

基于GPS浮动车的 高速公路路线诱导 方法研究

李成江¹, 李超², 刘法胜², 陈善智²

(1.山东科技大学电气信息系, 山东 济南 250031; 2.山东科技大学交通信息研究所, 山东 青岛 266510)

摘要: 随着我国高速公路建设的快速发展, 高速公路路线诱导可以显著提高高速公路的通行能力。根据现代智能交通运输系统的实际需求, 研究基于GPS浮动车数据的采集系统, 并构建基于BP神经网络算法的旅行时间预测模型, 可为驾驶者提供实时的路线诱导, 同时有助于驾驶员避开拥堵和提高出行质量。

关键词: 高速公路; 路线诱导; 智能交通; GPS浮动车; 神经网络

中图分类号: U412.366

文献标识码: A

文章编号: 1002-4786(2010)01-0100-05

DOI: 10.3869/j.1002-4786.2010.01.048

Route Guidance Methods for Freeway Based on GPS Floating Car

LI Cheng-jiang¹, LI Chao², LIU Fa-sheng², CHEN Shan-zhi²

(1.Department of Information and Electrical Engineering, Shandong University of Science and Technology, Jinan 250031, China; 2.Research Institute of Traffic Information, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: With the rapid development of freeway in China, the route guidance can significantly improve traffic capacity for freeway. According to the need of intelligent transportation system(ITS), data gathering system basing on GPS floating car is studied and travel time prediction model basing on algorithm of BP neural network is set up. This method can provide real time guidance of route for drivers, help dirvers avoid congestion and improve quality of trip.

Key words: freeway; route guidance; ITS; GPS floating car; neural network

belonging to fuzzy sets[J]. Journal of Optimization theory and applications, 1979, 27(4): 531-538.

[11] 陈挺. 决策分析[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

作者简介: 程申(1986-), 男, 安徽宿州人, 硕士, 研究方

向为交通运输规划与管理; 刘铮(1985-), 男, 江西赣州人, 硕士, 研究方向为交通运输规划与管理; 阴丽娜(1984-), 女, 陕西西安人, 硕士, 研究方向为交通运输规划与管理。

收稿日期: 2009-04-30

1 引言

当前,各国政府和人民都已认识到:经济发达的社会必须有现代化的公路交通,而现代化的公路交通必须有高质量的公路网络,高速公路是公路网络中最主要的骨架运输通道,在现代化社会与经济活动中发挥着关键的作用^[1]。近年来,高速公路的交通量迅速增长,一些主要高速公路部分路段上的交通量在高峰时段已接近饱和状态,造成交通拥堵。多年来,国内外的实践经验证明,在土地、资金和环境等因素的制约下,任何国家和地区都不可能长期依靠大规模地修建道路来解决交通拥堵问题。

因此,当道路等基础设施达到一定规模时,解决交通问题的手段应该从扩大道路供给改变为提高道路的利用效率。智能交通系统(Intelligent Transport Systems, ITS)的概念就是在这种背景下产生的。ITS是在关键交通基础理论研究的前提下,把先进的信息技术、数据通信技术、电子控制技术及计算机处理技术等有效地综合运用于地面交通运输体系,从而建立起的一种大范围、全方位发挥作用、实时、准确、高效的交通运输管理系统^[2]。

对于交通管理部门来说,获取准确、可靠的交通数据以及提取准确、有用的决策支持信息的能力已经变得越来越重要^[3]。全面、可靠地采集动态交通信息成为提高交通管理与交通出行决策科学性的关键。1991年在Illinois州芝加哥市西北郊区实施的动态路线诱导实验项目ADVANCE(Advanced Driver and Vehicle Advisory Navigation Concept)中包括了GPS、双工通讯、地图存储和数据库平台等技术。通过该系统向驾驶者提供实时的路径诱导,其目标在于确定交通诱导信息是否有助于驾驶者避开拥塞和提高出行质量^[4]。日本在1996年制订了综合计划,由建设部、国际贸易与工业部、运输部、邮电通讯部及国家警察署共同着手开发智能化交通系统。1996年4月日本率先使用一种车辆信息与通讯系统。车辆信息与通讯系统(VICS)是一种能向驾驶员提供最新道路交通信息的数字数据通讯系统,它是第一种连接导航系统和通讯系统的系统^[5]。在我国,GPS与GPRS、CDMA等无线通信技术相互结合,已经应用于智能交通系统中,实现了交通管理中的紧急事件及紧急车辆管理、出行者信息中路径诱导和

