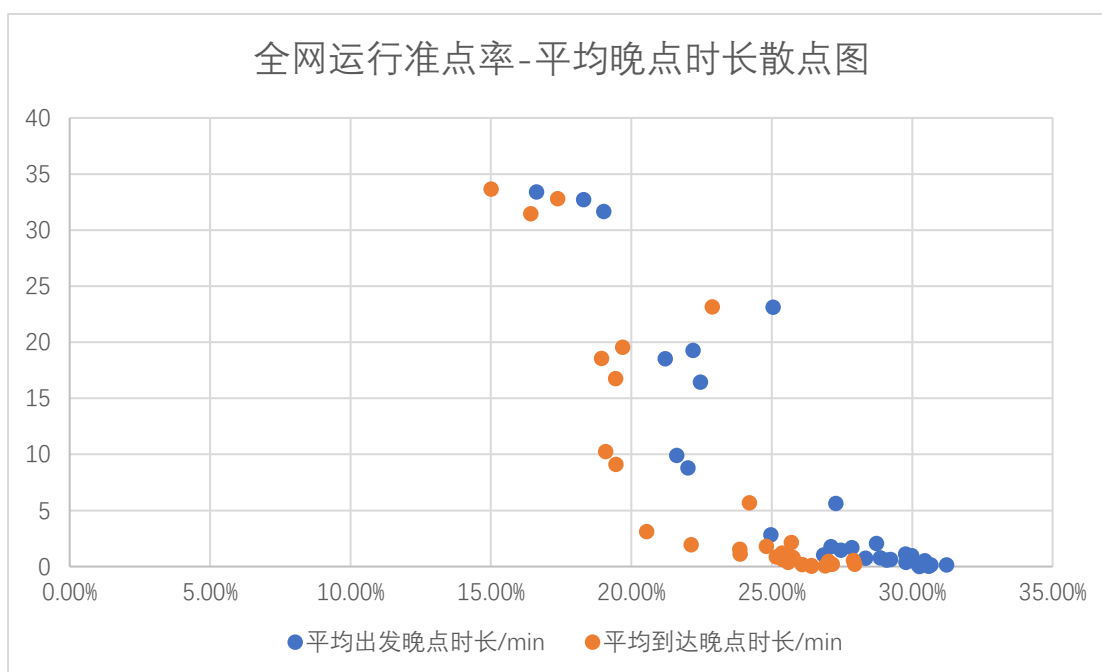


图 7 全网运行准点率-平均晚点时长散点图

观察图 7 发现，无论是平均出发晚点时长还是平均到达晚点时长，运行准点率均与其呈现明显的负相关关系。

3. 日晚点时间分布

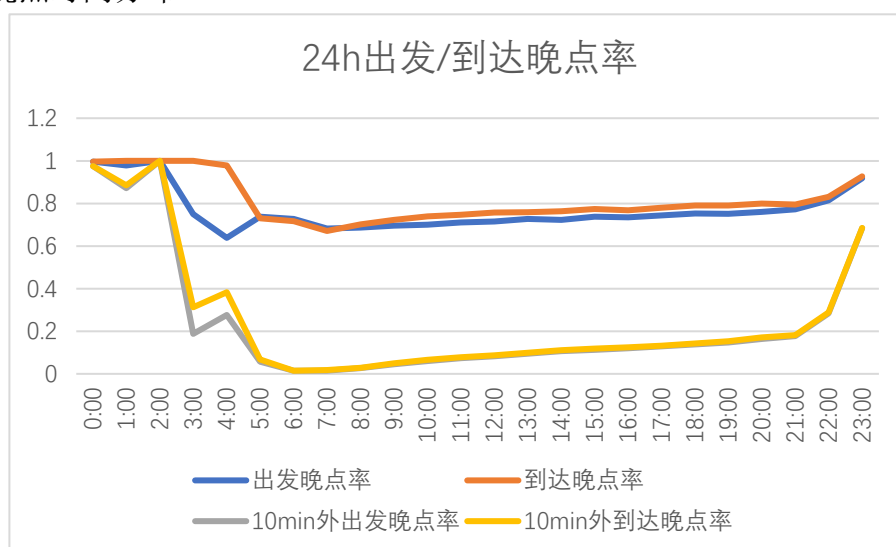


图 8 24h 出发/到达晚点率

计算 1 月份 24 小时出发、到达晚点率分布，结果如图 8 所示；由于晚点率较高，为了更好的对比不同时间段晚点率的差别，这里还计算了剔除正点前后 10 分钟以内列车数据（即这部分列车不将其视作晚点列车）后的晚点率。观察发现：

- （1）整体上看，白天的晚点率要低于夜晚的晚点率；一天中，6:00 时的晚点率最低，然后随着时间的增长，晚点率不断增加，直至夜晚 0:00–3:00 晚点率处于最高水平，接近 90%–100%；然后晚点率逐渐降低。
- （2）一般情况下，出发晚点率要低于到达晚点率，该现象在夜晚 3:00–6:00 体现的最明显。
- （3）绝大多数列车的晚点时间在时刻表正点的前后 10 分钟之内，而夜晚 23:00–3:00 时大多数列车的晚点时间在正点的前后十分钟之外，也就是说，夜晚时列车的晚点状况更严重，更不易恢复。

