

引用格式: 蔺庆海, 刘伟, 王立超. 基于生存决策法的公交系统调度[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(7): 245-250
Lin Qinghai, Liu Wei, Wang Lichao. Bus system scheduling based on survival decision method[J]. Science Technology and Engineering, 2019, 19(7): 245-250

基于生存决策法的公交系统调度

蔺庆海¹ 刘伟^{1*} 王立超²

(重庆交通大学交通运输学院¹, 重庆 400074; 南京航空航天大学民航学院², 南京 211106)

摘要 城市公交系统运营调度优化是公交优化的一项重要内容,随着道路交通网络运行可靠性的降低和公交客流波动性的增大,公交车辆在运行中会出现一些突发状况,公交调度优化能够确保公交系统在突发状况发生后仍然能够较好的运行,保障公交系统的可靠性和公交系统服务水平。将联动调度引入驾驶员与公交车辆的调度中,综合考虑了客流突变、车辆条件、交通拥堵、交通事故和驾驶员状况等多种因素,在生存决策法的基础上依据上述因素建立了驾驶员和公交车辆的系统调度模型。通过生存动态模型与惯性约束模型的分析来判断系统的生存状态,并结合义乌市现有公交线路系统对模型进行验证分析。结果表明此方法对公交系统调度具有较为重要的意义。

关键词 公交系统 驾驶员与公交车辆调度 实时调度 生存决策法

中图法分类号 U491.1; **文献标志码** A

公共交通是大城市交通的主要方式,大多数城市正努力发展公共交通,以缓解城市交通拥堵。公交调度是城市公交运营工作中的核心,是提高城市公交运营服务水平的手段之一,驾驶员与车辆调度是公交调度中的核心内容,直接影响公共交通的营运效率。因此确保驾驶员与公交车辆的有效调度是实现公交正常运行的有力保证。当前中国公交调度的管理体系尚不系统,技术层面发展尚不全面,当突发事件发生时,无法及时合理地解决其对公交运营的干扰。虽然调度模型在公交领域已经逐渐引起了重视,但目前关于公交驾驶员调度与公交车辆调度联动调度的研究还相对较少。2001年 Huisman 等^[1]提出了一种组合方法来解决单条线路的车辆调度问题和司售人员排班问题。2003年 Haghani 等^[2]提出一种针对一个具有相同规模车队的场站同时求解车辆调度和司售人员排班问题的方法。2009年, Eliiyi 等^[3]介绍了一种区域调度排班计划汇编模型。该模型以单个司售班组为中心,以车辆行车时刻表为搜索空间。2012年 Mazloumi 等^[4]提出了基于准实时的公共交通调度优化系统。在国内,通过对公交调度影响因素和公交客流变化规律

的研究,2005年,陈芳^[5]建立了城市公交调度模型,并采用事件步长法进行仿真求解;随后,孙文霞等^[6]建立了发车时间间隔的数学模型,考虑了乘客的广义出行成本及企业的运营成本。2011年,孙静怡等^[7]提出了基于 MATLAB 的 BP 神经网络在公交车辆调度中的应用。2016年,禹伟、冯勇^[8]通过灰色聚类模型评价方法,对各调度方案进行评价。2017年,罗欣等^[9]将优化的模糊决策算法应用在 AGV(多自动引导车)调度中,建立了 AGV 模糊评价模型,调度问题被转化为最优化问题。此外,利用遗传算法与公交调度的研究也较多^[10-12]。

通过对国内外公共交通运输系统的调查与研究可见,在现存的调度模型中大多数运用了传统的方法和技术致力于公交运营之前的驾驶员与车辆安排,使驾驶员与公交车辆能够完成预先的运营安排。由于公交系统在实际运营过程中会受到多种不可控因素及突发事件的影响,因此现存的调度模型在综合考虑到这些影响因素干扰方面存在不足,从而造成公交系统运营时完不成或无法完成预定任务,甚至导致系统瘫痪。

