

公交车辆智能调度研究

张飞舟

摘要： 根据智能交通系统 ITS(Intelligent Transport Systems) 研究发展状况, 以及我国 ITS 研究开发的主要内容和公交公司实际运输的基本需求, 采用遗传算法 GA(Genetic Algorithm) 进行了公交车辆智能调度方法的研究. 该方法充分利用遗传算法的智能化特征, 有效地改善公交车辆的静态调度, 提高公交车辆的运营效率. 为避免遗传算法的早熟问题, 运用混合遗传算法 HGA(Hybrid Genetic Algorithm), 提高遗传算法的收敛性能和优化质量, 以确保遗传算法的优化性能. 在静态调度方法的基础上, 针对公交车辆运营调度管理特点, 借助通信技术、计算机技术以及自动控制技术, 分析研究了公交车辆的动态调度的实现方法, 从而进一步提高公交车辆运营调度管理效率, 为公交车辆智能化调度系统的实施做好必要的技术服务.
关键词： 人工智能; 智能交通系统; 智能调度; 遗传算法; 混合遗传算法
中图分类号： U 491

Research on Intelligent Scheduling for
Public Traffic Vehicles

Zhang Feizhou

Abstract: According to the research and development status of intelligent transport systems (ITS), along with its major function in our country and the elementary demands of Public Traffic Company, the intelligent scheduling methods of PTV are studied with genetic algorithm (GA) in the paper the method makes full use of intelligent characteristics of GA and effectively improved the static scheduling of PTV. Consequently, operation efficiency of PTV is enhanced. Hybrid GA method is used to improve the convergent performance and optimal quality, avoiding premature. Subsequently, based on the static scheduling, the methods of the dynamic scheduling are analyzed and studied in the light of the charactorristics of PTV scheduling managent by means of automatic technooogy, communication and computers. In this way, operation management efficiency of PTV is further improved and the essential tecdology service is prepared for the actualization of intelligent scheduling of PTV.
Key words: Artificial intelligence; Intelligent transport systems; Intelligent scheduling; Genetic algorithm; Hybrid genetic algorithm

随着经济发展和技术进步, 交通运输已经成为经济生活中重要方面, 并对保证社会经济体系的正常运转发挥着越来越大的作用, 实现交通现代化已为各国政府日益重视. 实践表明, 运用各种先进技术, 形成行之有效的交通网络系统, 对提高交通效率, 改善交通环境, 促进社会的进一步发展有着重要意义.

1 引言
随着国民经济的高速发展和城市化、机动化进程的加快, 城市规模不断扩大, 机动车拥有量及道路交通流量急剧增加, 特别是大城市, 公交车辆增加、线路延长、车次增多, 交通运行不畅. 尽管修建了大量的交通设施, 但是交通拥挤现象仍十分严重. 国内外多年实践经验表明, 解决城

市交通问题的重要途径就是发展公共交通,建立先进的公共交通系统 APTS(Advanced Public Traffic System),提高道路通行能力和公交车辆运营管理水平^[1]。根据我国目前 ITS(Intelligent Transport Systems)的发展阶段来看,现在正处于研究公共交通系统改善方法以及交通信息的阶段。城市公共客运系统尚未(或正在)引入先进的高新技术,基本上还是采用“定点发车、两头卡点”的手工业的调度方式,导致公交车辆的行车速度下降、行车间隔不均衡,时常出现“串车”、“大间隔”现象,严重影响了公交客运的服务质量。尤其是缺乏现代化通信手段,调度人员无法实时了解运营车辆情况,难以及时有效地采取调度措施。公交车辆调度处于“看不见、听不着”落后现状,具有较大的盲目性和滞后性。本文以北京市公交车辆运营调度管理为研究对象,进行公共交通系统智能化的研究,以加快城市公共交通系统科学化、现代化进程,从而提高城市公共交通运营调度的管理水平。

纵观国内外学者所涉及的运输调度问题的研究,多数研究问题属于车辆行程安排(一点到一点或者一点到多点)的优化问题。尽管国内外学者在这方面做了大量的理论研究,但是所研究的运输问题也只是适应一些特殊的情况,距实际应用还有一定的距离^[2,3]。针对公交车辆这种特殊的运输调度问题,本文将采用 GA 优化公交车辆运营调度问题。对于带约束条件的运营车辆的优化问题,传统 GA 的处理方法是引入罚函数降低不可行解的适应性值,在初始群体全部由可行解组成,通过遗传算子的作用后仍然生成可行解。为保证解的可行性,本文采用自然数编码方式进行研究。

