

DOI:10.16515/j.cnki.32-1722/n.2020.04.001

基于多源异构交通大数据的综合客运枢纽预警模型研究

单晓峰^{1,2}, 王池社², 江筱薇²

(1. 金陵科技学院, 江苏南京 211169; 2. 金陵科技学院南京智能交通创新中心, 江苏南京 211169)

摘要: 近年来, 随着机动车交通量的迅速增长, 综合客运枢纽的送站坪及周边相交路网经常出现非常严重的交通拥堵现象。在充分分析综合客运枢纽周围的多源异构交通大数据源基础上, 围绕交通拥堵状态的判别、交通拥堵延误时长的精准预测、拥堵信息的实时发布与动态诱导三个关键技术问题, 提出了一种针对综合客运枢纽运行状态判别与诱导的预警模型。该模型在南京南站的仿真运用表明, 其可以有效地降低拥堵指数。

关键词: 大数据; 综合客运枢纽; 预警模型; 交通拥堵; 多源异构

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2020)04-0001-05

Research on Warning Model of Intermodal Transportation Terminal Based on Multi-source Heterogeneous Traffic Big Data

SHAN Xiao-feng^{1,2}, WANG Chi-she², JIANG Xiao-wei²

(1. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China; 2. Nanjing Innovation Centre of ITS, Nanjing 211169, China)

Abstract: In recent years, with rapid growth of traffic, the occurrence of very serious traffic congestion increased frequently in the passenger drop-off area of intermodal transportation terminal and the surrounding intersecting road network. Based on the full analysis of the multi-source heterogeneous traffic big data sources around the intermodal transportation terminal, the article puts forward three key technical issues around the identification of traffic congestion, accurate prediction of traffic congestion delay time, real-time release of congestion information, and dynamic guidance. An early warning model for the identification and guidance of the operating status of a intermodal transportation terminal. The model has passed the simulation test at Nanjing South Railway Station and can effectively reduce its congestion index.

Key words: big data; intermodal transportation terminal; warning model; traffic congestion; multi-source heterogeneous

随着机动车交通量迅速增长, 很多城市综合客运(如高铁站、机场等)送站坪及相交路网上出现比较严重的交通拥堵, 导致乘客上下客等待时间显著增加、焦急心理严重, 枢纽服务水平降低。综合客运枢纽一旦发生事件, 将严重威胁社会秩序和公共安全, 不仅造成巨大经济损失, 而且造成负面影响。因此, 处理综合客运枢纽突发事件的能力、及时性与有效性将直接影响着城市经济社会稳定和发展, 关系着政府的公信力和形象。以江苏省为例, 目前全省已建成 19 个综合客运枢纽。根据《江苏省综合客运枢纽布局规

收稿日期: 2020-10-07

基金项目: 南京市科委科技发展计划重点项目(201704002)

作者简介: 单晓峰(1978—), 男, 江苏扬州人, 博士, 金陵科技学院党委副书记, 主要从事交通规划与管理研究。

划(2013—2030年)》，预计到2030年，全省共形成综合客运枢纽98个。对综合客运枢纽的监控预警与应急处置进行研究，这对于国内外的交通大数据应用发展具有重要的理论意义和实践价值，研究成果可以有效解决当前困扰公众出行的城市拥堵问题，带动与促进地区经济、科技及社会发展。

当前要想提升综合客运枢纽的服务水平，就需要在大数据驱动的基础上对综合客运枢纽进行科学有效的监控预警和应急处置，发挥出协同作用，促进综合客运枢纽的智能化发展。如何对客运枢纽交通拥堵状态进行判别，如何对拥堵延误时长进行精准预测，并提前在周边路段及手机导航端进行等待时长信息发布与动态路线诱导，是亟待解决的关键技术。本文在充分调研综合客运枢纽周围各类数据源的基础上，基于多源异构交通大数据，提出了一种针对综合客运枢纽运行状态进行判别与诱导的预警模型，并将该方法在南京南站进行了仿真应用测试。

1 多源异构交通大数据源分析

随着大数据技术的快速发展，多源异构交通大数据源成为智能交通分析的一个重要基础。利用数据融合技术处理多源异构的交通数据，通过对实时交通状态的识别计算，可以进行比以往更快、更准确的交通状况分析和预测。柳天明等^[1]将交通大数据应用于智慧城市功能区的分析；张永丹^[2]用其解决城市交通有序通行问题；WU等^[3]基于交通大数据构建了一个实时分析模型 ROE v1.0 应用于高德导航等；LI等^[4]将分布式 Hadoop 技术与数据挖掘技术进行融合，实现交通运行状态的分析；ZHANG 等^[5]设计了分布式协作城市交通大数据系统(DCUTBD)用于交通大数据的分析；ZHAO 等^[6]基于 GPS 交通大数据，对交通拥堵的时空格局进行分析。