因此针对这一问题,对影响公共交通系统正常运营的多种因素进行综合分析,提出一种能够实时判断公共交通系统运行状态,并能根据实时状态进行实时调度的驾驶员与公交车辆系统调度生存模型。

1 基于生存决策法的驾驶员与公交车辆调度模型

生存决策法基本模型是建立在资源约束和惯性

2018年10月8日收到 城市交通管理集成与优化技术
公安部重点实验室开放课题(2017KFKT08)资助
第一作者简介: 蔺庆海(1993—),男,汉族,山东德州人,硕士研究生。E-mail:1042705007@qq.com。
*通信作者简介: 刘伟(1978—),男,汉族,重庆人,博士,教授。E-mail:neway119@qq.com。

约束条件上的,在生存决策中,只要满足系统生存的决策都是可行决策。

现试将生存决策法的概念与驾驶员和公交车辆调度相结合,其中在公交调度中,也包括生存决策法的一些基本概念,如资源约束——公交车辆数和驾驶员个数;惯性约束——客流突变、车辆条件、交通拥堵、行车纠纷等。通过生存决策法将公交运营系统划分为生存和失效的两个状态,综合分析影响驾驶员与公交车辆联动调度的多个因素,获得驾驶员与公交车辆联动调度的生存域,实现公交车辆与驾驶员的调度满意决策。

1.1 选取基础模型

在经济系统中为了避免价格突变现象,需给可控变量一个缓冲机制,在决策系统中加入价格变化速度为限制条件,得到复杂经济决策系统的质量生存决策模型^[13],其中包括系统动态、资源约束、惯性约束、期望下限动态以及质量生存约束等。

以质量生存决策模型为基础模型,在经济系统中,价格围绕价值的变化而上下波动。在公交运营的过程中,同样会有多个因素影响公交系统的正常运行。由质量生存决策模型的组成,延伸到构建公交系统的调度方法,其中包括生存动态模型、资源约束模型、惯性约束模型以及实时调度模型。

1.2 构建生存动态模型

根据选取的基础模型,综合考虑模型参数中的乘客候车时间、周转时间、到站时间可靠度和公交车辆满载率等衡量指标,构建系统生存动态模型。详见式(1)及式(2)。

$$\begin{cases} T_{候} = T_2 - T_1 \\ \gamma = 1 - (t_1 - T_{周})/T_{周} \\ \alpha = 1 - (t_2 - t_3)/T_{周} \\ \beta = \frac{Ra}{H} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \bar{T}_{候} = \sum_i^n T_{候} / n \\ \bar{\gamma} = \sum_i^n \gamma / n \\ \bar{\alpha} = \sum_i^n \alpha / n \\ \bar{\beta} = \sum_i^n \beta / n \end{cases} \quad (2)$$

式中, $T_{候}$ 为乘客候车时间; $\bar{T}_{候}$ 为一定时段内各公交车辆乘客平均候车时间; $T_{周}$ 为既定的公共交通工具在运营路线上往返一周行程所需要的时间; γ 为周转时间可靠度; $\bar{\gamma}$ 为一定时段内各公交车辆周转

时间平均可靠度; α 为到站时间可靠度; $\bar{\alpha}$ 为一定时段内各公交车辆到站时间平均可靠度; β 为公交车辆满载率; $\bar{\beta}$ 为一定时段内各公交车辆平均载客率; T_1 为乘客到达站点开始候车的时间点; T_2 为乘客登乘公交车结束候车的时间点; t_1 为公交车辆实际运行周转时间; t_2 为实际到站时刻; t_3 为既定到站时刻; Ra 为车辆实载乘客人数; H 为车辆标准载客人数。

根据以上构建的生存动态模型,结合相关文献^[14-16]中对几类参数的研究,对生存失效判定界限进行标定为

$$\begin{cases} \bar{T}_{候} \geq 6 \text{ min} \\ \bar{\gamma} \leq 90\% \\ \bar{\alpha} \leq 90\% \\ \bar{\beta} \geq 80\% \end{cases} \quad (3)$$