2 智能交通系统与城市公共交通

智能交通系统 ITS 是美国、日本和欧洲等发达国家为解决交通拥挤、交通事故、能源和环境问题,建立高效、安全的运输系统而正在研究开发的新一代道路交通系统,其实质就是运用当代的高新技术综合解决交通运输问题。ITS 的最终目的是建立快速、准时、安全、便捷和舒适的交通运输体系,以保证社会经济可持续发展,建立与人类生存环境相协调的、良好的交通运输。ITS 是将先进的信息技术、定位导航技术、数据通信传输技术、自动控制技术、图像分析技术以

及计算机网络和信息处理技术等有效地综合运用于整个交通管理体系,建立起一种在大范围内、全方位发挥作用的,实时、准确、高效的运输综合管理系统^[4]。因此 ITS 技术的开发研究,将现有各自单独存在的车辆状态过渡到车辆和道路融合,加强道路、车辆、驾驶员以及管理人员的联系,实现道路交通管理“自动化”、车辆行驶“智能化”,使得管理人员对车辆行驶状况了如指掌,驾驶员则对车辆的运行情况也能一清二楚,减少道路堵塞,从而提高道路运输效率和行车安全^[5]。在我国,ITS 正处于开发试验阶段,但作为其基础的城市交通控制系统的研究开发从 70 年代就已经开始。目前我国 ITS 重点研究领域是:先进的交通管理系统、先进的交通信息服务系统、先进的公共交通系统、先进的道路交通系统、先进的车辆控制系统和先进的物流交通系统^[1]。

城市公共交通是城市社会经济活动的动脉,是城市社会和经济活动的重要组成部分,是城市赖以生存的必要的公用基础设施,也是城市投资环境和社会化生产的基本物资条件,迅捷、高效的交通系统是社会经济发展的有力保障。城市交通的科学化、现代化管理是综合解决城市道路交通问题的重要环节,而交通管理的科学化是使现代化的交通管理设施和手段发挥最大效益的基本前提。城市道路交通,尤其是公共交通系统的服务水平、方便程度显然对出行方式的选择有着重要影响。实践证明,解决城市交通的有效途径就是发展公共交通^[6]。发展公共交通,首先必须提高交通设施的利用效率,提高交通的服务能力,维持城市的可持续发展。同时城市还必须依靠多平面、多模式、智能化的公共交通系统,逐步建立起公交优先战略,提高公共交通的便利性和安全性,满足社会经济发展和公众需要。

城市公交公司的任务是在一定时间内利用有限的车辆资源,通过优质的运输服务而满足不同旅客需求并获取相应的利润。由于市场需求不断扩大,公司的车辆资源又是有限的,因而资源使用者之间对有限车辆资源的需求在时间上和运输服务上存在冲突和矛盾。公交车辆运营调度的任务就是有效管理和合理分配有限车辆资源,调整供需平衡,以解决供需矛盾,达到所求目标最佳。而调度问题本身的组合优化特征存在近似复杂性,实际调度系统所采用的数学模型

都对运行环境作了大大简化,因此仅靠已有的寻优改进,还远远不能满足运营调度方案的实时性和有效性要求.将人工智能方法引入公交车辆运营调度管理中,利用智能算法、调度经验以及专家知识来缩小搜索空间,尽快找到满意解,形成合理有效的调度方案.

3 基于遗传算法优化公交车辆调度问题

对于城市公共交通运输问题而言,公交车辆运营调度管理通常分三个阶段实施:计划、调度与控制.调度是其关键的中间环节,车辆运营调度问题就是针对一项可分解的运输任务,在一定的约束条件下,如何合理安排其组织部分(操作)所占用资源、运作时间及先后顺序,以获得运输成本或时间最优化.在理论研究中,车辆调度问题可看作排序问题或者资源分配问题.在实际工作中,车辆运营调度就是运输车辆作业计划和管理.公交车辆运营调度通常包含两层含义:①原始调度,车辆计划安排,称为静态调度;②由于某种路况信息或突发事件,使得原始调度必须做修改、更新,称为动态调度或者重调度^[7].为了设计一个具有实际应用的公交车辆智能调度系统,就有必要采用智能化算法来求解车辆运营调度优化问题,以提高其快速性,满足实际应用需求.因此快速、有效地得到一个合理的最优解,算法的选择是关键.