综合客运枢纽周边有大量的交通数据源可用于辅助分析，它们主要应用于交通流量检测、车辆计数、车速估计等方面。本文针对综合客运枢纽这一典型应用场景，采用智能交通微波检测器实时采集车流量、车辆速度等基础数据，采集到的数据具有高准确性、高适应性；同时，采集南京南站周边交通监控视频数据源、公交车GPS轨迹、出租车GPS轨迹、公交刷卡数据等作为辅助数据源进行组合分析，以综合客运枢纽交通流预警及诱导为目标，构建综合客运枢纽预警分析数据源。多源交通大数据融合分析架构如图1所示。

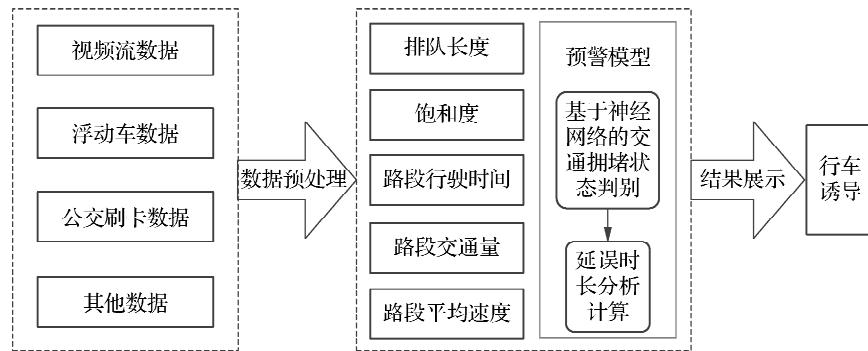


图1 多源交通大数据融合分析架构

2 综合客运枢纽预警模型研究

2.1 研究目的

为有效缓解综合客运枢纽的交通拥堵，以综合客运枢纽及周边区域多源异构交通大数据为数据源，在分析判断交通拥堵状态的基础上，对枢纽拥堵的主要问题(即送站坪的各类停车行为)造成的延误进行精准分析，并设计一种有效的停车诱导与信息发布策略，实现综合客运枢纽拥堵的快速处置与交通诱导，有效地降低拥堵指数。

2.2 基于神经网络的交通拥堵状态分析

为实现综合客运枢纽的有效交通诱导，首要解决的问题是交通拥堵的预测。只有对交通拥堵状态进

行判别,才可以进行合理的交通诱导策略发布。一般来说,综合客运枢纽拥堵为常发性交通拥堵。本文以交通大数据为数据源,选择BP神经网络^[7-8]模型作为训练模型。

BP神经网络由输入层、隐含层、输出层组成,其正向传递子过程可以用下式描述:

$$S_j = \sum_{i=0}^{m-1} w_{ij}x_i + b_j \quad (1)$$

$$x_j = f(S_j) \quad (2)$$

其中, w_{ij} 代表节点*i*和*j*之间的权值, b_j 为节点*j*的阈值, x_j 为每个节点的输出值, f 为激活函数。

本文训练的神经网络模型选用Sigmoid函数作为激活函数:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

神经网络的输入层为第1节的多源异构数据经标准化后的数据;输出层参考诸云等^[9]的做法,将道路交通拥堵评价等级划分为五级:1级,严重拥堵(红色);2级,中度拥堵(橙色);3级,轻度拥堵(黄色);4级,较为畅通(青色);5级,畅通(绿色)。

2.3 延误时长精准计算

一般来说,送站坪车辆的落客行为包括常规落客和违规落客两种方式,落客行为为送站坪车辆延误的主要来源。本文以南京南站为例进行延误时长精准计算,由于南京南站南、北送站坪均实行了新的单车道隔离限制,即采用隔离栏杆的方式,控制所有进入送站坪的车辆均以单一车道行进。本试验在杨方宜等^[10]计算延误时长方式的基础上改进方法如下:

1)常规落客的车辆延误时间计算。由于实行了单车道的隔离限制,车辆落客后按原车道离开送站区,不存在落客车道车辆等待汇入行车道的延误时间。则落客车道的车辆延误时间计算公式如下:

$$t_{\text{sum}} = t_{\text{run}} + t_{\text{stop}} + t_{\text{follow}} \quad (4)$$