结合公交系统的实际运营,其对系统生存失效的状态判定见表1。

表 1 系统生存失效状态判定表
Table 1 The determination of system survival and invalidation state

任意不等式成立个数	对应状态
≤ 1	生存
≥ 2	失效

1.3 构建系统资源约束模型

根据选取的基础模型,综合考虑约束参数中的公交车辆数和驾驶员个数等资源约束条件构建系统资源约束模型。详见式(4)及式(5)。

$$C = \frac{\varphi Pa_{高} T_{周}}{60H} \quad (4)$$

$$D = nC \quad (5)$$

式中, $Pa_{高}$ 为高峰断面客流通过量; φ 为高峰断面客流通过量修正系数,根据情况可0.8~1.2; n 为人车配备比例,一般介于1.5~2之间; C 为公交车辆数; D 为驾驶员人数。

1.4 构建惯性约束模型

根据选取的基础模型,综合考虑客流量、交通拥堵、行车纠纷、车辆状况和驾驶员状况等惯性约束条件构建惯性约束模型。详见式(6)~式(10)。

$$\eta_{Pa} = \frac{Pa_2 - Pa_1}{Pa_1} \quad (6)$$

$$\lambda_{Con} = \frac{l_{堵}/v_{堵}}{T_{周}} \quad (7)$$

$$\vartheta_{Dri} = k(x_{Dri}) \quad (8)$$

$$\zeta_{Veh} = h(x_{Veh}) \quad (9)$$

$$\tau_{Dis} = s(x_{Dis}) \quad (10)$$

式中, η_{Pa} 为客流突变影响系数; Pa_1 为客流突变前客流人数; Pa_2 为客流突变后客流人数; λ_{Con} 为交通拥堵对公交车辆正常运行的影响系数; $l_{堵}$ 为发生交通拥堵的路段长度; $v_{堵}$ 为发生交通拥堵路段的公交车辆行车速度; ϑ_{Dri} 为驾驶员状况影响系数; ζ_{Veh} 为车辆状况影响系数; τ_{Dis} 为行车纠纷影响系数。根据以上模型对各惯性约束条件的惯性作用值进行判定,为方便一致表述,采用 0,1 来对约束状态进行描述。当 $-0.3 \leq \eta_{Pa} \leq 0.3$ 时,其判定值表示为 1,当 $\eta_{Pa} < -0.3$ 或 $\eta_{Pa} > 0.3$ 时,其判定值表示为 0;当 $0 \leq \lambda_{Con} \leq 0.05$ 时,其判定值表示为 1,当 $\lambda_{Con} > 0.05$ 时,其判定值表示为 0。

根据惯性作用判定值,对系统的生存失效进行判断,如五种条件下有一种条件失效,那么惯性模型下判定公交系统失效。故定义(表 2): $\eta_{Pa} + \lambda_{Con} + \vartheta_{Dri} + \zeta_{Veh} + \tau_{Dis} = 5$ 时,系统生存; $\eta_{Pa} + \lambda_{Con} + \vartheta_{Dri} + \zeta_{Veh} + \tau_{Dis} \neq 5$ 时,系统失效。

表 2 惯性作用判定值及对应状态
Table 2 The defined value of inertia and the corresponding state

惯性约束条件	对应状态(值)	判定值	对应约束状态
η_{Pa}	$-0.3 \leq \eta_{Pa} \leq 0.3$	1	生存
	$\eta_{Pa} < -0.3$ 或 $\eta_{Pa} > 0.3$	0	失效
λ_{Con}	$0 \leq \lambda_{Con} \leq 0.05$	1	生存
	$\lambda_{Con} > 0.05$	0	失效
ϑ_{Dri}	出勤	1	生存
	事假	0	失效
ζ_{Veh}	运行	1	生存
	故障	0	失效
τ_{Dis}	正常	1	生存
	纠纷	0	失效