3.1 遗传算法的基本原理

遗传算法 GA (Genetic Algorithm) 是由美国 Michigan 大学的 John Holland 教授等人于 1975 年首先提出的.它是一类模拟生物界自然选择和自然遗传机制的随机化搜索算法,其内涵哲理乃是启迪于自然界生物从低级、简单到高级、复杂乃至漫长而绝妙的进化过程,是借鉴达尔文的物竞天演、优胜劣汰、适者生存的遗传选择和自然淘汰的生物进化过程的计算模型,其本质是一种求解问题的高效并行全局搜索方法^[8].由于 GA 具有处理问题的柔软性和并行处理能力,尤其适用于处理传统搜索方法难于解决的复杂和非线性问题,在各个领域得到了广泛应用,GA 的基本原理如图 1 所示.

GA 与传统优化方法相比,具有不同之处在于:① GA 对编码的参数集进行搜索;② GA 在解空间中进行多点搜索;③ GA 仅利用适合度函数直接提供信息;④ GA 依赖于随机规则.

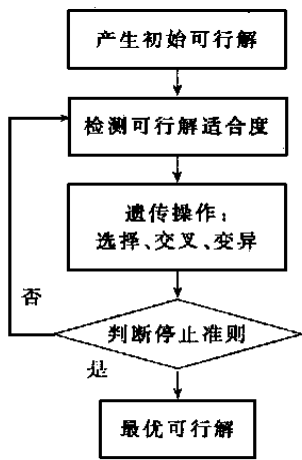


图1 遗传算法基本原理框图

GA 这些特征不仅在搜索方式上与传统方法截然不同,而且其策略简单,不依赖于具体问题,为其鲁棒性提供了有力保证^[9].在 GA 中,问题的解被表示为染色体(chromosome),每个染色体也就是一个个体(individual),每个个体被赋予一个适合度(fitness),代表此个体对环境的适应程度.由若干个体构成群体(population),在群体的每一代进化过程中,通过选择(selection)、交叉(crossover)和变异(mutation)等遗传操作(genetic operation)产生新的群体.适合度值大的个体被继承的概率也大,通过交换和变异操作能够产生适合度值更大的个体.在 GA 作用下,群体不断进化,最后收敛到问题的最优解.

3.2 公交车辆运输调度问题的描述

由于调度问题的复杂性,不同的研究者从不同的角度研究某一方面问题,对具体的提法也不全相同.所谓调度问题就是为了某一目的面对共同使用的资源实行时间分配,通常可表示为在等式或不等式约束下,求解目标函数的优化.调度问题的约束条件一般包括资源约束,先序约束等,而调度目标衡量包括时间跨度、设备利用率、延时等^[9].本文以公交车辆先序关系调度作为研究对象,不仅因为这一类调度问题的应用广泛,而且在实际应用中难点较多,因此有必要进行智能调度方法的理论探讨性研究,以便为实际应用作好必要的理论基础准备.

城市公交车辆运输系统是定时、定线行驶,并按客流量、流向时一空分布的变化而不断调节的随机服务系统^[10].公交车辆运输形式通常为:全程车、区间车、大站快车、定班车、跨线车、加班车以及机动车等七种主要运行方式,该调度问题

有如下特点: ① M 为公交车辆集, 每辆车在运输运行中只从事一种运输方式; ② J 为车站集, 如某运输线路有 J_1, \dots, J_j 等 J 个车站, 每辆车必须依次停靠车站, 且可跨站运行(如快车); ③ 每辆车应按时到达各车站, 尤其是重点车站, 尽量减少停站时间, 根据不同的运行时段, 准时完成运输任务.

公交车辆运输调度问题就是指在固定行驶线路上, 根据不同时段、依照一定的先序关系, 合理编排运输车辆运行作业形式, 以达到供需平衡, 满足系统的性能指标(目标函数). 本文这里采用的优化指标为: 在平峰或者高峰时段, 根据公交车辆运行定额, 使运输车辆运营周转时间最短作为优化指标, 并尽量不延误, 以避免出现“串车”或“大间隔”, 为此对超期延误车辆在优化指标中添加惩罚项, 此外还应满足车辆运行的先序约束关系, 于是定义其目标函数为:

$$\min T_0 = \max_{i \in M} T_i + \rho \max_{j \in J} (0, t_{sj} - t_{dj}) \quad (1)$$

其中, T_0 ——从第 1 辆车发出到第 k 辆车返回后的运输车辆周转时间; T_i ——第 i 辆车完成整个运输任务的运行定额时间, 即起点到终点的运输时间; t_{sj}, t_{dj} ——分别为到达第 j 个车站的服务时间(停车时间)和规定服务时间; ρ ——惩罚项加权系数, 根据公交车辆不同运营时段, 采取相应的惩罚系数, 如平峰时段惩罚项采取正态分布随机产生, 高峰时段惩罚项目取固定系数.