其中, t_{run} 为落客车道行驶时间; t_{stop} 为落客停车时长; t_{follow} 为保持最小跟车距离所引起的车辆延误时间,其由式(5)可得:

$$t_{\text{follow}} = \frac{S_{\text{jam}}}{\bar{v}} + \frac{\Delta t}{2} - \frac{\bar{v}}{2d_1} \quad (5)$$

其中, S_{jam} 为堵塞间距, Δt 为反应时间, d_1 为行车道的减速度平均值, \bar{v} 为行车道的行驶速度。

2)违规行为延误时间计算。本文中的违规行为主要是指在车道上超长时间停车造成的车辆延误等行为。由于这一行为的不确定性,在模型计算中,其延误时间用一个平均值 t_{aver} 考虑。

2.4 停车诱导与信息发布

综合2.2节与2.3节中的拥堵判别与延误时长计算,设计了停车诱导与信息发布策略:

1)在关键节点前布置电子显示标志,提供实时诱导信息。信息发布方式:计算预计通行时间,生成的诱导信息经确认后,自动发送到诱导显示屏显示。诱导方式:采用图形加文字的形式显示诱导信息,主要显示交通到达进站口下客地点的排队等待时间,诱导驾驶员选择合适的路线。

2)模型计算策略。将2.2节中4级与5级设置为正常通行状态,在此状态下,车辆通行时长设置为车辆在行车道的行驶时间。将2.2节中的1到3级设置为拥堵状态,在此状态下,车辆通行时间按2.3节的模型进行计算,并将计算结果实时显示到显示屏上,供驾驶员参考。

3 模型在南京南站的仿真应用

3.1 南京南站落客平台交通现状

南京南站有南、北两个高架落客平台与候车大厅相连。存在的主要问题是:南京南站南、北落客平台流量差异较大,高峰时期北广场拥堵较严重。根据南京南站南、北广场落客坪现状,用Vissim建模仿真,结果如表1所示。

表1 南京南站南、北广场落客坪现状Vissim仿真结果

广场	平均速度/(km·h ⁻¹)	平均停车次数/次	平均延误/s
北广场	7.2	9.5	247.9
南广场	22.18	3.46	76.26

导致北广场落客坪流量较大的客观原因是南京南站的地理位置。南京南站位于南京市市区的南边,北广面向南京市主城区,而南广场面向江宁区,主城区人口约为江宁区的3倍。另外,主城区到南京南站路径选择受限也是原因之一:机场高速与宏运大道缺乏直接互通,从主城方向经机场高速到达南广场落客平台缺乏畅达通道,因此车辆常选择去往北广场。高峰时期北广场拥堵严重时缺乏实时诱导信息,不能引导车辆选择南广场进行落客。

3.2 南京南站仿真应用

3.2.1 模型仿真测试结果 南京南站使用区间微波检测器测量区间内车辆数(计算从上游决策分离点到下游离散面内的车辆总数,如图2)、车辆排队长度;使用断面微波检测器测量下游车辆离开此设备安装断面的时刻,如图3,以此计算下游车辆消散的车头时距(取平均车头时距)。将车辆排队长度、饱和度、路段行驶时间、路段交通量、路段平均速度作为BP神经网络模型的输入参数。通过模型计算后,输出的结果如果为4级或5级,表明此时运行状态良好,不进行延误时间计算,提示通行;如果为1至3级,则结合公式进行延误时长计算,仿真计算结果为3~10 min(平均延误时长见表2)。

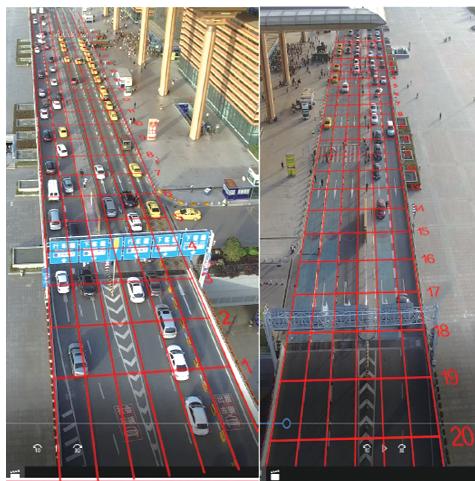


图2 区间微波检测器检测排队长度



图3 断面微波检测器检测下游消散时刻

南京南站北广场分有5个车道,1、2、3为单行车道,可以下客;4与5是双行车道,为行车道。在南京南站北广场进行仿真测试,结果如表2所示。

表2 南京南站北广场落客坪延误时间仿真测试对比结果

车道	平均速度/(km·h ⁻¹)	平均延误/s	模型预测平均延误/s
车道1	7.7	226.6	189.1
车道2	6.4	285.6	268.5
车道3	6.0	302.2	236.3
车道4+5	8.6	177.2	179.3
总计	7.2	247.9	218.3