4. 晚点时长分布直方图

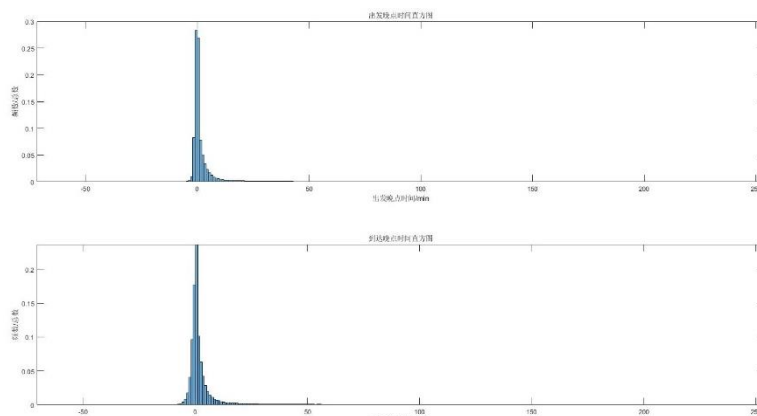


图 9 出发/到达晚点时长分布直方图

观察图 9 发现，列车的出发/到达晚点时间大多集中在正点前后 15 分钟之内，且出发晚点时长要比到达晚点时长更加集中。

四、对 G1 次列车的统计分析

我选择对 G1 次列车在 1 月 23 日至 1 月 29 日这七天内的区间运行时间、旅行速度、车站停站时间进行统计分析，具体数据如表 2 所示。

1. 基本信息

G1 列车是由北京南站（09:00）开往上海虹桥站（13:28）方向的高速动车组列车，列车区间走行 1318 千米，运行时间 4 时 28 分，其基本信息如表 3 所示，路线如图 10 所示。

表格 2 G1 次列车 1 月 23 日至 1 月 29 日晚点数据表

车次	站点	到达理论时刻	到达实际时刻	到达晚点时间	出发理论时刻	出发晚点时刻	出发晚点时间	日期	星期
G1	北京南	9:00	9:00	0	9:00	9:00	0		
G1	济南西	10:22	10:21	-1	10:24	10:23	-1		
G1	南京南	12:23	12:22	-1	12:25	12:24	-1		
G1	上海虹桥	13:28	13:26	-2	13:28	13:26	-2	2018/1/23	二
G1	北京南	9:00	8:58	-2	9:00	8:58	-2		
G1	济南西	10:22	10:23	1	10:24	10:25	1		
G1	南京南	12:23	12:23	0	12:25	12:25	0		
G1	上海虹桥	13:28	13:26	-2	13:28	13:26	-2	2018/1/24	三
G1	北京南	9:00	9:00	0	9:00	9:00	0		
G1	济南西	10:22	10:21	-1	10:24	10:23	-1		
G1	南京南	12:23	14:09	106	12:25	14:11	106	2018/1/25	四
G1	北京南	9:00	9:00	0	9:00	9:00	0		
G1	济南西	10:22	10:22	0	10:24	10:24	0		
G1	南京南	12:23	12:23	0	12:25	12:25	0		
G1	上海虹桥	13:28	13:28	0	13:28	13:28	0	2018/1/26	五
G1	北京南	9:00	9:00	0	9:00	9:00	0		
G1	济南西	10:22	10:59	37	10:24	11:01	37		
G1	南京南	12:23	13:50	87	12:25	13:52	87		
G1	上海虹桥	13:28	15:51	143	13:28	15:51	143	2018/1/27	六
G1	北京南	9:00	9:17	17	9:00	9:17	17		
G1	济南西	10:22	11:16	54	10:24	11:18	54		
G1	南京南	12:23	14:18	115	12:25	14:20	115		
G1	上海虹桥	13:28	14:57	89	13:28	14:57	89	2018/1/28	日
G1	北京南	9:00	8:58	-2	9:00	8:58	-2		
G1	济南西	10:22	10:22	0	10:24	10:23	-1		
G1	南京南	12:23	12:27	4	12:25	12:29	4		
G1	上海虹桥	13:28	13:28	0	13:28	13:28	0	2018/1/29	一

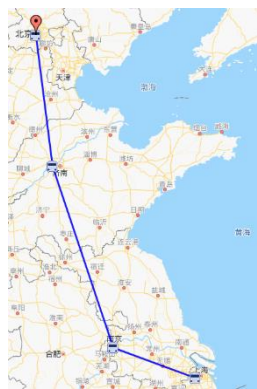


图 10 G1 次列车运行路线

站次	站点	停车时间	开车时间	公里数	运行时间
1	北京南	始发站	9:00	0	0:00
2	济南西	10:22	10:24	406	1:22
3	南京南	12:23	12:25	1023	3:24
4	上海虹桥	13:28	终点站	1318	4:28

表格 3 G1 次列车基本信息

2. 区间运行时间统计

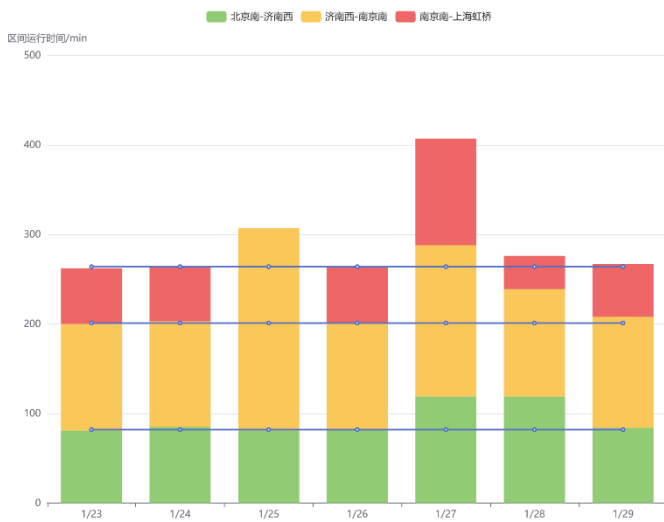


图 11 区间运行时间

观察左图 11 发现：1/23、1/24、1/26 与 1/29 基本符合时刻表要求；而 1/25 日从济南西-南京东区段严重超时，结合当日天气因素与网络信息可知，南京南-上海虹桥区段被取消；1/27 日三个区段时间均超时；1/28 日北京西-济南西超时，济南西-南京西区段正速行驶，南京西-上海虹桥则较往常加速行驶。