3.3 仿真实验研究

为了得到良好的可行解, 在初始群体中加入相应的启发规则, 以提高进化效率. 针对公交车辆的调度问题, 在 GA 中, 采取两种不同的交叉方式——一点交叉和二点交叉, 以三种不同问题规模的公交车辆运营调度问题, 比较这两种交叉方式的计算时间、收敛速度以及优化性能, 以便选择适合公交车辆的调度问题智能算法. 针对公交车辆 36 车次问题规模, 经过多次实验分析, 一点交叉比二点交叉计算时间短, 而且平均值收敛速度及优化性能好(仿真实验结果此处略).

通过仿真实验算法比较结果, 表明了 GA 优化公交运营车辆调度问题的可行性. 因此这里以北京市公交公司某分公司的 375 路运营线路(西直门—北宫门)为研究对象(其运营线路示意图如图 2), 运用智能算法—— GA 进行公交车辆运营调度方案或策略(公交车辆不同的发车间隔及类型反映着不同的调度方案)的研究. 由于



图 2 公交 375 路运营线路示意图

公交车辆运行在一个开放的系统中, 制约和影响公交车辆运营速度的因素很多. 根据对北京市城市道路交通流量实际测量的统计分析研究可知, 平峰期间公交车辆实际运行环境基本上是稳定车流状态, 高峰期间公交车辆所处的实际运行环境为交通拥挤或堵塞状态. 为了使仿真实验研究尽可能接近实际情况, 本文通过性能指标函数(1)式中的惩罚项的不同取值, 来反映公交车辆在不同时段的实际运行环境. 为方便起见, 我们设定: 公交车辆运行在平峰时段惩罚项依照标准正态分布随机产生, 运行在高峰时段惩罚项采取固定值方法(大站取 1 分钟, 其它一般取 0.3 分钟, 瓶颈地带交叉口为 3~5 分钟).

假设北京市公交公司某分公司 375 路运营线路共有 36 车次运营车(18 辆运营车), 其中包括全程车、区间车、快车以及机动车四种类型, 而且该运营线路共设停车站 18 个. 当运输车辆最初和运输结束后处于空闲等待状态时, 其操作为 0. 这里的目标函数是在式(1)基础上, 考虑行车车次、行车间隔一定, 通过不同的行车顺序、不同的行车类型组合排序, 力求达到最快的周转速度, 提高公共车辆的运营速度, 减少乘客的旅行时间. 为了更加有效地运用 GA , 借助上述单点交叉与二点交叉等遗传操作的算法比较, 本文这里采用单点交叉遗传操作方式进行研究. 根据文献[8], GA 中的群体规模取为 60, 单点交叉概率为 $P_c = 0.75$, 变异概率为 $P_m = 0.005$, 在公交运营车辆 36 车次(三种类型运营车: 全程车—0, 快车—1, 区间车—2)问题规模的条件下, 使得公交车辆运营周转时间最短. 经仿真实验研究, 最终得到 36 车次运营车辆编排结果(即调度方案)为:

000010021001002002001000020000100120

若发车间隔采用 8 分钟, 只需 13 辆公交车车辆就能够满足一次周转, 根据性能指标式(1), 可得其周转时间为 366.3 分钟; 若采用 18 辆公交车车辆, 采取上述这种编排发车方式, 其发车间隔只需 5.5 分钟即可. 由此可见, 采用 GA 优化公交车辆运营调度问题, 能够合理分配公交车车辆资源, 有效的调整供需平衡, 提高运输效率, 为建立完善的公交车辆运营调度措施, 提供了必要的技术支持.

