

高新技术在道路交通运输领域中的应用

马崇宽

(交通部公路科学研究所 北京 100088)

摘要 论述人工智能技术、GPS 和网络通信技术、检测器技术、电子收费技术在道路交通运输领域中的应用与发展。
关键词 人工智能技术 GPS 网络通信技术 检测器技术 电子收费技术

Application of High-new Technology to the Field of Road Communications & Transportation

Ma Chongkuan

(Research Institute of Highway, Beijing)

Abstract The application of artificial intelligent technology, GPS, network communication technology and electronic toll technology to the field of communications and transportation are expounded in this paper.
Key words Artificial intelligent technology GPS Network communication technology Detector technology Electronic toll technology

0 引言

随着社会经济的发展,机动车辆迅速增加,人们在赚取由机动车辆所带来的巨额利润以及充分享受汽车巨大便利的同时,也越来越受到交通拥堵、交通事故频发、环境污染加剧和燃油损耗上升所带来的困扰。为了解决上述交通问题,修建更多的道路是最直接和最有效的方法。然而,修建新路的巨额资金和城市空间的严格限制,使这一方法的有效性大打折扣。近年来,世界各国日益重视严重的交通问题,投入大量人力物力进行道路交通运输系统的管理与控制技术的开发。于是,运用各种高新技术系统地解决道路交通问题的思想就应运而生了,这就是智能运输系统 ITS (Intelligent Transport System)。ITS 致力于应用人工智能技术、GPS 和网络通信技术、检测器技术、电子收费技术等来革新道路交通,试图有效地调整交通需求,提高道路通行能力,改善服务水平,减少环境污染和燃油损耗,增加交通安全,可以说这是解决道路交通问题的现实方法。

1 人工智能技术

人工智能产生于本世纪 50 年代,它是系统论、控制论、信息论、计算机科学、神经生理学、心理学、数学以及哲学等多种学科相互渗透的结果,也是电子计算机不断发展和广泛应用的结果。人工智能的基本思想是用机器模仿和实现人类的智能,实现脑力劳动自动化或部分自动化。众所周知,现代数字计算机虽然具有极强的算术和逻辑运算能力,但它的形象思维、听觉、视觉、嗅觉能力都远远不如人类。随着生产力水平的迅速提高,许多工作需要机器模拟人脑智能的特点,完成高度复杂的任务,这正是人工智能产生和发展的动力。道路交通系统是一个复杂的大系统,它由路、车、人和环境组成,因而具有很强的非线性、随机性、模糊性和不确定性,对解决这种大系统问题,传统理论和方法常常显得无能为力,这就促使人们寻找新的理论和方法。人工智能技术为解决上述问题提供了一个强有力的技术手段。

1.1 智能控制技术

城市道路的特点是存在大量非立体交叉路口, 为了避免不同方向车辆之间的冲突, 就必须通过信号向驾驶人员或行人提供控制信息, 对交通流进行诱导, 从而保证车辆和行人的安全通行。交通信号通常由红绿灯的亮灭给出。红绿灯的配时问题直接影响到城市道路的通行能力。最早的交通信号控制策略是定时控制, 这是一种开环控制方法, 其适应性较差。当交通流较大且变化随机性较强时, 往往会浪费绿灯, 降低交叉路口的通行能力。感应控制可根据车辆检测信息调整绿灯变化, 因而具有一定的适应性, 显然是一种闭环控制方法。通过几十年的交通工程实践, 人们发现传统的感应控制仍然不能很好地解决交叉路口的控制问题。文献 1 把模糊控制技术用于交叉路口闭环信号控制, 使平均停车时间缩短了 15%, 文献 2 把模糊控制与神经网络结合起来, 用于单个交叉路口的控制, 在控制的实时性方面显示出优越性。文献 3 把模糊理论、神经网络理论与递阶控制技术结合起来对城市交通干线进行协调控制, 克服无法精确建立交通干线数学模型的困难, 取得较好的控制效果。从现有的文献来看, 还未有把智能控制技术用于区域交通控制(也称为面控)的报道。区域交通控制系统通常包括许多交叉路口的控制, 区域内任意一个交叉口信号配时方案的变化均会对其它交叉口的车流量产生影响。因而区域交通控制是一个比点控和线控更复杂的大系统, 也比点控和线控更加重要, 其多变量、多目标、多功能特点使得控制决策更加困难。目前, 国内外令人完全满意的面控系统并不多见。可以认为, 把智能控制技术用于区域交通控制是一条有效途径。