3. 旅行速度统计

列车旅行速度指列车在区段内运行，包括中间站停站时间及停车附加时间在内的平均每小时走行公里数。



区间	标准旅行速度km/h
北京南-济南西	290.0
济南西-南京南	306.0
南京南-上海虹桥	281.0

图 12 G1 次列车各区段旅行速度

经过计算得到 G1 次列车在这七天各区段的旅行速度，将其与标准旅行速度进行比较，发现：

- (1) 北京西-济南西区段 1/27 与 1/28 日旅行速度较慢；
- (2) 济南西-南京南区段在 1/25 日与 1/27 日旅行速度有较大波动，结合当地天气，应是受到暴雪的影响；
- (3) 南京南-上海虹桥缺失 1/25 日数据，可能是因为暴雪导致车次取消；1/27 日旅行速度较慢应是受到暴雪影响；1/28 日旅行速度较快是为

了减少之前区段晚点带来的影响。

- (4) G1 次列车是运营速度最高的列车，可达到 486.1km/h，南京南-上海虹桥 1/28 日旅行速度达到 478.4km/h，符合要求，属于严重晚点情况下的应急处置。

4. 车站停站时间统计

表格 4 车站停站时间统计

车次	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1
站点	济南西	南京南	济南西	南京南	济南西	南京南	济南西	南京南	济南西	南京南	济南西	南京南	济南西	南京南
停站时间/min	2	2	2	2	2	停止运行	2	2	2	2	2	2	2	2

G1 次列车在 1 月 23 日至 1 月 29 日这七天内在中途站——济南西与南京南，车站停车时间均为 2 分钟，无改变。

这是因为动车组总定员以及单节车厢人数相对普速列车小，上下车人数相对少，并且上下车时几乎所有车门全部开启，乘降效率高。同时，从列车停稳到车门开启用时不超过 5 秒，每一名乘客从车厢迈步到站台上用时不超过 4 秒。因此，2 分钟可以在保障在完成上下客的基础上安全地缩短列车运行时间。

五、 南京站出发/到达晚点情况分布图

经过上述分析，我已经发现南京被 2018 年 1 月的暴雪时间影响较大，而南京有两座车站——南京站与南京南站，我选择对南京站出发/晚点情况进行分析。

1. 每日正点率分析

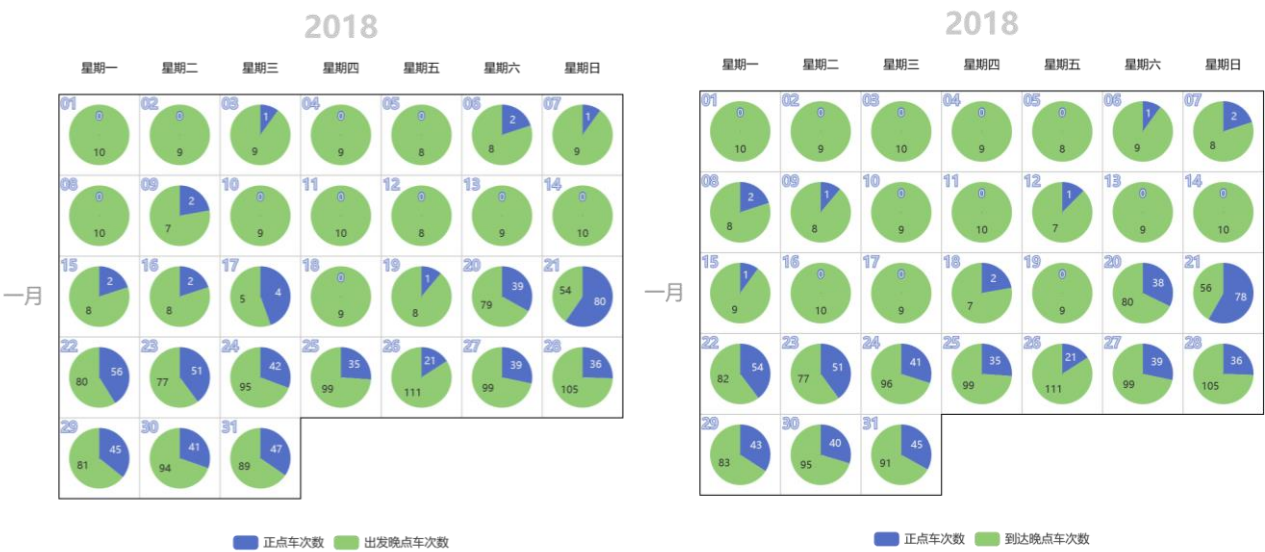


图 13 南京站出发/到达晚点车辆数与正点车辆数日历饼图

观察图 13 发现：

(1) 20 日以前，每日到达、离开南京站的车次数为 8-10 辆；从 20 日起，每日到达、离开南京站的车次数为 118-141 辆。

(2) 2018 年 1 月上旬车辆正点车比例较低，直至下旬比例升高。

也就是说，在每日到达、离开车站数目较小时，车次正点率较低，车辆调配有较大的活动空间；而当每日到达、离开车站数目逐渐增大，由于运行线路图更为密集，调配活动空间较小，铁路局对车站列车的正点率要求提高，