3.4 GA-TS 混合遗传算法及实验研究

GA 在局部搜索能力方面的缺陷是为人共知. 经研究发现, GA 是一个渐近的收敛过程, 可以极快地达到最优解的 90%, 但要真正达到最优解却要花很长时间. 考虑到公交车辆运营调度的特点, 本文这里采用在 GA 中引入培育过程的思想, 将禁忌搜索法 TS(Tabu Search) 引入 GA 中, 在 GA 遗传操作选择、交叉后, 采用 TS 操作, 然后进行变异遗传操作, 构成所谓的 GA-TS 混合遗传算法 HGA, 其基本操作形式如下:

$$\begin{array}{c} POP_k \xrightarrow{\text{选择+交叉}} POP_{temp} \xrightarrow{\text{TS 培育}} POP_{temp} \\ \xrightarrow{\text{变异}} POP_{k+1} \end{array}$$

GA 与 TS 的结合, 可取长补短, 各自发挥优势, 弥补单一优化方法的某些不足之处. GA 中引入 TS, 在“培育过程”采用 TS 对群体中每个个体进行独立的优化过程, 然后再采用变异操作, 使其群体获得更优良的特性, 进而达到最优的进化过程. 为验证 GA-TS 混合遗传算法优化公交车辆运营调度问题的有效性, 这里采用 GA-TS 混合遗传算法和简单 GA, 针对公交车辆 36 车次规模的调度问题分别进行运营调度优化问题求解. GA-TS 混合遗传算法和简单 GA 两种算法的收敛速度及优化质量, 可见图 3 所示的仿真实验结果. 从图 3 中可以明显看出, GA-TS 混合遗传算法的收敛非常快, 尤其当迭代步数增加时, 该 HGA 显示出比简单 GA 有着较好的方向性, 具有收敛性强, 搜索区域好的方向移动快的特点, 减少其进化代数, 避免 GA 早熟收敛现象的发生, 提高公交车辆调度问题的优化性能. 这样以便在实际调度管理运营车辆时, 调度管理人员可根据具体运营状况, 运用优化性能好、收敛速度快的 HGA 调度算法, 得到实用、有效的运营调度方案, 从而提高和完善公交车辆运

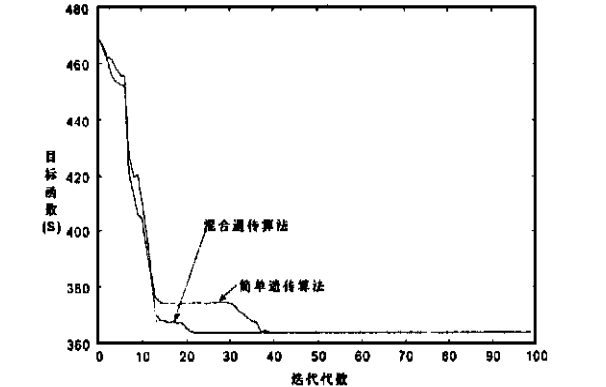


图 3 GA-TS 混合遗传算法仿真实验结果比较

营调度措施.

4 公交车辆动态调度策略

由于公交车辆实际运行的环境是一个庞大的、开放的动态系统, 其道路状况是随时间变化而变化的, 而且存在着许多随机和不确定因素, 一次性全局最优的静态调度虽然可得到理想的最优结果, 但实际上并不能适应动态运行环境. 在动态环境下, 公交车辆运营调度问题常有以下要点: 一是公交车辆运营调度如何适应城市道路交通环境的复杂多变性; 二是如何避免追求全局最优时大规模调度问题的大计算量; 三是遇到突发事件、交通事故以及运营车辆事故如何迅速有效地处理公交车辆的动态调度, 显然静态调度方法是无法解决这类问题的^[10]. 首先在运营调度过程中, 公交车辆的运营调度方案是按照以前的经验确定的, 在实际运行中可能发生变化; 其次在车辆运行中, 突发事件、交通事故也时有发生, 若花费很大时间代价而得到的静态调度最终失去了最优性. 当车辆运行环境发生变化时, 利用静态调度方法重新进行调度行不行? 从理论上讲当然是可以的, 但是其缺点是难以应付实际运作的实时性和环境的多变性, 这是由于静态调度一般需要比较长的计算时间, 而且实际车辆运行可能会出现堵车或者其它新的变化. 因此进一步研究针对意外事件做出快速有效地动态调度是非常重要的, 而且快速性也是动态调度所必须的, 况且公交车辆实际运营调度很少是在理想条件下进行的. 公交车辆日常运营调度实质上是在某些条件稍微偏离理想值的状态时进行重调度或在线调整, 而且运营调度一般也不是围绕单一目标, 而是围绕多目标进行的. 公交公司运营调度系统应当能够提供不同性能指标的调度问

题求解方法, 根据不同的运营调度性能指标, 指导调度管理人员如何选用适宜的调度规则和调度策略.