导航服务,以及运营管理中的车辆监视、调度功能^[6]。

目前世界各国采用的动态交通信息采集方式有微波雷达、激光雷达、超声波、视频检测技术和浮动车技术等^[7]。与线圈、微波、超声波等传统采集技术相比,浮动车可以在花费较少的情况下灵活地采集很多路段的信息,具有高效、实时、自动化、采集面广和采集交通参数多的特点。本文将在GPS浮动车采集的数据基础上,对高速公路路段时间进行预测,从而建立起先进的出行者信息系统(Advanced Traveler Information Systems, ATIS),为驾驶员提供有效的道路状况,并对高速公路路线进行诱导,从而显著地提高高速公路的控制能力和通行水平。

2 GPS浮动车数据采集

所谓浮动车(Floating Car, FC),就是指安装有定位和无线通信装置的普通车辆,这种车辆能够与交通信息中心进行信息交换。GPS定位法,是利用全球定位系统GPS获取移动车辆定位信息,可以实时提供被监测车辆的三维位置、速度和时间等信息。美国ADVANCE系统研究表明,在对交通参数进行估计时,采用GPS技术可提供比环型线圈更精确的行程时间估计,在50 000个检测报告中,99.4%是可靠的^[8]。数据传输技术采用GPRS无线传输网络,该网络能向用户提供Internet所能提供的一切功能,而GPRS对于Internet的其他组成部分来说,只是一个普通的子网。GPRS的技术特点表现在:移动数据传输速率高,最高可达171.2kbps;呼叫建立快,只要手机登录GPRS网络就可以一直在线;收费低,因为GPRS按流量收费,而且可以包月;支持突发、连续、高速和低速数据业务^[9]。

浮动车系统是指通过交通流中一定比例的浮动车辆与交通信息中心实时通信采集数据的一种新型交通信息采集系统。浮动车技术对车辆本身及驾驶员的驾驶行为不作任何要求,与一般社会车辆无异,完全利用跟踪车辆的瞬时位置、速度和时间达到对大范围网络交通流信息的动态获取^[10]。该技术不仅可以实现全天候、大范围的采集,能够直接获得车辆的位置、速度和旅行时间信息,而且检测成本低、效率高。基于GPS的浮动车数据采集系统如图1所示。

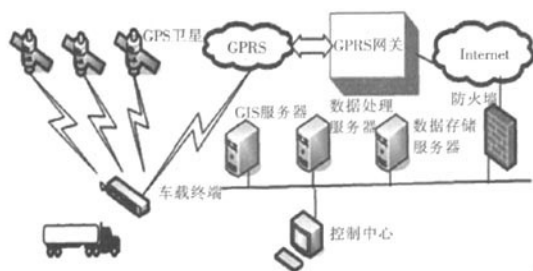


图1 车载GPS/GPRS系统结构图

如图1所示,基于GPS的浮动车数据采集系统分为控制中心、浮动车辆和GPRS无线网三个部分。其中,控制中心主要由GPRS通信设备、计算机设备(数据存储服务器、数据处理服务器和GIS服务器)构成;浮动车是指装备有GPS接收机、GPRS通信板和车载计算机的运行在道路网络内的车辆;GPRS无线网是控制中心和FC之间数据通信的连接设施。FC利用GPS接收装置以一定的采样间隔记录车辆的三维位置坐标、车速和时间数据等,其数据格式如图2所示。将这些数据传入车载的计算机后,利用GPRS通信板将浮动车数据(Floating Car Data, FCD)传输到控制中心,存储到数据库服务器。数据处理服务器将该数据与GIS相匹配,经过一系列处理分析,最终获得特定路段的行程时间和行程速度以及OD出行矩阵等交通参数^[1]。