2. 每日晚点时间分析

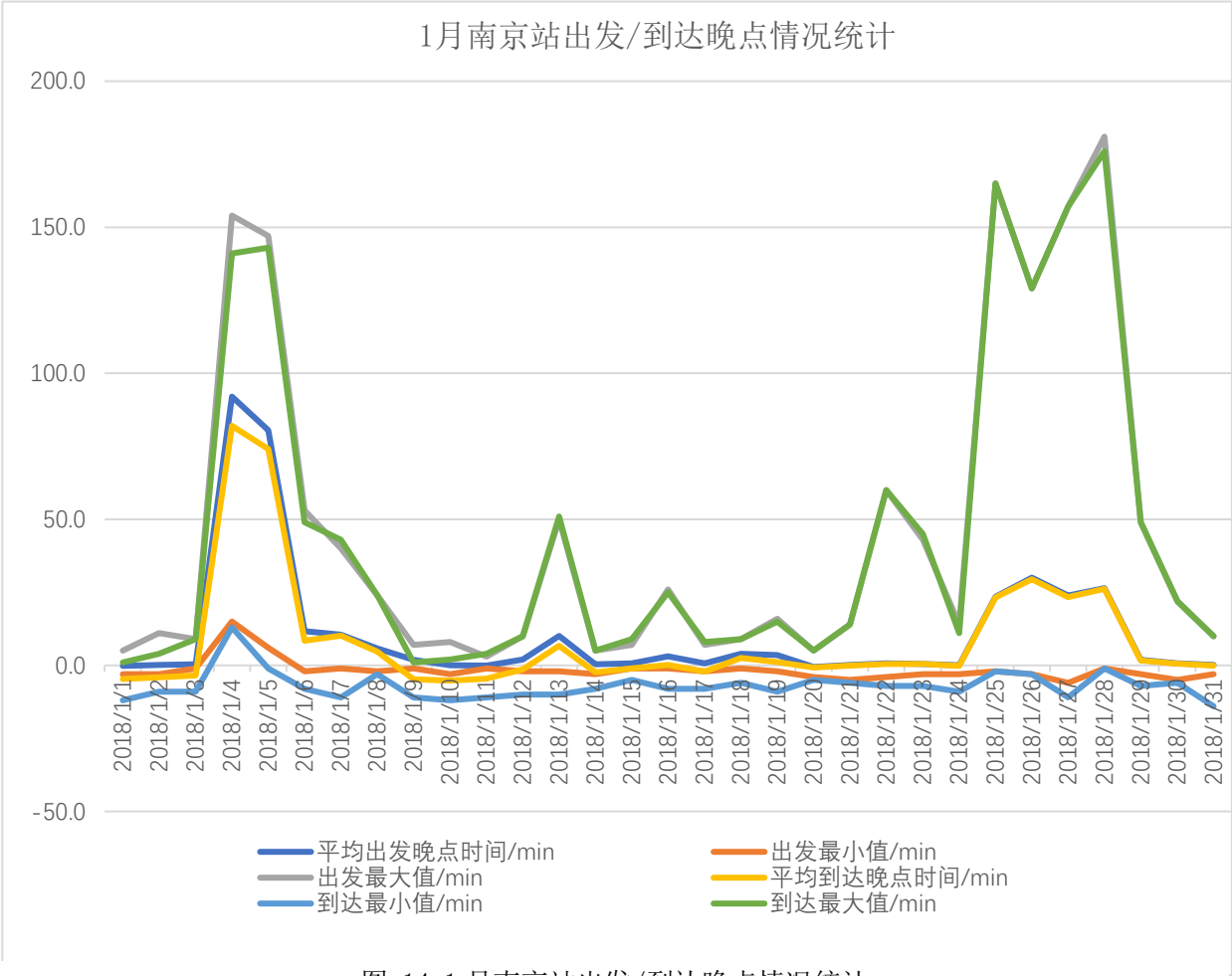


图 14 1 月南京站出发/到达晚点情况统计

观察图 14 发现：

(1) 1 月份南京站出发/晚点情况有两个峰值，分别为 1 月 4 日-6 日与 1 月 25 日-29 日，并且前者的晚点更为严重。

(2) 除去 (1) 中所提到的时段，可以看到 1 月其他时间，尤其是 1 月中旬，出现了部分列车车次到站时间与离站时间不稳定的现象，但其并未对平均晚点时间产生较大影响，也就是说，这部分列车占比较小。

六、对京沪线（沪宁段）运行状态的分析

我选择对京沪线（沪宁段）评价网络的运行状态，京沪线各站点所述铁路局状态如下所示。由于沪宁段均属于上海铁路局管辖，因此本次分析仅针对中观（单线）与微观（单车站）。

序号	站名	里程（千米）	车站位置	隶属单位
1	北京南站	0	北京市丰台区车站路12号	中国铁路北京局集团有限公司
2	廊坊站	59	河北省廊坊市安次区常甫路北端	
3	天津西站	-	天津市红桥区西站前街1号	
4	天津南站	131	天津市西青区张家窝镇	
5	沧州西站	219	河北省沧州市沧县北京路西端头	
6	德州东站	327	山东省德州市经济开发区	
7	济南西站	419	山东省济南市槐荫区齐鲁大道6号	中国铁路济南局集团有限公司
8	泰安站	462	山东省泰安市岱岳区灵山大街	
9	曲阜东站	533	山东省曲阜市息陬镇孔子大道	
10	滕州东站	589	山东省滕州市东沙河镇东首	
11	枣庄站	625	山东省枣庄市新城区祁连山路	
12	徐州东站	688	江苏省徐州市东郊经济开发区	中国铁路上海局集团有限公司
13	宿州东站	767	安徽省宿州市埇桥区蒿沟镇站前路	
14	蚌埠南站	844	安徽省蚌埠市龙子湖区学府路与学翰路交汇处	
15	定远站	897	安徽省滁州市定远县池河镇青岗村	
16	滁州站	959	安徽省滁州市南谯区洪武西路198号	
17	南京南站	1018	江苏省南京市雨花台区玉兰路98号（北）	
18	镇江南站	1087	江苏省镇江市丹徒区站前北路	
19	丹阳北站	1112	江苏省丹阳市开发区前艾镇	
20	常州北站	1144	江苏省常州市新北区长江北路	
21	无锡东站	1201	江苏省无锡市锡山区安镇镇	
22	苏州北站	1227	江苏省苏州市相城区南天城路	
23	昆山南站	1259	江苏省昆山市创业路999号	
24	上海虹桥站	1302	上海市闵行区申贵路1500号	

1. 铁路运输网络运行状态评价指标体系

由于铁路网是由点连成线，由线成面的统一体，为了更准确的分析和改善铁路网的运行状态，加强车站、线路与路网评价之间的关系，应建立一种基于点、线、面层次的铁路网交通运行状态的综合评价方法。

