

基于贝叶斯网络的短时公交客流预测模型*

孙博, 魏明

(南通大学交通学院, 江苏南通 226019)

摘要: 针对公交客流的时变特征, 假设当前时刻的客流量仅与历史客流量和发车频率相关, 提出一种基于贝叶斯网络的短时公交客流预测模型, 给出了节点定义、网络结构与参数学习及推理算法, 揭示了它们之间的因果关系; 通过南通市 301 路公交车某个站点的实际客流调查, 利用该模型预测其发展趋势, 并与神经网络、支持向量机等预测模型进行比较, 验证了其有效性。

关键词: 城市交通; 贝叶斯网络; 短时公交客流预测; SPSS Modeler

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0020-02

优先发展公共交通是缓解城市交通拥堵问题的有效途径之一, 科学的日常运营管理是公交运营的核心, 预测客流的发展趋势是公交运营的数据基础。影响公交客流的因素众多, 如站点位置和性质、时间和天气等, 部分处于动态不确定环境中, 公交客流随着外部环境条件的变化而变化, 如何精确地预测公交客流的变化对制订公交调度方案至关重要。

目前预测公交客流的方法主要分为两类: 第一类为时间序列法, 如指数平滑和神经网络等, 该类方法主要适用于大环境相对稳定的演变规律预测, 利用历史客流量预测当前客流量; 第二类为因果预测方法, 如支持向量机等, 该类方法在剖析影响客流量变化众多因素的基础上, 揭示这些因素和客流量之间的数量关系, 实现客流量预测。两类方法各有优缺点, 前者要求完备的历史客流量数据, 后者需要收集相关影响因素的数据, 均不适于“战时”状态下应对某一突发事件发生的客流预测。而贝叶斯网络擅长解决不确定性且事物之间具有因果关系的问题, 该方法尚未应用于公交客流预测。该文以南通市 301 路公交车某个站点的短时客流量预测为研究对象, 提出基于贝叶斯网络的短时公交客流预测模型, 在剖析影响公交客流时变特征因素的基础上, 描述短时公交客流预测的贝叶斯网络构建过程, 结合实际调查客流数据, 通过 SPSS Modeler, 比较贝叶斯网络与神经网络、支持向量机等客流预测模型的性能差异。

1 短时公交客流预测贝叶斯网络模型构建

短时公交客流预测的贝叶斯网络模型构建涉及网络节点变量定义、网络结构和参数学习、模型推理三部分, 在初始网络结构的基础上, 通过不断训练样本、反复调整网络结构和参数, 确定公交客流影响因素变量之间的条件独立关系。

建模步骤如下:

(1) 确定贝叶斯网络模型中的因素变量。假设 t 时刻的客流量(决策变量)与 $t-1, t-2, t-3, t-4$ 和 $t-5$ 时刻的客流量(条件变量)相关。为了分析公交调度是否影响客流量变化, 同时考虑 t 时刻的客流量 q_t 与对应 t 时刻发车班次(条件变量) T_t 之间的相关性。

(2) 网络结构和参数学习。针对 1 个决策变量和 6 个条件变量建立它们之间的条件概率, 根据概率乘法公式得到式(1)。如果有某个子集 $\Pi_i \subseteq \{T_t, q_{t-1}, q_{t-2}, \dots, q_{t-5}\}$ 使得 q_t 与 $\{T_t, q_{t-1}, q_{t-2}, \dots, q_{t-5}\} / \Pi_i$ 是条件独立的, 则对于任何 x , 有 $p(q_t | T_t, q_{t-1}, q_{t-2}, \dots, q_{t-5})$ 。

$$p(x) = \prod_{i=1}^n p(q_i | T_i, q_{i-1}, q_{i-2}, \dots, q_{i-5}) \quad (1)$$

(3) 模型推理。在离散的情况下, 每个元素变量的各个状态需要一个分布。通过已确定的网络结构进行推理, 节点概率通过调查或专家建议等确定, 最后进行条件概率估计。

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61503201); 江苏省自然科学基金项目(BK20161280); 教育部人文社会科学研究项目(16YJCZH086); 江苏省高校自然科学研究面上项目(15KJB580011); 南通科技计划项目(GY12016019; GY12015025)

以上步骤可能需迭代并重复进行,并不是一次就可以顺利得到结果。

2 算例分析

以南通市 301 路公交线路某站点客流量预测为研究对象,通过实地数据调查,利用 SPSS Modeler 软件的贝叶斯网络模型对其短时客流量进行预测。各条件和决策节点因素之间的因果关系见图 1。