4.1 公交车辆动态调度策略

在日常公交线路运营中, 公共交通的服务具有不规则性, 其中有许多因素是难以准确进行预测估计和建模分析. 可以说所有建立在数学模型基础上的调度算法都只是原调度问题的某种近似, 况且公交车辆运行环境是开放的, 这样公交车辆运营调度问题变得比较复杂. 在这种情况下, 充分借助计算机技术对运营车辆及设施的技术状况和服务水平进行实时监控、跟踪, 再利用人的经验、直觉进行统计分析判断, 确定出实

际运行情况与行车计划的偏差, 从而建立起交互式调度. 所谓交互式调度就是在建立调度递阶结构和动态维护调度的过程中, 充分利用人的经验和能力, 通过人与算法中的有关接口的信息交互, 调整算法的条件和参数, 迅速得到较好的可行方案^[11]. 本文采用的公交车辆运营调度策略是: ① 当运营车辆按照约定时间出现时间延误时, 基于静态调度方法自动调整行车间隔或行车类型; ② 借助先进的通信技术、计算机技术监控运营中公交车辆, 出现意外事故或突发事件, 进行有效地动态重调度, 以便及时处理紧急情况. 公交车辆动态调度策略的原理框图如图 4 所示^[11].

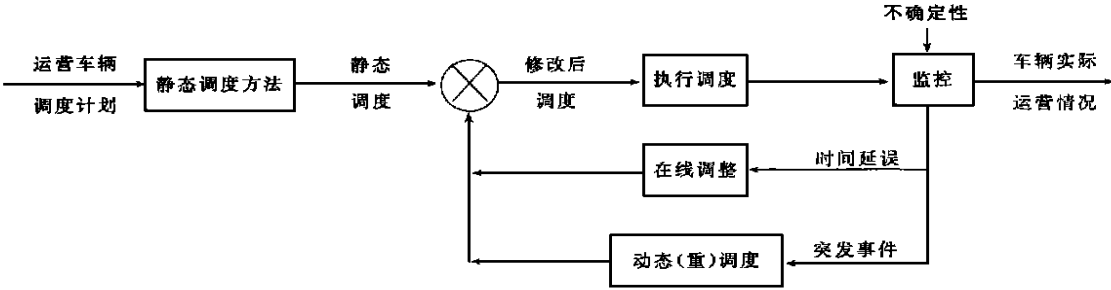


图4 公交车辆动态调度策略原理框图

图 4 的监控环节是“交互式调度”的关键, 其主要体现于在接口环节上作用, 如判断意外事故的发生、更改动态变化对调度影响的大小、决定采取在线调整还是进行动态重调度等.

4.2 公交车辆动态调度方法

当公交运营车辆运行条件或其他条件发生变化时, 要求迅速得到对变化做出适当的反应, 采取对尚未执行运输任务的公交车辆进行重调度的方法一般是不适合的. 一方面, 重调度要花费大量的计算时间, 不能满足实际运营的实时性要求; 另一方面, 这样做可能完全抛弃原有的调度, 使得车辆运营的连续性受到破坏. 因此只有当动态变化幅度大到必须对调度进行彻底的修改时, 方采用重调度策略; 而对于变化幅度不大的情况, 应当采取对运营车辆进行适当地在线调整方法.

公交车辆运营调度的在线调整方法是给定调度系统参数及路况信息, 给定初始调度信息和动态变化, 适当地修改初始调度, 使得其变化对后续运营调度的影响达到最小. 换句话说, 就是要寻找一个在动态变化条件下, 对初始调度跟踪