3.2.2 停车诱导与信息发布设计 在南京南站客运枢纽送站坪及相交路网上安装智能交通微波检测器,如图4所示。位置1、2、3、6、8各安装1块微波检测器,位置5、7各安装2块微波检测器,位置4安装3块微波检测器。获取实时交通流运行参数,把交通流数据传到数据处理中心进行处理分析,判别当前交通状态并对拥堵时间进行预测。

在多个送站坪分流位置前布设诱导屏,如图5所示。在图4位置1、2、3处分别布置一套诱导屏,发布实时道路交通运行情况和送站坪路径诱导信息,并将上述信息在百度地图和高德地图等客户端实时发布,推荐最佳的行车路线,减少行程延误时间。

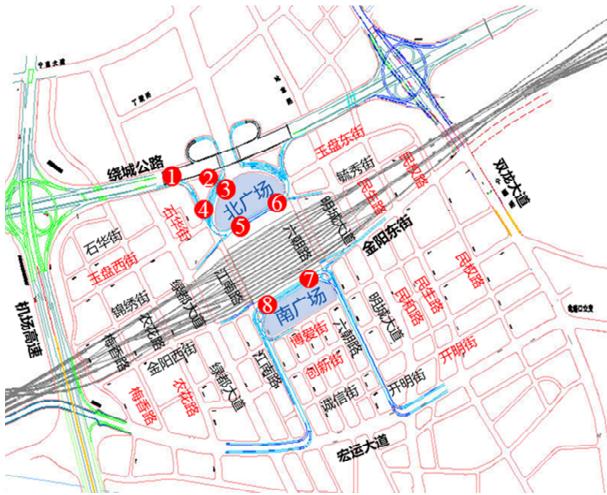


图4 智能交通微波检测器安装位置示意图



图5 诱导屏安装示意图

4 结语

综合客运枢纽是实现各种旅客运输方式组合效率和整体优势的关键环节,对于开展综合运输系统建设、实现资源节约和集约具有重要的意义。本文基于多源异构交通大数据源进行综合客运枢纽的交通分析与诱导,将最新的大数据技术与交通建模技术进行了有效融合,为解决综合客运枢纽拥堵问题提供了新的思路与方法。

参考文献:

- [1] 柳天明,梁译文,胡坚明,等. 基于大数据的城市功能区交通模式分析[C]. 青岛:第十四届中国智能交通年会,2019: 572 – 583
- [2] 张永丹. 大数据的城市交通有序通行信息实时管理仿真[J]. 计算机仿真,2018,35(12):139 – 142
- [3] WU L L, CHANG M, WANG X M. Development of the real-time on-road emission(ROE v1.0) model for street-scale air quality modeling based on dynamic traffic big data[J]. Geoscientific Model Development,2020,13(1):23 – 40
- [4] LI W G, ZHU J, ZHANG Y, et al. Design and implementation of intelligent traffic and big data mining system based on internet of things[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems,2020,38(2):1967 – 1975
- [5] ZHANG J Q, CHEN Z H, XU Z J, et al. A distributed collaborative urban traffic big data system based on cloud computing[J]. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine,2019,11(4):37 – 47
- [6] ZHAO P J, HU H Y. Geographical patterns of traffic congestion in growing megacities: big data analytics from Beijing [J]. Cities,2019,92:164 – 174
- [7] 李佩钰. 短时交通流预测与城市路网交通拥堵识别方法研究与应用[D]. 西安:长安大学,2019
- [8] ELLEUCH W, ALI W, ADEL M. Towards an efficient traffic congestion prediction method based on neural networks and big GPS data[J]. Iium Engineering J,2019,20(1):108 – 118
- [9] 诸云,王建宇,杨莹,等. 城市道路交通拥堵的模糊神经网络评析[J]. 北京理工大学学报,2018,38(5):487 – 492
- [10] 杨方宜,李铁柱. 大型综合客运枢纽送站坪的车辆延误[J]. 中国公路学报,2018,31(9):138 – 149

(责任编辑:湛江)