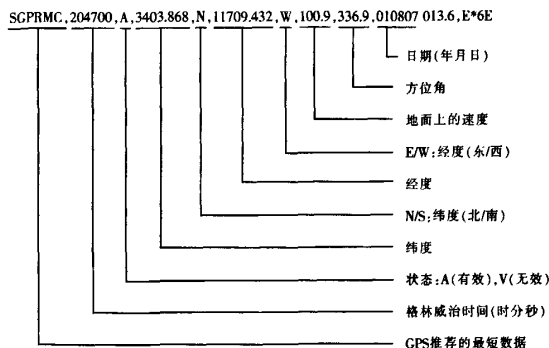


图2 GPS接收数据格式

3 交通信息统计(浮动车数据处理)

应用浮动车数据预测路段旅行时间包括数据采集、坐标转换、地图匹配、数据预处理、交通信息统计五个步骤,具体流程如图3所示。

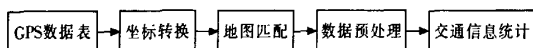


图3 浮动车数据交通信息统计图

载有GPS设备的浮动车可以实时采集该车的地理坐标、行驶速度、行驶方向等信息。在进行地图匹配前要将GPS采集到的地理坐标转换为平面坐标,常用的坐标为WGS-84^[12]。由于受GPS自身误差和道路宽度的影响,GPS测量点不会完全和电子地图吻合,这就需要进行地图匹配。地图匹配的精度直接影响到交通参数统计的数据。浮动车数据提供的速度值是车辆返回数据时刻的瞬时速度,以此来获取路段旅行时间存在一定误差。因此,为了获取可靠的路段旅行时间,需要对匹配后的数据作进一步的预处理,去除瞬时速度数据点分布随机性和速度值随机性的影响^[13]。将预处理后的数据存入控制中心的数据存取服务器中。数据库表的设计如表1所示。

表1 数据库表设计

表名	字段
GPS数据表	时间、状态、纬度、经度、点速度、方位角
节点表	所经过的节点
路段表	所经过的路段、进路段时间、出路段时间
结果表	路段名、起始节点编号、起始节点名、终止节点号、终止节点名、行程时间、平均速度

经过对GPS数据表中的经纬度数据与地图上的节点进行匹配,便可得到节点表。然后,根据节点表得知所经过的路段。表1中,行程时间等于进路段时间减去出路段时间;平均速度指所在路段中采集到的点速度的平均值。

4 路段时间预测模型分析

旅行时间是描述交通网络状态的重要参数,它能直观反映道路的拥挤情况^[14]。旅行时间预测在ITS中的作用如图4所示。

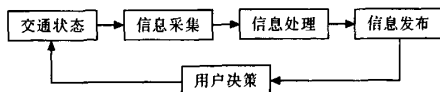


图4 旅行时间预测作用

途中路线诱导及导航服务是出行者信息系统提供的比较高级的服务形式,它利用先进的信息采集、处理和发布技术为驾驶员提供实时交通信息,并通过实时的路线优化和路线诱导达到减少车辆在

途中旅行时间的目的。道路交通状态识别是利用获得的实时动态交通流信息,根据交通流基本理论估计道路网络中的交通运行状态,发布一系列决策,疏导道路网络中的交通堵塞^[15]。

在过去的几十年里,国内外的一些交通工程研究者们一直致力于路段交通流旅行时间的预测方法研究,也建立了多种预测模型,有历史趋势法、时间序列模型、卡尔曼滤波、多元回归(非参数回归)模型和神经网络法等^[16]。其中历史趋势法等几种预测模型都存在比较严重的缺陷,目前神经网络法广泛应用于旅行时间的预测。

人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN)是一种信息处理系统,其原理是模仿大脑神经网络的结构和功能,由许多简单密集并相互连接的处理单元组成,每一个处理单元对应于人脑中的生物神经元,而处理单元之间的连接类似于生物神经网络中的突触^[17]。设计ANN时要考虑三个因素:转移函数、网络结构、学习方式。其中学习方式主要包括导师学习(Supervised Learning)和无导师学习(Un-supervised Learning)两种,在导师学习法中一个比较著名的学习方法就是BP(Back Propagation)算法,且采用三层前馈网络的MLP(Multi-Layer feed forward Perception)的应用最为广泛^[18]。