注意，评价指标建立的原则是具有可行性、全面性、科学性与代表性。

(1) 点评价指标

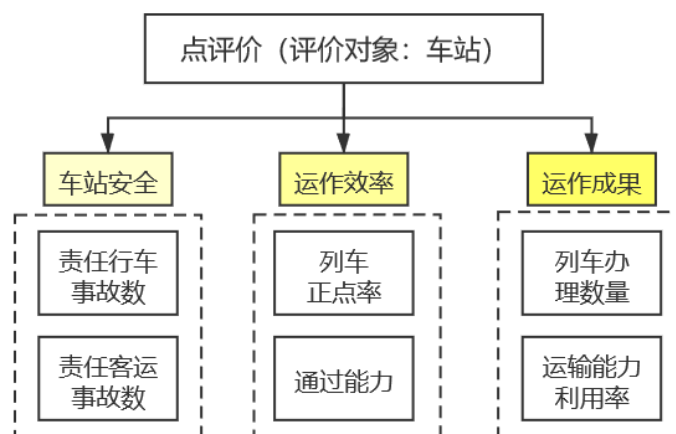


图 15 点评价指标体系

交通节点是路网单元的基本构成要素，可以选择车站作为评价对象，使用责任行车事故数、责任客运事故数来评价车站安全，使用列车正点率、通过能力评价运作效率，使用列车办理数量、运输能力利用率评价运作成果。

责任行车事故指由于车站原因造成的列车运行中断，影响列车安全正点和旅客的生命财产安全；责任客运事故是指由于车站员工违反作业标准和有关规定，或发生运输组织计划变更时，未及时告知旅客和有关部门，导致旅客集体漏乘、误乘列车。

列车正点率是指单位时间内，按照列车运行图规定时刻，正点在车站始发、终到、通过的列车占车站所有列车的比例，这是反应车站运输组织工作和服务水平的综合指标；通过能力指一昼夜车站可以接发（通过）列车数目，通常与铁路线网通过能力相互协调匹配。

列车办理数量指单位时间内，在车站始发、终到、通过的所有列车的总数，用以衡量车站工作量的大小；运输能力利用率指一定时期内车站既有线路实际办理的列车数量与设计办理数量的比率，用以衡量车站运输组织工作的水平。

(2) 线评价指标

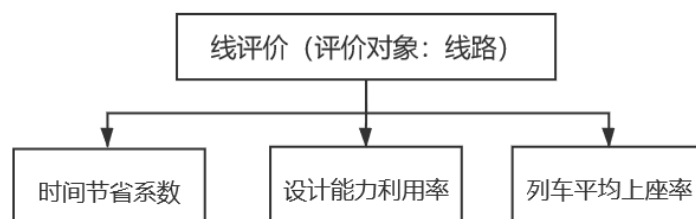


图 16 线评价指标体系

线评价的对象是某一条线路。对于一条线路而言，它的状态分为常态和非常态 2 种：常态是指列车常规的通行；非常态是指因为突发事件或特殊事件造成的拥挤状态，例如交通事故、铁路施工养护、恶劣天气、地质灾害等。线层次的运行状态应当由基本列车线路和串联轴节点的状态来综合反映。结合铁路线路的特点，选取时间节省系数、设计能力利用率、列车平均上座率作为参数评价运行状态。

$$\gamma_{\text{时间节省}} = (t_{\text{普铁}} - t_{\text{高铁}}) / t_{\text{普铁}}$$

时间节省系数指在开通高铁后，乘坐该线路出行与乘坐普速铁路相比得到的时间节省，公式如上所示。而设计能力利用率指待评价线路上列车的实际开行对数与该线路能够开行的列车数之比。列车平均上座率则是指列车在整个区段内所有购买车票上车的人数与列车定员的比例，它反映了该线路列车席位的利用程度。

(3) 面评价指标

在面层次，铁路网络是由不同等级的铁路线路与站点组合而成的，可以从铁路网络布局水平、服务水平与协调水平三个方面来进行评价。

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{\sum_{j=1}^n S_j}$$

布局水平包括可达性与枢纽间连接效率。前者反映从铁路网络任一车站出发抵达任一目的地的行程时间或费用的大小。可达性越高，铁路网络布局越完善，居民出行越方便快捷。后者反映铁路网络主要枢纽集散点之间的连通程度，反映网络中线路走向是否合理以及主要枢纽集散点之间的出行便捷程度，公式如上所示。其中 α 指节点的非直线系数， L 为站点 i 至铁路网各站点间线路实际距离， S 为站点 i 至铁路网各站点间空间距离， n 为铁路网上主要枢纽节点。

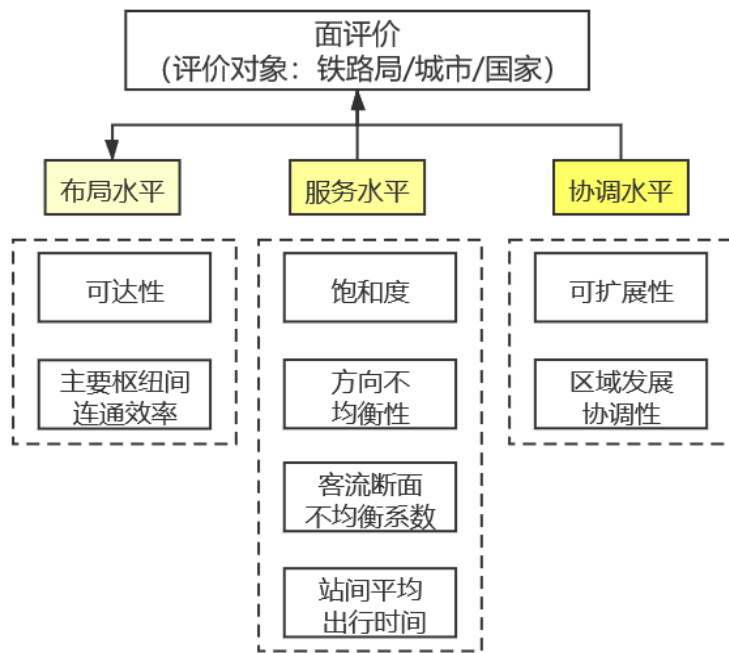


图 17 面评价指标体系

服务水平包括饱和度、方向不均衡性、客流断面不均衡系数、站间平均出行时间四个指标。站间平均出行时间直观反映铁路网运营后旅客出行时间的大小，反映了网络布局合理性。网络饱和度指有效运输能力与总体运输能力的比值，它反映了铁路网络的利用程度。方向不均