最好的新调度. 公交车辆运营调度的在线调整可认为是一种时间轴的反馈控制, 其中包括运营车辆的监控与跟踪. 当运营车辆遇到交通延误(如出现车辆堵车、意外纠纷), 就需要对原有调度进行在线调整或修改. 这里的交通延误主要是指当前运营车辆不能象在原有调度中那样准时地执行运输任务或无法执行运输任务. 解决交通延误的方法通常有两种: 一是将受到干扰运营车辆的开始时间在时间轴上进行移动, 二是更换相应交通故障的公交运营车辆. 当一辆运营车辆发生故障或发生交通事故时, 就对其恢复时间做出估算, 以便将该运营车辆上位于不可用时间段上转移到其他运营车辆上. 如果随着时间的推移, 发现这一估计不准确, 则可在适当的时间重新进行估值, 再次修正调度^[12~13]. 假定在调度执行过程中发生动态变化, 若变化不大时(10%以内), 不采用重新调度的方法, 而是在初始调度的基础上进行在线调整. 具体来说, 通过在线调整行车间隔、调整中途停站次数(该方法容易招致临时不停车站候车乘客的意见, 但是该措施确是在车辆晚点、同时到站车辆较多时比较

有效方法)、调整行车区段或更换其他的运营车辆,得到一个接近于初始调度较好的可行解。公交运营车辆动态调度在线调整方法通常有:

1) 简单移动法

最基本的在线调整方法,它不改变受干扰(如堵车延误)的运作所使用运营车辆,而是通过改变行车间隔以消除干扰或者将干扰传播到后续运作。对尚未执行的运作依次使用简单移动法,可以得到一个可行解。根据调度处理的时间变化的方向,有四种不同的移动策略:向前移动、向后移动,双向移动和不移动。鉴于所研究的公交运营车辆调度管理的特点,采用向前移动、向后移动以及双向移动的策略,方可兼顾运营车辆的运力不足与满足客流需求。

2) 预测调度方法

从当前正在执行的操作,估计所有正在执行操作完成时间,通过适当地移动尚未执行操作的开始时间,根据可能发生的突发事件和路况状况随时在线调整运营车辆行车顺序、行车间隔以及调整车辆行驶区段,以便及时有效地履行车辆运营任务。

3) 利用基于时间和事件驱动的动态调度方法

当调度执行过程发生动态变化时,只要将系统此时的参数作为基于时间和事件驱动的方法的初始条件,就可采用基于时间和事件驱动的调度方法。基于时间调度方法就是在受到客观条件影响,车辆数和车辆的到达、发出时间与行车时刻表的要求差距过大时,要根据实有车数、单程行驶时间、停站时间、客流量,计算出行车间隔,维持线路运营;基于事件驱动的调度方法就是全市性重大活动有关线路“到站”、“绕行”、“断路”、“停驶”等行车组织方案,根据上级确定的线路,计算线路车辆配备数量、单程行驶时间和停站时间、行车频率,并拟定临时行车计划和重大活动结束后迅速恢复线路正常运营的措施方案。

4.3 调度方法的应用分析

公交车辆选择调度方法应该遵循:符合客流规律、提高车辆周转率、车辆载客均衡满载以及经济使用车辆等原则。由于公交车辆在实际运营时乘客流量在时间上的不均衡规律决定了行车类型和车次,断面上的不均衡规律和方向上(交通流量)的不均衡规律决定了行车调度方法。因此只有与配车数、配班数、指标数相互综合平

衡,才能准确、有效地确定调度方法和行车类型及车次。由于公交运营车辆受到许多难以预料的不定因素的影响,例如乘客分布的随机性、车辆速度、交通事故以及气候因素等,遇到影响公交车辆正常运营时必须及时处理,运用动态调度策略,即采取线路终点站或者中途站临时调度措施,最大限度地消除突发问题对线路运营所造成的影响。下面以预测调度法为例分析研究公交车辆的动态调度方法的有效性。

如果实际运营线路途中出现“串车”现象,借助智能调度监控系统有效地监控运营车辆,在中途车站采取基于遗传算法的预测调度措施,有效地消除突发事件对运营线路所造成的影响。线路中途站预测调度(临时动态调度)具体措施就是对线路中途站进行监督、控制、统计、记录车辆运行情况。为调度室提供车辆运营信息,配合完成实时动态调度,以确保运营生产。临时动态调度措施有:控制车组“快点”(对照中途站行车时刻表与车辆实际到达本站的时间进行记录,遇有比计划提前到达的车组,要控制其准确点出站,保证线路的行车间隔和各车辆在车载客量均衡正常)、控制晚点车组在本站的上客量(多辆车同时刻到站时,指挥“晚点”车组越站停车,不在本站上客,减少“晚点”车组的运输压力)、临时调整行车类型(全程车改发区间车,区间车改发为快车)。