BP网络由三层组成,分别是输入层、隐层和输出层。当数据采集的间隔为5s时,对交通特征参数的估计的误差最小^[19]。由于路段某一时段的平均速度必然受到研究路段及相关路段前几个时段的平均速度的影响,而浮动车数据可以获取各时段的路段平均速度。因此,本文建立BP神经网络模型来预测下一个或一个以上时段的路段旅行时间,是基于研究路段及相关路段前几个时段的平均速度与研究路段下一个及以上时段的平均速度的关系建立的。模型的输入变量为研究路段及相关路段前几个时段的平均速度。由平常经验可知:第 t 时刻的平均速度与 $t-5$ 、 $t-10$ 、 $t-15$ 、 $t-20$ 等时间段的平均速度及相关路段这几个时间段的平均速度都有一定的关系,因此可以采用神经网络的方法来学习和预测下一个时间间隔的平均速度。本文选择研究路段及其上游的3个相邻路段在 $t-5$ 、 $t-10$ 、 $t-15$ 、 $t-20$ 时段的平均速度为输入向量,输入层相应采用4个输入节点;输出向量为预测研究路段下一个时间间隔内的平均速度,因此采用1个节点;隐含层的神经

元个数由输入神经元个数和输出神经元个数决定,在此采用学习效果较好、速度较快的6个节点^[20]。根据已确定的输入层、隐含层、输出层节点的数目,构成结构为输入层、隐含层、输出层的4-6-1的BP网络结构,如图5所示。

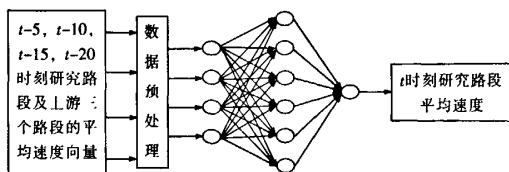


图5 基于BP神经网络交通流量预测模型的结构图

设 v_i 为研究路段上 t 时刻的平均速度, $v_i(t-5)$ 、 $v_i(t-10)$ 、 $v_i(t-15)$ 、 $v_i(t-20)$ ($i=1,2,3,4$)为 t 时刻前4个时段的研究路段与上游三个路段的平均速度,则具体算法如下:

a)输入数据列:

$$X=[v_i(t-5), v_i(t-10), v_i(t-15), v_i(t-20)]$$

b)对数据列进行处理,使之变换成BP网络的输入模式对;

c)初始化BP网络各层的权值和阈值,让各层的权值和阈值取各随机数作为初值,即 $W_{ij}=\text{random}(\cdot)$, $T_{ji}=\text{random}(\cdot)$;

d)对每个模式对进行如下循环;

e)按下式计算 m_j 和 c_i :

$$m_j = 1 / \left(1 + \exp \left(- \sum_{i=1}^n W_{ij} \cdot x_i + \theta_j \right) \right)$$

$$c_i = 1 / \left(1 + \exp \left(- \sum_{j=1}^n T_{ji} \cdot m_j + \gamma_i \right) \right)$$

式中: m_j ——中间层输出变量;

c_i ——输出层输出变量;

θ_j ——中间层各单元输出阈值;

γ_i ——输出层各单元阈值;

f)按下式计算各层误差:

$$d_i^k = (y_i^k - c_i^k) \cdot c_i^k (1 - c_i^k)$$

$$e_j^k = \left(\sum_{i=1}^q d_i^k \cdot T_{ji} \right) \cdot m_j (1 - m_j)$$

式中, d_i^k ——对输出层输入的负偏导;

e_j^k ——对中间层输入的负偏导;

g)判断是否循环至样本集总数,否则返回步骤d);

h)计算总误差 E (E 为各样本误差总和),判断 E

是否满足精度要求,若 $E < \varepsilon$ (预先设定的一个极小值)则学习停止,否则,按下列公式修改权值和阈值,并转到步骤d):

$$\Delta W_{ij}(l+1) = \beta e_j^k x_i + \eta \Delta W_{ij}(l)$$

$$\Delta T_{ji}(l+1) = \alpha d_j^k m_j + \eta \Delta T_{ji}(l)$$

$$\Delta \theta_j(l+1) = \beta e_j^k + \eta \Delta \theta_j(l)$$

$$\Delta \gamma_i(l+1) = \alpha d_i^k + \eta \Delta \gamma_i(l)$$

式中, α, β ——调整系数;