衡性指用单位时间内单向有效运输能力与双向有效运输能力比值表示，体现了铁路网络中同一运输走廊在方向上的运量差异程度。客流断面不均衡系数指网络中各线全日客流断面最大值与平均值之比，反映了整个网络承担客流的均衡程度，帮助我们评价网络客运组织效率。

2. 点分析。



图 18 京沪高铁沪宁段示意图

京沪高铁沪宁段共涉及 8 个站点：南京南站、镇江南站、丹阳北站、常州北站、无锡东站、苏州北站、昆山南站与上海虹桥站。

共有 54473 条相关数据。由于数据类型的限制，这里我只对这几个车站的正点率以及列车办理数量进行统计分析。

(1) 列车办理数量

从 2018 年 1 月 1 日至 1 月 31 日，各站点办理列车数量如图 19 所示，发现：

- ① 这三个站点中只有南京南、常州北以及上海虹桥作为部分列次的起终点；并且南京南站通过列车占比为 88.6%，上海虹桥站通过列车占比 13.7%。符合新年来临之际学生/务工人员放假回家从大城市返回小城市的行动规律。

2018年1月京沪线沪宁段列车办理数量堆积图



图 19 2018 年 1 月京沪线沪宁段列车办理数量堆积图

② 南京南站办理列车数量最多，达到 20893 次列车；上海虹桥次之，达到 7411 次；丹阳北站办理列车数量最少，共 1153 次列车。可能原因是：

- 南京南站的主要线路包括——京沪高速铁路、沪汉蓉高速铁路、宁杭高速铁路、宁安高速铁路、宁合高速铁路，上海虹桥站的主要线路包括——京沪高速铁路、沪汉蓉高速铁路与沪昆高速铁路；而这里并未区分不同线路到达各个站点的列车车次，因而可能存在多线路混行被统计的现象。
- 在所给数据中，上海虹桥只统计了 1-6 日、21-31 日的数据，其日平均列车办理数量为 436 辆，而南京南站日平均列车办理数量为 674 辆，这个数字的差距便没有总数差距那样大的令人惊讶了。

(2) 正点率

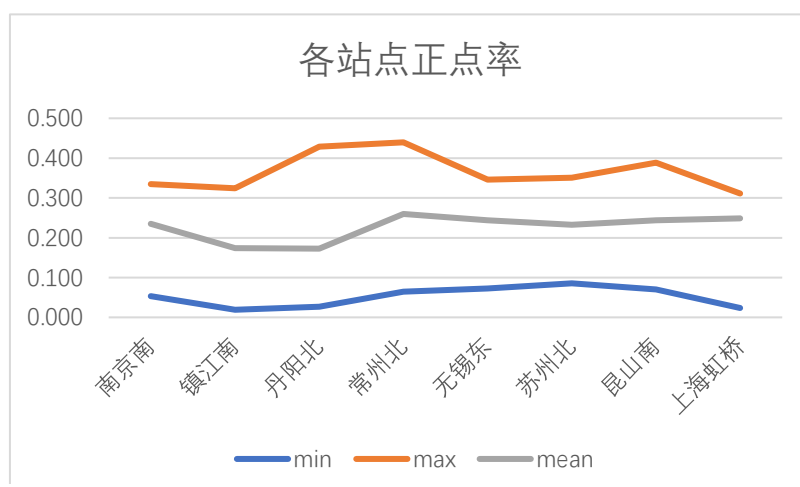


图 20 沪宁段各站点正点率

观察上图发现：在这八个车站中，镇江南站与丹阳北站的平均正点率较低，

分别为 17.4%与 17.3%；常州北站与上海虹桥站的正点率较高，分别为 26.0%与 24.9%。而常州北站拥有日最高正点率 44%，镇江南站拥有日最低正点率 1.9%。

(3) 分析

经过以上两点分析，对沪宁段各车站的评价为：

- ① 常州北站与上海虹桥站运输组织工作与服务水平较高，镇江南站、丹阳北站运输组织工作与服务水平相对较低。
- ② 从日均列车办理数量来看，南京南站 2018 年 1 月车站工作量最大，上海虹桥次之，昆山南站第三，而丹阳北站工作量最小；这同时反映出各车站的定位。

3. 线分析

该线路各站点之间的距离如下表所示。

表格 1 沪宁段各站点里程

站点	全程里程（千米）	沪宁段里程（千米）
南京南站	1018	0
镇江南站	1087	69
丹阳北站	1112	94
常州北站	1144	126
无锡东站	1201	183
苏州北站	1227	209
昆山南站	1259	241
上海虹桥站	1302	284