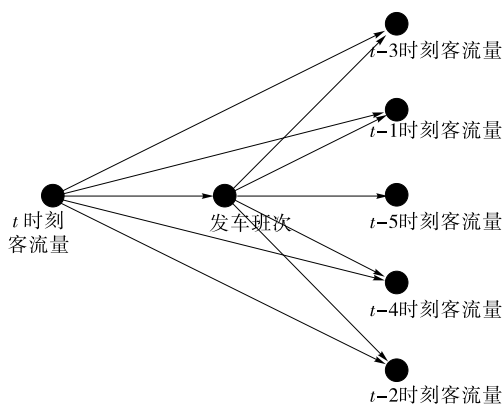


图 1 贝叶斯网络结构示意图

由图 1 可知: t 时刻的发车班次作为预测 t 时刻客流量的一个先决条件,当发车班次的取值范围确定时,通过 $t-1$ 、 $t-2$ 、 $t-3$ 、 $t-4$ 及 $t-5$ 时刻的客流量可得出 t 时刻的客流量相应人数范围的概率,它们之间的条件概率见表 1~3。

表 1 发车班次的条件概率

父级: t 时刻 客流量	发车班次的条件概率	
	≤ 1.5	> 1.5
1	0.87	0.13
2	0.78	0.22
3	0.40	0.60
4	1.00	0.00

表 2 $t-1$ 时刻客流量的条件概率

父级 发车班次	t 时刻客流量	客流量的条件概率			
		1	2	3	4
≤ 1.5	1	0.82	0.18	0.00	0.00
≤ 1.5	2	0.29	0.50	0.14	0.07
≤ 1.5	3	0.00	0.50	0.50	0.00
≤ 1.5	4	0.00	0.00	1.00	0.00
> 1.5	1	0.83	0.17	0.00	0.00
> 1.5	2	1.00	0.00	0.00	0.00
> 1.5	3	0.67	0.33	0.00	0.00

表 3 t 时刻客流量的条件概率

t 时刻 客流量	客流量的 条件概率	t 时刻 客流量	客流量的 条件概率
1	0.65	3	0.07
2	0.26	4	0.01

为证明贝叶斯网络模型的有效性,与神经网络和支持向量机两种模型进行比较分析,3 种模型的预测误差见表 4。从中可见,贝叶斯网络模型与向量机模型预测公交客流的误差相差不大,其预测精度比神经网络模型好,可达到预测固定线路某个站点短时客流量的期望和效果,能应用于公交实际运营调度。

表 4 3 个模型的预测正确率

预测模型	正确率/%	预测模型	正确率/%
贝叶斯网络	94.20	神经网络	85.54
支持向量机	92.35		

3 结语

运用贝叶斯网络预测短时公交客流量,与现有时间序列或因果关系预测模型相比,可揭示影响公交客流因素之间的状态转移关系,从而对公交客流进行准确判断和预测。该文介绍了短时公交客流贝叶斯网络预测模型的构建过程,通过 SPSS Modeler 软件对比了贝叶斯网络模型与神经网络和支持向量机模型的性能差异,证明该模型可达到预测固定线路某个站点短时客流量的期望和效果,能应用于公交实际运营调度。

参考文献:

[1] 范海雁,范炳全,张林峰.灰色 BP 网络预测方法在公交客流预测中的应用[J].上海理工大学学报:社会科学版,2003,25(1).

[2] Shu-Zhi Zhao, Tong-He Ni, Yang Wang, et al. A new approach to the prediction of passenger flow in a transit system[J]. Mathematics with Applications: an International Journal, 2011, 61(8).

[3] 姜平,石琴,陈无畏,等.公交客流预测的神经网络模型[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2009,33(3).

[4] 姜平,黄志鹏.基于神经网络的公交客流预测[J].交通标准化,2008(13).