高速公路的交通控制不同于城市交通控制, 因为高速公路是全封闭全立交的。随着交通量的迅速增长, 高速公路上也出现了交通拥堵, 特别是市区高速公路。为了合理利用现有的高速公路, 拥堵发生后能尽快消除, 使高速公路运行在最佳状态, 不少人努力研究高速公路的交通控制。目前, 应用较广泛的是进出口匝道控制。针对传统控制方法的不足, 文献 4 提出神经网络建模和智能多层描述方法。

提高道路通行能力的另一方法是对车辆进行改进。一般来说, 道路通行能力决定于临界情况下车速和车头距, 而车头距又取决于车速。车速高则车头距大。这一客观规律决定了道路通行能力的有限值。在人工驾驶条件下, 司机根据车头距调整车速, 由于人脑的反应时间较长, 车速较高时, 车头距不能太短, 否则易发生追尾事故。美国、西欧、日本的一些著名

汽车公司在人工驾驶的基础上把模糊技术用于小汽车的自动控制, 以雷达作为检测部件(测车距、车速), 通过车载计算机实现模糊速度控制和刹车控制, 反应时间明显减少, 从而在同样车速之下车头距可大大缩短, 于是车辆密度增加, 通行能力提高。

1.2 智能优化技术

解决城市交通拥挤的另一个有效方法是建立完善的城市交通流诱导系统。所谓交通流诱导就是引导城市路网中的交通流在不拥挤的路段和交叉路口中运行, 这一问题被称为实时动态交通分析。交通流诱导系统的主要功能是: 预测交通流在路网上的分布, 引导车辆在最佳线路上行驶; 为出行者提供较佳的出发时间和出行方式; 为交通控制系统提供长期车流量预报。由于城市路网的交通流量是动态的且随机性很强, 建立路网动态交通流模型且给出其交通分配算法困难很大, 目前, 国内还未真正解决这一难题。文献 5 提出利用 Hopfield 人工神经网络解决实时动态交通分配问题, 这是一种非常新颖的尝试。由于交通分配问题从数学本质上看是一个组合优化问题, 特别适合于用 Hopfield 网络近似求解。由于 Hopfield 网络不能保证所求问题的全局最优, 文献 5 进一步提出用遗传算法进行改进的设想, 其进一步的研究还在进行之中。

遗传算法^[9]由 Michigan 大学的 John Holland 于 70 年代创立, 其思想源自进化论, 它是基于自然选择和自然遗传机理提出的一种全局搜索算法, 因此, 具有人类搜索的创新思想。城市公交车辆和出租车的最优调度可有效地缓解交通需求压力。调度问题也是一类典型的组合优化问题, 有人利用遗传算法进行城市公交车辆的调度, 计算机仿真结果显示出巨大的潜力。

2 GPS 和网络通信技术

GPS (Global Positioning System) 是美国 70 年代后期推出的全球卫星定位系统, 它通过 GPS 接收机接收来自卫星发射的无线电信号, 确定卫星到 GPS 接收机间的距离及信号传输时间。当同时接收 4 颗卫星信号时, 将得到的数据进行处理便可进行三维定位。1993 年冷战结束后, 美国政府向全世界各国作出承诺, 美国军方的 GPS 系统民用 C/A 码向企业界开放, 并免费提供 10 年服务。由于美国政府在 C/A 码上采取了所谓“选择可用性 SA (Selective Availability)”干扰措施, 使其定位精度降低至 100m (95%), 民用系统只能接收到这种带干扰的粗码。为

了提高定位精度,可以采用差分 GPS 方法。差分 GPS 是建立一个已知坐标位置的差分站与周围(200km 左右)用户用通信系统连接起来,在差分站可以接收到 GPS 卫星伪距信号,并计算出伪距误差,再把伪距误差传递给周围用户,经过校正的定位精度可提高到 10m 左右。由于 GPS 定位速度快、定位精度高及价格便宜,已越来越多地用于车辆导航和车辆监控系统中^[7]。

GPS 与电子地图系统、无线电通信网络结合起来组成车辆导航系统和车辆监控管理信息系统,具有如下功能:

(1) 车辆跟踪

电子地图可以实时显示出车辆的实际位置,并任意放大、缩小、还原、换图;可以随目标移动,使目标始终保持在屏幕上;还可实现多窗口、多车辆、多屏幕同时跟踪。

(2) 自动或人工设计航线

自动设计航线:由驾驶员确定起点、终点,由计算机软件按最佳行驶航线(通常要考虑行车时间和路程的长短及拥挤程度的高低)设计航线,自动建立航线库。

人工设计航线:由驾驶员根据要赴目标,人工设计行驶航线、起点、终点、途经点等,自动建立航线库。

(3) 按设计航线导航

显示器能够在电子地图上显示设计航线,并同时显示汽车运行路径和运行方法。运行轨迹可以记录保存,以便事后回放。导航中同时显示车辆所在位置的经度、纬度以及到达下一个目标的剩余距离。

(4) 信息查询

系统提供主要物标如旅游景点、星级宾馆、医院等数据库,用户能够在电子地图上根据游标的位置、物标的名称或电话号码等查找物标。查询资料可以文字、语言及图像的形式显示,并在电子地图上显示其位置。另一方面,控制中心可以利用监测控制台对系统内任意目标所在位置进行查询。车辆信息(经度、纬度、速度、方向、到达目的地的距离等)将以数字形式在电子地图上显示出来。

(5) 话务指挥

指挥中心可以监视被监控车辆运行状况,可以对被监控车辆实行合理调度。指挥中心也可随时与被跟踪目标通话,实行管理。

(6) 报警及其处理

系统对车辆实行分级管理,设置不同优先级,对

不同优先级分配不同时间。对于遇有险情或发生事故的车辆发出的求救信息,监控台采用最优优先级处理,不仅在电子地图上显示报警目标,而且用报警声光提醒值班人员进行应急处理。

车辆导航与车辆监控管理信息系统已经有了成功的产品。如日本的便携式车载电子地图系统已广泛应用于各种汽车上;欧美的一些汽车制造商也研制出了用于汽车导航的系统;上海市于 1997 年建成了出租车 GPS 管理系统。

3 检测器技术

随着计算机及信息技术的迅速发展,交通检测器技术发生了巨大变革。计算机系统可以置入检测器内,使之朝数字化、灵巧化、智能化方向发展。因而测量精度、可靠性、灵敏度大幅度提高,功能大大增强,检测器的体积和功耗显著减小。

交通检测器大致可以分为两类:一类用于检测车辆的存在、速度、占有率等参数,以便实施有效的交通控制与管理;另一类用来检测和交通有关的环境条件以及驾驶员的身体状况,其目的是在有害的环境条件出现时,或者驾驶员出现不适宜进行驾驶活动的身体状况时发出警告或进行必要的干预或控制。

3.1 车辆检测器

车辆检测器的种类很多,从目前来看工作原理有三:(1)检测能使某种开关的触点闭合的机械力;(2)检测因汽车的运动或存在而引起的能量变化;(3)检测摄像机影像范围内的图象变化。基于工作原理(1)的检测器最常见的是橡皮管压力检测器,由于寿命短现已较少使用。基于工作原理(2)的检测器比较常用,如磁感应式检测器,超声波检测器,雷达检测器,环形线圈检测器等。由于检测能量变化的电子测量装置有很多突出的优点,因而至今还在不断发展完善之中。

美国 Nu-metrics 公司开发出一种称作 Groundhog 的车辆磁映像(VMI)检测器,其电磁探头、VMI 电路、双微处理器、无线收发器和电源等全部封装在一个直径很小的胶木筒内。这种检测器一般垂直埋设在被检测车道的中心点上,当车辆经过时,磁映像发生变化,因而它能够检测到车流量、车速、占有率、车辆分类和路面温度,可以定期或实时将数据传送到设在路边的数据采集站或路过的车载数据采集单元,然后数据被传送到交通控制中心。内置的两个微处理器,一个用来进行交通监控功能的控制,另一个用来管理无线电收发器。除发送数据外,还可接收无线电

指令信息。该检测器采用高能量、长寿命的 3.5V 锂电池,为无线电收发器和 VMI 电路供电,在 -40°C 和 85°C 的环境中可连续工作 5 年。这种检测器适用于远程车道占有率监控,远程交通量、车速和车辆分类的监控以及无线交通拥堵管理。