η ——冲量系数;

i) 存储 W_{ij}, T_{ji} , 以备预测值的计算;

j) 在网络训练之后, 计算平均速度预测值:

$$v_i = 1 / \left[1 + \exp \left(- \sum_{j=1}^n T_{ji} \left(1 + \exp \left(- \sum_{i=1}^n W_{ij} \cdot x_i + \theta_j \right) \right) + \gamma_i \right) \right]$$

k) 对 v_i 值进行数据处理即得平均速度的预测结果, 由此得到研究路段的旅行时间。

5 结语

本文利用GPS浮动车采集的数据建立了神经网络路段旅行时间预测模型, 借此得到各个路段旅行时间, 同时通过高速公路控制中心可以实时地将动态信息显示在高速公路沿线的电子信息牌上, 供出行者合理选择线路, 最终实现高速公路的路线诱导。另外利用该模型, 可以迅速确认突发事件并作出响应, 最大限度地减少突发事件对交通的影响, 从而提高高速公路的通行能力。不过该神经网络模型的学习速度有待提高, 在以后的研究工作中需对模型算法进行改进。

参考文献

- [1] 刘廷新. 高速公路监控通信管理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [2] 陆化普. 智能运输系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [3] Yang-Z, Jian-F, Bao-L. Study on the Data Fusion Technology in Advanced Public Transportation System[A]. 9th World Congress on Intelligent Transport Systems, Chicago, 2002.
- [4] D E Boyee, A M Kirson, J L Schofer. ADVANCE, The Illinois Dynamic Navigation and Route Guidance Demonstration Program[A]. Advanced Technology for Road Transport: IVHS and ATT, Ian Catling (Ed.) [C]. Norwood, MA: Artech House, 1994, 247-270.
- [5] 李金山. 日本智能交通(ITS)研究综述[J]. 国外公

路, 2000, (4): 32-34.

- [6] 贺国光. 智能交通系统的发展历程与现状分析[J]. ITS通讯, 2001, (1): 25-26.
- [7] 张静, 蔡伯根, 吴建平. 移动检测技术的研究[J]. 北方交通大学学报, 2003, 27(3): 80-83.
- [8] 董彩云. 数据挖掘及其在高校教学系统中的应用[J]. 济南大学学报, 2004, 18(1): 56-59.
- [9] 翟战强, 蔡少华. 基于GPRS/GPS/GIS的车辆导航与监控系统[J]. 测绘通报, 2004, (2): 34-36.
- [10] 孙晓峰, 吴建平. 基于浮动车数据采集技术的城市交通网络功能评价方法研究[J]. 现代交通技术 2005, (6): 55-55.
- [11] S Turksma. The various uses of floating car data [J]. Transport information and control Conference Publication[J]. IEEE, 2000, (472): 51-55.
- [12] 刘飞, 周琳琳, 益建芳. GPS大地坐标向地方坐标转换的实用方法研究[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2005, 1(3): 73-77.
- [13] 朱爱华. 基于浮动车数据的路段旅行时间预测研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [14] 杨先平. 城市道路行程时间预测方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [15] 杨兆升. 智能运输系统概论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [16] 杨昊, 钟雁, 钱大琳. 城市交通流路段旅行时间预测模型[J]. 北方交通大学学报, 2001, 25(2): 65-69.
- [17] 初连禹, 杨兆升. 基于模糊神经网络的实时路段行程时间估计[J]. 系统工程理论与实践, 2000, (11): 111-116.
- [18] 杨兆升, 朱中. 基于BP神经网络的路径行程时间实时预测模型[J]. 系统工程理论与实践, 1999, (8): 59-64.
- [19] 李家伟. 基于GPS的浮动车系统中数据传输方式相关问题的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [20] 李贞珍. 神经网络在城市交通流预测模型中应用的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.

作者简介: 李成江(1972-), 男(汉族), 讲师, 博士, 主要研究方向为智能交通; 李超(1985-), 男(汉族), 硕士, 主要研究方向为现代通信系统与管理技术。

收稿日期: 2009-10-20