1.5 构建实时调度模型

根据生存动态模型以及惯性约束模型,对系统的生存失效状态进行综合判定。将状态“生存”表示为 S,状态“失效”表示为 L,综合判定见表 3。可以知道,只有两种模型都判定生存的状态下,整个系统的状态才判定为生存,否则为失效。

表 3 公交系统生存失效状态综合判定
Table 3 Comprehensive judgment table of survival and invalidation state of public transportation system

项目	状态 1	状态 2	状态 3	状态 4
生存动态模型	S	S	L	L
惯性约束模型	S	L	S	L
状态综合判定	S	L	L	L

若系统为失效状态,则根据以上内容对驾驶员与公交车辆实时调度建立模型。根据生存动态模型

来建立调度模型如式(11)及式(12)。

$$B_1 = A_1 - A_1(\alpha + \beta + \gamma)/3 \tag{11}$$

$$C_1 = \frac{B_1}{t/(\overline{T}_{\text{转}} + T_{\text{间}})} \tag{12}$$

根据惯性约束来建立调度模型如式(13)~式(14)。

$$B_2 = A_2 - A_2(1 - \eta_{Pa}) + (1 - \lambda_{Con})/2 \tag{13}$$

$$C_2 = \frac{B_2}{t/(\overline{T}_{\text{转}} + T_{\text{间}})} + k(x_{Dri}) + h(x_{Veh}) + s(x_{Dis}) \tag{14}$$

在使系统“生存”的情况下,对两种调度模型下的计算结果选择一种代价最少的方案,其目标函数如式(15),约束条件为式(16)。

$$\min Z = (B_i, C_i, P_i) \tag{15}$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} B_i \in (B_1, B_2) \\ C_i \in (C_1, C_2) \\ C_i = P_i, i = 1, 2 \end{cases} \tag{16}$$

式中, A_i 为线路既定公交运营班次; B_i 为距离生存状态缺少的班次; C_i 为候补车辆数; t 为运营至收车的时间长度; $T_{\text{间}}$ 为发车间隔; P_i 为候补驾驶员数; $\overline{T}_{\text{转}}$ 为平均单程计划时间,此处取 60 min。

2 实例验证

以某调查日(工作日)浙江省义乌市 803 号公交线路早高峰的运营为实例进行分析验证。

2.1 公交车辆与驾驶员配比计算

经调查统计,义乌市共有公交驾驶员 1 639 名,运营车辆数共有 1 130 辆。因此义乌市公共交通系统驾驶员与车辆配置比例为 1.45,约为 1.5。其中 803 号公交共 20 辆车,每车运营班次为 9,总班次为 180(表 4)。

由此,将义乌市 803 号公交线路驾驶员与车辆配置比例定为 1.5。根据人车绑定组织安排中线路驾驶员与车辆配置比例介于 1.5~2 之间时,采用两人一车以及三人两车这两种车辆人员配备方法。这两种配备方法既能够满足义乌市 803 号公交线路规模,也能够降低由于司机频繁换车而造成的营运风险。

2.2 生存动态模型下的线路生存状态判定

根据调查义乌市 803 号公交线路早高峰运营数据中所提供的日运营数据,对 $\overline{T}_{\text{候}}$ 、 $\overline{\gamma}$ 、 α 和 β 等参数进行计算。结合表 1,对比式(3),有生存动态模型参数判定如表 5 所示。

由表 5 可知,式(3)成立个数为 3 个(>2 个),故在生存动态模型中可判定,调查日当天义乌市 803 号公交线路早高峰运营处于失效状态。

表 4 调查日义乌市 803 号公交线路早高峰运营数据
Table 4 The morning peak operating data of
No. 803 bus line in Yiwu on survey day