由于数据类型的限制，这里我只对沪宁段线路的站点累积正点率进行计算。

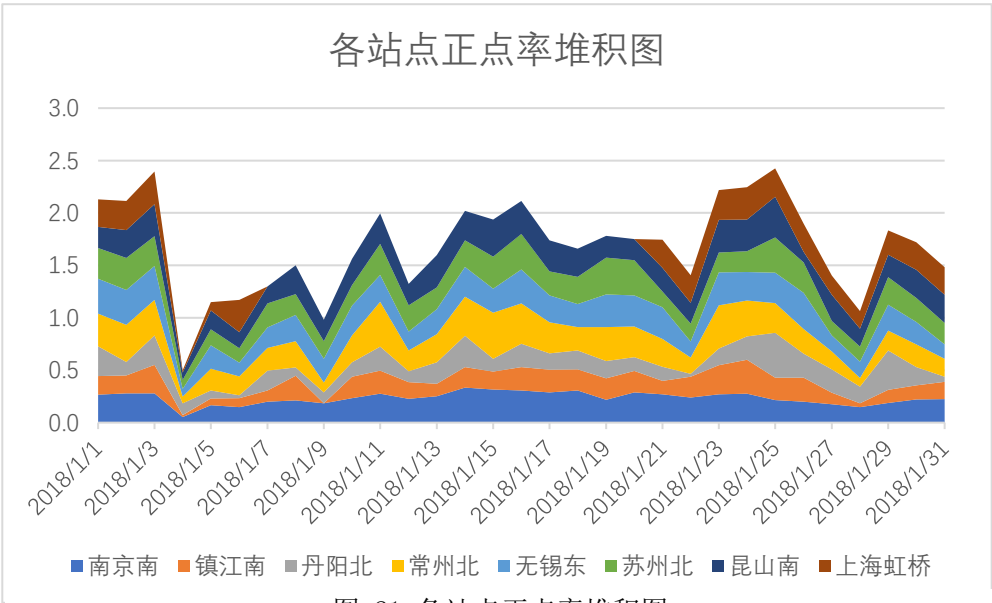


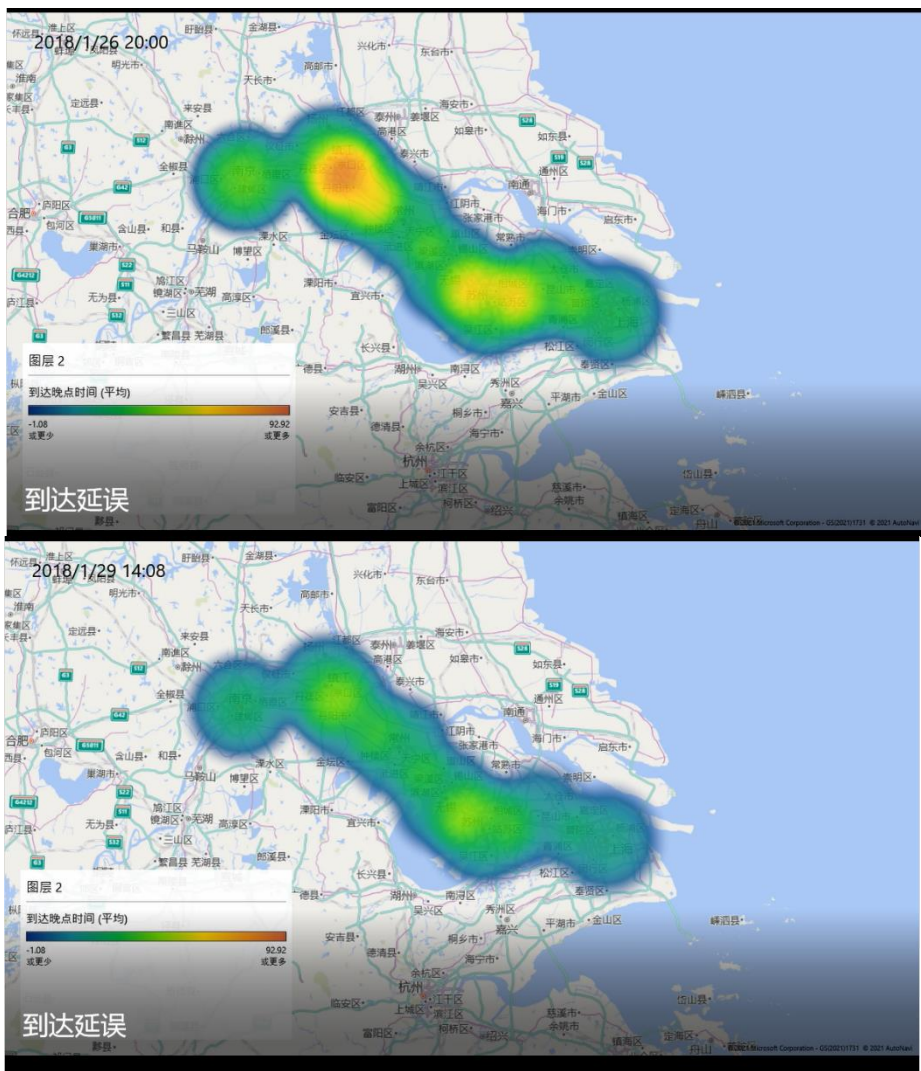
图 21 各站点正点率堆积图

观察上图，发现：各站点各日的正点率均在 7%-42%中，其中，1 月 3 日与 1

月 25 日沪宁线整体正点率较高；1 月 4 日与 1 月 9 日、1 月 29 日沪宁线整体正点率较低。结合实际情况，这一曲线说明在这两日，整个沪宁线受暴雪天气的影响较大。



按照日期绘制线路中各站点到达时间延误热力图，得到一个从 1 月 1 日至 31 日的热力视频。具体见附件 1，下图为视频部分截图。



查阅资料，发现：京沪高速铁路每日开行 240.5 对列车中，本线列车为 70 对/d，跨线列车为 170.5 对/d，跨线列车占比 70.9%。跨线列车严重制约了本线列车开行的灵活性，也降低了线路通过能力。

七、对京沪线-沪宁段晚点事件的分析

经过之前的分析，已经知道 2018 年 1 月沪宁段受到暴雪天气的影响曾发生两次严重大面积晚点。这里选择 1 月 4 日南京南至上海虹桥区段进行分析。

在 1 月 3 日正常行驶的沪宁段列车中筛选出从南京南-上海虹桥的车次。共有 46 列，分别为：G1225-G1228、G1265-G1268、G41-G44、G7371-G7378、G7385-G7388、G7563-G7566、G7571-G7578、G7589-G7600。再将这 46 列在 1 月 4 日南京南、上海虹桥站点的数据筛选出来用于分析。可以得到从南京南开往上海虹桥的列车 22 列、上海虹桥开往南京南的列车 24 列。