环形线圈检测器是交通控制中应用最广的一种检测器,其检测功能全面,检测数据准确、可靠、灵敏度较高。其缺点是要在车道上开槽埋设线圈,实际使用时,线圈损坏率较高,维护工作量和费用较大。超声波检测器的安装比较简单,且维修费用较低,但检测数据易受环境影响,抗干扰能力较差。为了保持上述检测器的优点并能克服其不足,人们把视频及图象识别技术用于交通检测器。比利时 Traficon 公司以及美国 Odetics 公司开发的交通量视频检测器是同类检测器中的典型。其基本原理是:在很短时间间隔内,由 CCD(半导体电荷耦合器件)摄像机连续摄得两幅图象,而这种图象本身就是数字图象,很容易对两幅图象的全部或部分区域进行比较,如有差异则说明有运动物体。为了完成图象识别,需要高速微处理器和高效的图象处理算法。上述产品通常采用 DSP(数字信号处理)技术。视频交通量检测器具有如下优点:(1)便于安装,摄像机安装在道路边灯柱的臂杆上,勿须在车道路面上施工,监视器的更换不影响交通;(2)任何气象条件下均能正常工作;(3)维护费用低;(4)可提供现场录像,供专家事后分析。从目前来看,视频交通量检测器的价格仍然偏高,使用的初期投资大,但由于其长寿命和高可靠性,它仍然是一种最有前途的交通检测器。可以说,视频技术、图象识别技术的应用是交通检测器未来发展的方向。

在车辆检测中,难度较大的是车牌实时在线识别。知道了车牌号,车辆的所有信息如车种、车主等便一目了然。如果能实时识别路网上所有正在运行车辆的牌号,并将其汇总,可以为交通流诱导系统、交通控制与管理系统提供最详尽的信息。英国 Trafficmaster 公司最近成功地开发出一种车牌识别检测器,计划在英国 5 000 英里长的公路干线网上安装 3 000 个这样的检测器。每一个检测点包括两个特别的红外数码相机,每个相机监视一个方向的车辆,其闪光灯采用 Pearpoint 公司的专利技术,两个相机与一个可编程的画面捕捉器相连,这个画面捕捉器有两个画面缓存区(每个对应一个相机),并与一个进行图象识别的单片相连。另外还要配无线 Modem 和电源。可编程画面捕捉器采用了特殊集成电路和一种名为可能性模糊模板匹配字符识别技术,从而可以保证实时

识别运行中的车辆牌号。据报道,在两辆汽车相隔 1 秒时距的极端情况下,这种检测器的实时识别两个牌号的准确率高达 95%。

3.2 其他交通检测器

除车辆检测器外,还有一些检测器用来检测交通环境,驾驶员违章等情况。

常用的环境检测器可以检测雾、雨、冰冻以及隧道中一氧化碳的含量。一旦检测到这些有害的环境条件,控制器就可以驱动可变情报标志或交通信号,向司机发出警告;或者把信息发送到交通控制中心;在隧道中有一氧化碳的情况下就关闭隧道。

世界各国因酒后开车而发生交通事故的数目不小。据统计,酒后开车肇事死亡的人数每年均占交通事故死亡人数的 10% 左右。因此,必须有效地防止酒后开车。酒精检测器可以帮助警察准确地检查、处罚酒后开车的违章行为,从而预防交通事故发生。酒精检测器的种类很多,有手持式的、车载式的、定性的、定量的。随着电子技术的不断发展,酒精检测器的功能也越来越完善。如美国一家公司研制成一种能彻底防止酒后开车的装置——指导性发动机禁止系统。该仪器安装在驾驶室仪表盘上,司机到位几分钟后,如果仪表盘上绿灯发亮时,说明司机的控制能力尚未受到酒精损害,可以开车;如果司机体内酒精含量越过警戒线,红灯即亮,汽车的启动器会同时被锁死,使汽车无法开动。

司机长时间连续开车会产生疲劳、瞌睡,从而导致反应迟钝、操作失误引起交通事故。不少公司研制出各种检测仪来解决疲劳驾车问题,主要的疲劳检测仪有光电式、方位式、导电膏式、热敏电阻式,应用效果良好。

检测驾驶员违章情况的检测器有很多,如闯红灯监视器(俗称电子眼),它由车辆检测器和照相机组成,能自动拍摄闯红灯的车辆牌号。也有公司研制出基于视频技术和图象识别技术的产品,其效果更好。又如:内置微机处理器的汽车黑匣子,可将车辆行驶过程中的车速变化记录下来,发生事故时,为交通管理部门和司法部门处理事故提供依据。