站点	实际到站时间	拟定到站时间	乘客等候时间/min	上车人数	下车人数
南方联	08:00:00	08:00:00	6	15	0
工商宾馆	08:04:45	08:03:00	4	17	10
百大加加利	08:07:15	08:06:00	4	16	8
川纳服饰鄂尔多斯	08:11:32	08:09:00	6	18	9
绣湖中学	08:17:45	08:12:00	8	15	10
丹溪一小区	08:22:03	08:15:00	7	17	11
丹溪三小区	08:26:13	08:18:00	6	12	13
精彩实业	08:30:36	08:21:00	7	15	10
力得纺织	08:33:02	08:24:00	5	17	8
大大箱包	08:36:32	08:27:00	4	19	7
义塑公司	08:39:13	08:30:00	5	13	6
成龙集团	08:42:23	08:33:00	7	9	9
嘉得莱集团	08:46:42	08:36:00	6	11	5
游览亭	08:50:13	08:39:00	5	12	13
杨街	08:54:31	08:42:00	6	14	7
杨七	08:58:23	08:45:00	5	6	18
恒风汽车城	09:02:47	08:48:00	7	3	15
义乌英菲尼迪	09:05:36	08:51:00	6	9	16
何界	09:09:14	08:54:00	4	6	19
火车站	09:13:27	08:57:00	6	0	20

注：一驾驶员因事假缺勤；车身长 12 m，额定载客数为 80 人；高峰断面流量约为 1 800，自 07:00 ~ 08:00 之间客流量由 1 200 增至 1 800，主要集中在火车站和南方联附近；绣湖中学附近路段出现交通拥堵，拥堵长度 500 m，运行速度 8 km·h⁻¹。

表 5 生存动态模型参数判定
Table 5 Survival dynamic model parameter determination

参数	计算值	式(3)是否成立
$T_{候}/min$	6	√
$\gamma/\%$	71.93	√
$\alpha/\%$	83.53	√
$\beta/\%$	74.93	×

2.3 系统约束资源确定

生存动态模型下，义乌市 803 号公交线路生存失效状态确定之后，根据计算人车配比为 1.5；由于义乌市为中国最大的小商品批发市场，来往的客流相对较大，因此将 φ 定为 1.2。将 $Pa_{高}$ 定为 1 800。将数据代入式(13) ~ 式(14)，有： $C = \frac{\varphi Pa_{高} T_{周}}{60H} = \frac{1.2 \times 1\,800 \times 57}{80 \times 60} = 25$ 辆， $D = nC = 1.5 \times 25 = 38$ 人。

可知义乌市 803 号公交线路的配置数量低于资源约束水平，在接下来的运营管理中可以考虑在合适的时间增加车辆数以缓解客流输送压力。

2.4 惯性约束模型下的线路生存状态判定

根据所提供的基础资料与数据，对调查日当天

义乌市 803 号公交线路运营的惯性约束模型进行计算分析。根据惯性作用判定值及对应状态表确定各约束的对应状态，结果详见表 6。

表 6 调查日义乌市 803 号公交线路各约束条件对应状态
Table 6 The state corresponding to each constraint condition of No. 803 bus line in Yiwu on survey day

惯性约束条件	对应状态(值)	判定值	对应约束状态
$\eta_{Pa}/\%$	33	0	失效
$\lambda_{Con}/\%$	6.58	0	失效
ϑ_{Dri}	事假	0	失效
ζ_{Veh}	运行	1	生存
τ_{Dis}	正常	1	生存

结合 1.4 对惯性约束模型的判定，算得 $\eta_{Pa} + \lambda_{Con} + \vartheta_{Dri} + \zeta_{Veh} + \tau_{Dis} = 2 \neq 5$ ，故在惯性约束模型下系统判断为失效状态。

2.5 实时调度

对系统的生存失效状态进行综合判定，由 2.2 节和 2.4 节分析可知，生存动态模型和惯性约束模型都判定调查日当天义乌市 803 号公交线路早高峰运营处于失效状态，则综合判定为失效状态(表 7)。

表 7 调查日义乌市 803 号公交线路早高峰运营状态
Table 7 The morning peak operating condition of No. 803 bus line in Yiwu on survey day