(下转第 27 页)

表5 各相位有效绿灯时间优化结果

相位	有效绿灯时间/s	绿信比
相位1	15	0.12
相位2	17	0.14
相位3	28	0.22
相位4	14	0.11
相位5	26	0.21
合计	100	

对路口控制时段表、周期和绿信比等参数进行优化。实例应用表明该优化策略能满足各城市大多数路口的管控需求,实用性较好。但对于高饱和度路口,由于 Webster 法应用的局限性,部分配时参数需进一步优化。未来随着管控需求的提高,将利用交通大数据对单点自适应和协调控制策略进行研究。

参考文献:

- [1] Transportation Research Board. Highway capacity manual (2000)[S].
- [2] 全永燊.城市交通控制[M].北京:人民交通出版社,1989.
- [3] 何宁,杨涛,李朝阳,等.信号交叉口延误及排队长度的实证研究和应用[J].公路交通科技,2002,19(5).
- [4] 祁宏生,王殿海,陈松.基于综合饱和度的单点信号控制方法[J].哈尔滨工业大学学报,2012,44(2).
- [5] 刘东波,代磊磊,李娅,等.基于信号周期计算的交叉口管控时段划分[J].吉林大学学报:工学版,2013,43(6).
- [6] 杨国新.单一交叉口多时段信号配时方法的研究[D].

哈尔滨:哈尔滨工业大学,2005.

- [7] 冯树民,杨国新,陈洪仁.信号控制交叉口多时段划分方法[A].2008年国际交通技术创新与应用大会暨国际交通基础设施建设与养护技术大会论文集[C].2008.
- [8] 王力扬,周钰严.交叉口相位及信号配时优化[J].西安工业大学学报,2012,32(12).
- [9] 安艳召,成卫,陈显光.基于佳点集协同进化粒子群的信号配时优化[J].公路与汽运,2015(4).
- [10] 李成利,张先贞,陈柯.单点信号交叉口配时优化理论与 Synchro 软件的结合运用[J].公路与汽运,2014(6).
- [11] 王秋平,谭学龙,张生瑞.城市单点交叉口信号配时优化[J].交通运输工程学报,2006,6(2).
- [12] 孙超,徐建闽.基于 Synchro 的单点交叉口信号配时优化研究[J].公路交通科技,2009,26(11).
- [13] 韩立波.基于排放分析的单点信号交叉口配时优化仿真研究[D].长春:吉林大学,2006.
- [14] 郭学庆.单点交叉口信号灯优化配时研究[J].山东大学学报:工学版,2006,36(6).
- [15] 顾佳磊,韩印,姚佼.基于 Synchro 与 VISSIM 混合仿真的单点交叉口信号配时优化方法研究[J].森林工程,2014,30(4).
- [16] 常超凡.基于 Synchro 系统的典型信号交叉口配时优化研究[J].北京交通大学学报,2004,28(6).
- [17] 何佳佳.基于蚁群算法的交通信号配时优化[D].西安:陕西科技大学,2012.

收稿日期:2017-04-11

(上接第21页)

- [5] 姜平,石琴,陈无畏,等.基于 Elman 型回归神经网络的公交客流预测[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2008,31(3).
- [6] 冯树民,李晓冬.公交客流生成预测的神经网络模型[J].交通运输系统工程与信息,2006,6(1).
- [7] 邹文杰,孙静怡,胡立伟,等.在公交客流分布预测中重力模型的参数标定及其应用研究[J].交通与计算机,2006,24(2).
- [8] 王庆荣,张秋余.基于随机灰色蚁群神经网络的近期公交客流预测[J].计算机应用研究,2012,29(6).
- [9] 刘凯,李文权,赵锦焕.短时公交客流小波预测方法研究[J].交通运输工程与信息学报,2010,8(2).
- [10] 邓浒楠,朱信山,张琼,等.基于多核最小二乘支持向量机的短期公交客流预测[J].交通运输工程与信息学报,2012,10(2).

- [11] 温惠英,王晓巍,荣利利,等.基于模糊神经网络的公交客流时段预测[J].微计算机信息,2009(12).
- [12] 刘伟娜,霍利民,张立国.贝叶斯网络精确推理算法的研究[J].微计算机信息,2006(9).
- [13] 戴娟莉,宋奇文.基于多因素的交通指数回归分析短时预测研究[J].公路与汽运,2015(3).
- [14] 盛春阳,张元.基于贝叶斯网络模型的交通状态预测[J].公路与汽运,2008(1).
- [15] 晋君.城市轨道交通路网运营客流模式演变机理研究[D].北京:北京交通大学,2015.
- [16] 张春辉,宋瑞,孙杨.基于卡尔曼滤波的公交站点短时客流预测[J].交通运输系统工程与信息,2011,11(4).
- [17] 黄佳,张宁.基于贝叶斯网络的机场客流换乘研究[J].工业工程,2009(3).

收稿日期:2016-12-26