观察从南京南开往上海虹桥的 22 列下行列车，发现：由于暴雪天气及其导致的晚点事件打乱了部分列车安排，有 7 趟列车的部分行程被取消。

接下来以从上海虹桥开往南京南的 24 列上行列车为例，进行晚点事件的分析，发现：

- (1) 只有两列列车(G1866 与 G1867)准点发车，其发车时间均为 8:51 分；然而它们从上海虹桥开往南京南的途中均超时 80 分钟，为了弥补晚点带来的影响，他们选择在到达站：南京南站减少停车时间，从标准时刻表上的 6 分钟改为仅停站 4 分钟。
- (2) 有七列列车(G1225、G1228、G7572、G7573、G7576、G7577、G7600)在出发晚点已经必然发生的情况下选择在出发站：上海虹桥站，通过缩短停站时间来弥补晚点造成的影响，有 4 列车缩短了 1 分钟、2 辆车缩短了 4 分钟，1 辆车缩短了 8 分钟。这些列车于上海虹桥站的实际出发时间集中在 11:19-12:19，以及 18:33。但到达南京南站时损失并未能全部挽回，其中的 G7600 次列车在南京南站还将停站时间从 5 分钟减少至 3 分钟。
- (3) 除去上述提及的更改列车停站时间的车次外，有五列车在发生严重晚点的情况下没有减少停站时间，有八列车增加了停靠上海虹桥站的时间，有两列车同时增加了上海虹桥与南京南站的停车时间，其原因可

能是让列车时刻表中的其它相关列车先行。

- (4) 有四列列车（G7386、G7387、G7596、G7597）在出发晚点的情况下选择通过提高区段列车运行速度，减小区段运行时间来挽回晚点的影响，它们在上海虹桥到南京南区段的运行时间分别减少了 15 分钟、15 分钟、14 分钟、14 分钟，这些列车于上海虹桥站的实际出发时间集中在 11:50-15:46，以及 22:08。
- (5) 除去上述提及的四列列车，G42 次列车在区段中正速行驶，其出发时间为 11:34；而其余的十九列列车的区段行驶时间均超时，它们的出发时间为 8:51-9:49、11:19-12:19、17:49-20:06。

如果从时间顺序上观察，1 月 4 日上午 11 点之前的从上海虹桥开往南京南的列车中，无论是准点出发抑或是晚点出发，途中均超时，同时有部分列车通过减少到达站-南京南站的停站时间来挽回晚点时间造成的影响。上午 11 时后，所有列车均晚点出发。其中，有的列车通过加速减少在途时间（集中在中午 12-15 时与晚上 10 时后），有的列车正速行驶，有的列车途中仍然超时。

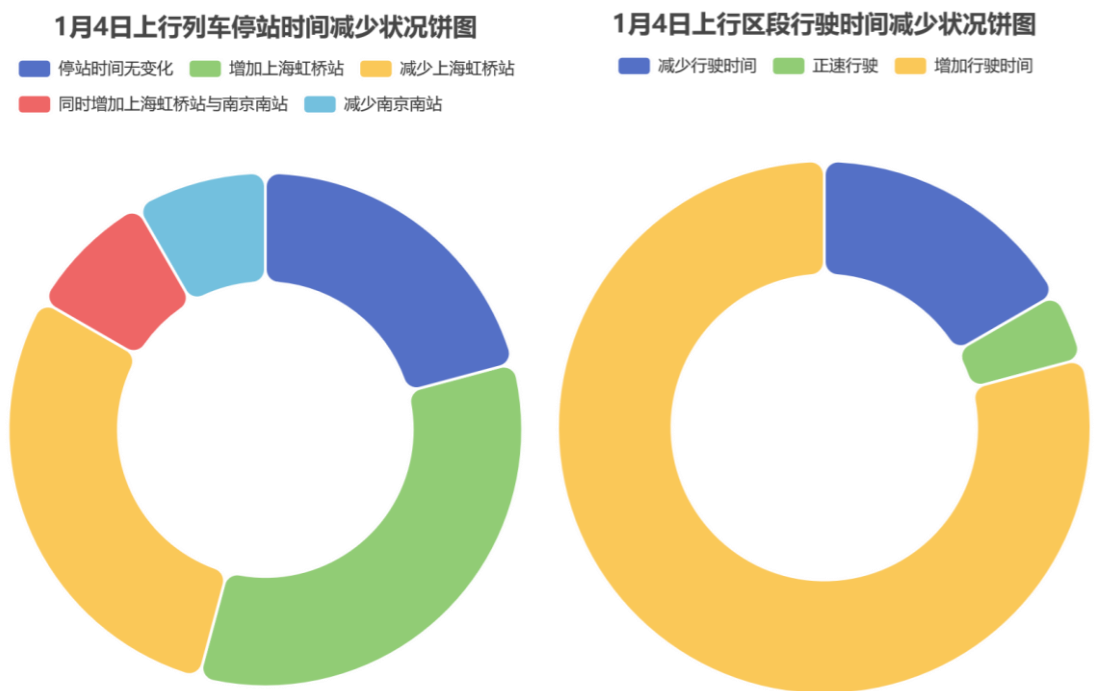


图 22 上行列车减少晚点事件带来影响所采取措施的分布饼图

上行列车减少晚点事件所带来影响采取措施的分布饼图如图 22 所示。

经过分析，大规模晚点事件带来的影响以及应急处置恢复过程可以总结为以下几个方面。

晚点事件的影响：①导致旅客滞留；②若当前晚点事件比较严重且难以较快挽回，则可能进一步引发其他车辆为了避让该车辆同样产生晚点现象，也就是说，晚点事件得到了时间与空间意义上的扩大；③当大规模晚点事件发生时，可能导致部分车次为了避让而被取消，耽误旅客的出行计划。

应急处置恢复过程：①若出发晚点，则在区段中加速（但仍在最大安全行驶速度之下），缩短区段运行时间；②若到达晚点，则在保障旅客可以完成上下客行动后适当缩短停站时间。