项目	状态
生存动态模型	L
惯性约束模型	L
状态综合判定	L

接下来依据提出的两种实时调度模型对候补配车数与驾驶员数量进行计算。

根据生存动态模型[式(11) ~ 式(12)]，算得候补配车数 $B_1 = 42$ 班，驾驶员数量 $C_1 = 4$ 辆。

根据惯性约束模型[式(13) ~ 式(14)]，算得候补配车数 $B_2 = 36$ 班，驾驶员数量 $C_2 = 6$ 辆。

结合目标函数及约束条件，算得： $B_i = 36$ 班， $B_i = 4$ 辆， $P_i = 4$ 名。因此要想避免义乌市 803 号公交线路出现瘫痪维持生存，应在现有运营的基础上，补充 4 名驾驶员，4 辆公交车，增加 36 班车次，从而保证完成既定的运营班次满足线路乘客的需要。

结合义乌市 803 号公交线路公交车辆配车数量的上限为 25 辆，驾驶员配备人数的上限为 38 人。因此根据义乌市 803 号公交线路系统所出现的问题，首先调取替补驾驶员一名及时应对因某驾驶员事假缺勤所造成的空缺，从而保证线路系统维持稳

定。再针对运营中出现的问题对线路系统进行实时增加车辆与驾驶员调度,从而减轻交通拥堵等突发状况给线路运营所造成的影响,以保证系统运行的生存状态。

3 结论

主要是采用生存决策法对公交车辆的调度展开了相关研究,得到结论如下。

(1)生存决策法的核心是判定一个系统或结构的生存失效状态,因此将生存决策法引入,作为核心技术支撑,并以此为基础构建生存决策实时调度模型。根据生存决策法的生存动态模型与惯性约束模型对实时运营的公交系统做出状态判定,然后根据判定的状态再做进一步的调度补充和优化。

(2)实现了实时调度,以国内外公交车辆与驾驶员调度的研究过程与成果为基础,将实时调度引入到公交车辆与驾驶员的运营调度中,一方面它突破了公交车辆与驾驶员调度的固有模式,另一方面在突发状况发生时,其在公交运营系统中更加有效实用。

(3)在公交系统的调度中引入联动调度的概念,并以实例进行分析,实例证明联动调度的引入与实时调度相辅相成,为公交车辆与驾驶员的共同调度增加了有利条件,更好地维持公交运营系统的稳定性。

参 考 文 献

- 1 Huisman D, Freling R, Wagelmans A P M. A dynamic approach to vehicle scheduling[J]. *Erim Report*, 2001, 35: 1-19
- 2 Haghani A, Banihashemi M, Chiang K H. A comparative analysis of bus transit vehicle scheduling models[J]. *Transportation Research Part B*, 2003, 37(4): 301-322
- 3 Eliyi D T, Ornek A, Karaküttük S S. A vehicle scheduling problem with fixed trips and time limitations[J]. *International Journal of Production Economics*, 2009, 117(1): 150-161
- 4 Mazloui E, Mesbah M, Ceder A, et al. Efficient transit schedule design of timing points: A comparison of ant colony and genetic algorithms[J]. *Transportation Research Part B Methodological*, 2012, 46(1): 217-234
- 5 陈 芳. 城市公交调度模型研究[J]. *中南公路工程*, 2005, 30(2): 162-164
Chen Fang. Study on model for bus dispatching[J]. *Journal of Central South Highway Engineering*, 2005, 30(2): 162-164
- 6 孙文霞, 宋 倜, 乔国会. 公交调度中发车间隔控制研究[J]. *河北工业大学学报*, 2007, 36(2): 89-93
Sun Wenxia, Song Ti, Qiao Guohui. Study on departing time interval control of bus dispatching[J]. *Journal of Hebei University of Technology*, 2007, 36(2): 89-93
- 7 孙静怡, 苏友富. 基于 Matlab 的 BP 神经网络在公交车辆调度中