4 电子收费技术

道路建设需要大量资金,公路收费是政府和投资方收回投资、促进经济建设发展,使公路运营进入良性循环的有效途径之一。公路收费系统一经出现就得到迅速发展,已经经历了人工收费、半自动收费、自动收费等不同阶段。其中,自动收费是一种先进的电

子收费技术,是今后世界各国电子收费发展的方向。

自动收费又称不停车收费。其工作原理是每辆车有其唯一的标识卡,安装在汽车前挡风玻璃上。标识卡内的数据可以为数米远以外的微波读取,也可以用这种微波设备修改其数据或写入新的信息。车主可提前将预缴款存在卡上,或存入银行的专门帐户内。当装有标识卡的车辆经过收费站时,站内的微波设备读取标识卡的信息,送给站内的计算机系统,计算机根据车型和收费路段的行驶距离,确定收费金额,然后控制微波设备从标识卡内扣减这部分金额或通过计算机网从银行的专门帐户上扣减路费。收费的全过程均由电子计算机完成,勿须人工介入,也不用停车交款。收费员不直接与钱币接触,彻底杜绝漏费现象。由于不需要停车,道路通行能力大大提高,能有效地缓解收费站的车辆拥堵现象,减轻了环境污染。

自动收费的关键在于车辆电子自动识别和高速通讯。识别与通讯系统由 4 部分组成:

(1) 车辆电子标识卡

是一种带内存的有源或无源电子标识卡。无源电子标识卡含有一能量转换电路,能把收费站处微波设备发射的部分微波信号转换成电源。电子标识卡中的内存可以存储包括车型、车牌号码、车主的相关资料(预缴的路桥费金额或余额)、车辆通过收费站的时间、地点、次数等信息,也可以把该车的年审及养路费的情况等记录在内。所记录的数据可长期保存。标识卡安装在汽车挡风玻璃的内侧,车主可方便地取下随身带走。

(2) 收发器

是一种带微波线路的装置,用它与电子标识卡之间建立高方向性的微波通讯,具有很强的抗干扰性能和快速通讯能力。收发器通常安装在车道旁边,可以对高速行驶车辆上的电子标识卡进行快速读写。

(3) 中央单元

与车道控制器相连进行通讯处理的单元,它来自标识卡的信息进行解释并至车道控制器。中央单元对数据进行分析后可对电子标识卡内的信息进行必要的修改。中央单元实际上是一个微处理系统。

(4) 车道控制器

根据中央单元获取的标识卡数据,判定通过车辆是否拥有正常通过的权力,然后启动相应的交通标志。如果发生违章撞关现象也可驱动抓拍系统进行违章取证等。

自动收费系统的另一重要应用就是参与交通与车辆管理。自动收费系统由于采取微波高速通讯,能够快速、准确地取得运动中的车辆信息,因而可以通过通信及计算机网络进行各项管理。例如:车辆防盗、车流量调查、稽征调查、通道控制、养路费自动征收、停车场自动管理收费等等。

5 结语

道路交通运输领域中的高新技术涉及到信息技术、计算机技术、自动控制技术、通信网络及移动通信技术、测量技术、电子视野技术、道路工程、人工智能、运筹学、社会科学等各个方面,需要大量资金投入。我国在这一领域做了不少研究与开发工作,但与国外水平相比仍有较大差距。九五期间,政府应加大资金投入,统一规划、统一部署我国在这一领域的研究和发展框架,继续跟踪发达国家的高新技术,培育我国智能交通产业的新增长点。

参考文献

- 1 Pappis C P, Mamdani E H. Afuzzy Logic Controller for a Traffic Junction. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 1977, 7: 707-717
- 2 徐冬玲等. 交通系统的模糊控制及其神经网络实现. 信息与控制, 1992, 21 (2)
- 3 刘智勇等. 城市交通大系统递阶模糊神经网络控制. 信息与控制, 1997, 6
- 4 刘智勇等. 高速公路智能交通控制系统的建模及多层描述. 公路交通科技, 1998, 16 (1)
- 5 杨兆升等. 城市交通流诱导系统结构框架研究. 公路交通科技, 1997, 4 (3)
- 6 Holland J H. Adaptation in natural and artificial system. Ann Arbor: The University of Michigan Press
- 7 史其信等. 97 北京智能交通系统发展趋势国际学术研讨会论文集. 北京: 人民交通出版社, 1997