对照中途站行车时刻表 t_{sj} 与车辆实际到达本站的时间 t_{dj} , 对比计划提前到达的车组,要控制其准点出站,对晚点车组越站停车,不在本站上客(但必须提前告诉乘客,使需在因车辆越站而不停车的那些车站下车的乘客不上该车或提前下车,来保证这部分乘客能顺利抵达目的地),保证线路的行车间隔和各车辆的载客量均衡正常。假设在 375 路运营线路中,预测运营车辆——区间车(ID 号为 04)到达中途站 J_7 (北航站)的时间为 10:20,而实际到达该站时间为 10:30,说明这辆运营车“晚点”;将 04 号区间车从中途站 J_7 以后改为快车;而另一运营车辆——全称车(ID 号为 07),预测到达该站 J_7 的时间是 11:08,实际到达时间为 11:15,说明这辆运营车“晚点”,将 07 号全称车从中途站 J_7 以后改为区间车。根据这种中途站临时调整行车类的调度措施,进行实验研究,此时的目标函数仍以式(4.1)为基础,通过上述实时动态调度控制(预测调度)调整行车类型,这里依照上述实验

研究结果的优化排序(00001002100100 20 02 001000020000100120) 中的 20 在中途站 J_7 变为 12(完成单程运输任务后恢复原运输车辆类型) 进行实验分析研究. 实验结果表明, 采取这种方法基本保持原静态调度的性能指标, 即 $\min T = 369.4$ 分钟. 这说明采取这种预测调度方法能有效地减少公交车辆的实际行驶状况与计划的行车时刻表的差距, 使公交车辆在终点站的误差减小, 恢复正常运行. 因此利用动态调度方法能够较好地解决公交运营车辆在出现延误或者发生故障时出现发车间隔或大或小现象, 完善公交车辆的服务水平, 保证了公交车辆载客均衡满载, 从而使公交车辆达到安全、迅速、经济舒适的目的.

5 结 论

本文探讨性研究了基于遗传算法的公交车辆智能调度方法. 根据公交车辆的具体运营情况, 运用快速、便捷的智能调度算法优化公交车辆运营调度问题, 制定出符合实际情况的运营调度方案. 在公交车辆静态优化调度的基础上, 针对公交车辆运营调度管理特点, 分析研究了公交车辆动态调度措施的有效性, 进一步提高公交车辆运营调度管理效率, 从而完善公交车辆智能化调度的服务水平.

参考文献:

- [1] 史其信, 陆化普. 中国 ITS 发展战略构想[J]. 公路交通科技, 1998, 15(3): 13 ~ 16.
- [2] Benyahia I, Potvin J Y. Decision support for vehicle dispatching using genetic programming [J]. IEEE Transaction on System, Man, and

Cybernetics, Part A: Systems and Humans, 1998, 28(3): 306 ~ 314.

- [3] Scorer A G. Vehicle Tracking and Security[J]. The Journal of navigation, 1998, 52(2): 170 ~ 179.
- [4] 黄 卫, 陈里得. 智能运输系统(ITS)概论[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [5] 邱致和. 智能交通系统与车辆导航[J]. 导航, 1997, 23(2): 25 ~ 36.
- [6] 杨小光, 邵 俊. 关于中国城市公共交通系统智能化问题的研讨[C]. 第六届海峡两岸都市交通研讨会论文集, 成都: 西南交通大学出版社, 1998, 386 ~ 390.
- [7] 戴绍利, 谭跃进, 汪 浩. 生产调度方法的系统研究[J]. 系统工程, 1999, 17(1): 41 ~ 45.
- [8] 陈国良, 王熙法, 庄镇泉等. 遗传算法及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [9] Mao J, Wu Z. Genetic algorithm and the application for Job-shop group scheduling[C]. Proceeding of the International. Conference on intelligent Manufacturing, Wuhan, 1995, 85 ~ 90.
- [10] 李维斌等. 公路运输组织学[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [11] 王朝晖, 陈浩勋, 胡保生. 化工批处理过程调度[J]. 控制与决策, 1998, 13(2): 119 ~ 123.
- [12] 黄溅华, 关 伟, 张国伍. 公共交通实时调度控制方法研究[J]. 系统工程学报, 2000, 15(3): 277 ~ 280.
- [13] Phillips Cynthia A, Uma R N *et al.* Off-line admission control for general scheduling problems[C]. Proceedings of the Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, 2000, 879 ~ 888.