- 的应用[J]. *武汉理工大学学报(交通科学与工程版)*, 2011, 35(3): 599-602
- Sun Jingyi, Su Youfu. Application of BP neural network based on matlab in public transport scheduling[J]. *Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science and Engineering Edition)*, 2011, 35(3): 599-602
- 8 禹 伟, 冯 勇. 公交调度方案评价的灰色聚类分析方法[J]. *交通运输工程与信息学报*, 2016, 14(1): 49-52
Yu Wei, Feng Yong. Gray clustering analysis for bus scheduling scheme evaluation[J]. *Journal of Transportation Engineering and Information*, 2016, 14(1): 49-52
- 9 罗 欣, 贺前华, 刘华珠. 优化的模糊决策算法在多自动引导车调度问题中的应用[J]. *科学技术与工程*, 2017, 17(15): 84-90
Luo Xin, He Qianhua, Liu Huazhu. Application of multiple automated guided vehicles scheduling problems based on the optimal fuzzy decision algorithm[J]. *Science Technology and Engineering*, 2017, 17(15): 84-90
- 10 童 刚. 遗传算法在公交调度中的应用研究[J]. *计算机工程*, 2005, 31(13): 29-31
Tong Gang. Application study of genetic algorithm on bus scheduling [J]. *Computer Engineering*, 2005, 31(13): 29-31
- 11 韦尚成. 临界—遗传算法在公交调度中的应用[J]. *物流科技*, 2017, 40(5): 101-106
Wei Shangcheng. Application of public traffic scheduling based criticality-genetic algorithm [J]. *Logistics Sci-Tech*, 2017, 40(5): 101-106
- 12 马 悦. 基于模糊遗传算法的智能公交调度系统研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2016
Ma Yue. An intelligent bus dispatch system based on fuzzy genetic algorithms[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2016
- 13 叶明确, 王浣尘. 质量生存决策的重演化分析和策略探讨[J]. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(7): 53-58
Ye Mingque, Wang Huanchen. Heavy evolution and strategy of quality viable decision [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2004, 24(7): 53-58
- 14 吕 慎, 陶流洋, 莫一魁. 通勤出行公交候车时间的服务等级划分和度量[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2015, 15(3): 190-195
Lv Shen, Tao Liuyang, Mo Yikui. Level of service classification and quantification for bus waiting time on commuting trip[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2015, 15(3): 190-195
- 15 陈峥嵘, 陈学武, 陈素平. 城市公交车辆到站时间可靠性分析方法[C]//2012 中国城市规划年会论文集. 北京: 中国城市规划学会, 2012: 1-9
Chen Zhengrong, Chen Xuewu, Chen Suping. Reliability analysis method of arrival time of city bus[C]// *Annual National Planning Conference Vol. 2012*. Beijing: China Association of City Planning, 2012: 1-9
- 16 刘 欢, 李文权. 城市公交调度中满载率问题的研究[J]. *交通运输工程与信息学报*, 2008, 6(4): 104-109
Liu Huan, Li Wenquan. Research on passenger load rate in urban transit dispatching[J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2008, 6(4): 104-109

Bus System Scheduling Based on Survival Decision Method

LIN Qing-hai¹, LIU Wei^{1*}, WANG Li-chao²

(College of Traffic & Transportation, Chongqing Jiaotong University¹, Chongqing 400074, China;

College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics², Nanjing 211106, China)

[**Abstract**] Urban public transportation operation scheduling optimization is an important content of the bus optimization, with the loss of the road network reliability and bus passenger flow volatility increases, as well as occurred in the use of public transport in an emergency, ensuring the public transport system can still run better, guarantee the survival state of the public transport system, and is the guarantee bus system reliability and the public transport system service level of a major breakthrough. The linkage scheduling was introduced to the driver and transit vehicle scheduling, considering the passenger mutations, traffic conditions, traffic congestion, traffic accidents, and many factors such as the driver condition, will the driver and the linkage of the bus scheduling combined with real-time scheduling, on the basis of the survival of decision on the basis of the above factors the pilot and the system bus scheduling model is established, through the analysis of relevant indicators to judge the survival state of the system. The results indicates that the method is of great significance to the scheduling of public transportation system.

[**Key words**] public transportation system driver and bus transportation scheduling real time scheduling survival decision method