

城市公交运行的二状态模型研究

曾尧明¹ 罗增杰²

1 湖南省高速公路建设开发总公司邵阳管理处 2 湖南华昱规划设计研究院有限公司

DOI:10.18686/btr.v1i3.1565

[摘要] 近年来,通过将信息化、智能化与公交运行进行有机结合,利用计算机后台的智能算法进行公交运行状态的运算已成为公共交通研究领域的主要方向。为提高智能公交运算的准确性和适用性,本文提出一种把公交运行状态二分的计算模型,对公交在各个站点的实时状态进行编号,应用于公交到各个车站站点数的运算与存储,结合车载GPS模块的实时定位信息计算公交站点处的到站公交数量以及多辆车运行时到站的站点数。此模型可简化计算机算法,提升智能公交系统的监控与预测效率,对于公交运行的调度和计划编制皆具有一定的应用意义。

[关键词] 公交调度; 二状态模型; 智能算法

公共交通是当前城市交通的重要组成部分,在相同的服务水平下,不同交通工具的人均动态占用路面面积比率为:公交车 1(单位面积)、自行车 3-4(单位面积)、非公交机动车 12(单位面积)^[1],公交相较于其他运行方式具有载客量大,运行线路固定,污染排放小的特点,成为未来公共交通的一种主要的不可或缺的组成部分。故在交通拥堵日益严重的大型城市,为了缓解交通拥堵给城市带来的不便,国内许多城市大力发展公共交通。伴随着公交车的更新换代,现在公交大部分已基本实现电力动力运行并装载有GPS定位系统。但是,相比地铁这种公共交通方式,公交在道路上运行时和其他道路交通工具之间存在道路运行路权的使用问题^[2]。因此合理高效的调度公交的运行,实现实时、准确、高效的预测与调度是城市智能交通系统当下的研究重点。

公交车运行质量和 Service 质量的优劣直接关系到市民对出行采用公共交通的可接受程度。智慧交通不仅可以诱导出行,还可以通过历史大数据分析决策出行^[3]。基于公交车的到站站点的计算可以使站点市民及时了解距离自己最近的公交车到本站的站点情况^[4],便于市民根据自身情况,合理规划自己的出行路径和交通方式的选择。在当前的公交到站站点计算与站点到站车辆数的算法中,多是基于以往经验分析^[5-6]或人工实时统计计算^[7-8]。在此背景下,本文提出将公交运行的状态划分为二状态,到站和在途两种运行状态,根据两状态模型建立起公交运行中的站点存储模型和站点计算模型,此模型可计算出公交车到每个站的站点数,以及进行计算公交到站时间预测。

1 公交二状态运行模型

1.1 公交运行状态存储

公交车在运行过程中包括“进出站”和“运行”两种状态,可基于GPS定位系统将各进站点和出站点的经纬度分别录入到模块中,在进站点和出站点之间的范围作为站点区域(即到站),其以外的范围区域称为在途。如图1所示,公交线路相邻站点可以将区域抽象成上图中的5部分,其中AI、BI

为进站点;AO、BO为出站点;灰色区域为进站点和出站点间的区域(即到站);黑色部分代表公交车正运行在站点外(即在途)。此时公交车正运行在A站到B站的在途中。

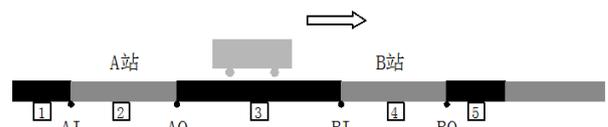


图1 公交二状态运行模型图

针对公交车在运行过程中“到站”和“在途”的两种状态,笔者以公交线路的总站点数为基数,将所有站点的均划分为两部分,按站点的顺序将所有站点的两种状态表示成连续的整数,建立公交运行状态模型。图2中站点为n的公交站点包括到站和在途, n_{in} 为站点n的进站点, n_{out} 为站点n的出站点。第n个站的站点“到站” N_{st} 和“在途” N_{ow} 分别为:

$$N_{st} = 2 \times n - 1 \quad (1)$$

$$N_{ow} = 2 \times n \quad (2)$$

本文将公交站点的状态转化后,即可将公交线路的所有站点运行情况可以通过自然数表示出来(图2),自然数从0开始是便于在计算机中实现,编程中的存储单元一般从零开始,便于下一步公交站点模型运算。

1.2 公交运行状态模型

在本文假设情况下,公交站发车区会一直有车,即线路中如果公交车是在发车区,则公交车到站点n有n个站点的距离。同时公交车的到站站点数n需要针对公交车的“到站”和“在途”分别进行讨论。

1.2.1 公交车到站状态

若线路中只有一辆公交车时,公交车的运行状态是到站时,公交车终端的GPS模块会将之前录入模块中的经纬度和站点经纬度匹配,发送进站消息给服务器。如公交车进了站点1,此时公交车到站点2有1站距离,到站点3有2站距离,

到站点 n 有 $n-1$ 站。则公交到站站点数为 Num :

$$Num = \frac{Nn - N_i - 2}{2} + 1 \quad (3)$$

式中:

Num 为公交车到站点 n 的站数; Nn 为站点 n 所对应的自然数的值; N_i 为公交车在站点 i 对应的自然数的值。

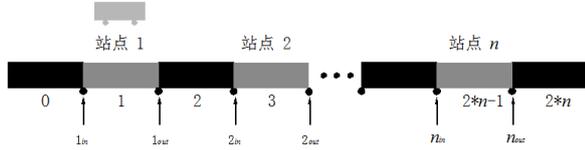


图 2 公交车“到站”时距离各个站点位置图

1.2.2 公交车在途状态

公交车出站后,车载终端 GPS 将与出站点的经纬度会进行匹配,将离站信息上传至服务器。当公交车进入站点 1 和站点 2 之间的在途区域时,此时公交车距离站点 n 的站点数为 $n-1$ 。公交车行驶在站点 $n-1$ 、 n 间的区域时,其距离后面站点的公交站数与其在站点 $n-1$ 站内相同,当公交运行状态为在途时,公交车到以后站点的站数 Num :

$$Num = \frac{Nn - N_i - 1}{2} + 1 \quad (4)$$

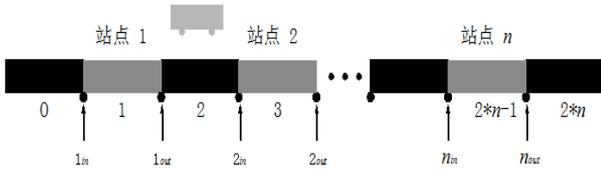


图 3 公交车“在途”时距离各个站点位置图

本文关于“在途”和“站点”的关系是采用站点 N_i (站点 i 所对应的自然数值)+1 为站点 i 的在途 N_{iow} , 由(1)和(2)可知 N_i 与 N_{iow} 的值分别为:

$$N_i = N_{sr} = 2 * n - 1 \quad (5)$$

$$N_{iow} = 2 * n \quad (6)$$

根据公交在途运行状态,公交车运行状态在途表示为 $N_{iow}=2*n$ 时,公交到站点 n 的站数 Num 为:

$$Num = \begin{cases} \frac{N_n - N_i - 1}{2} + 1, & \text{公交车运行状态为到站} \\ \frac{N_n - N_i - 2}{2} + 1, & \text{公交车运行状态为在途} \end{cases} \quad (7)$$

2 公交到站站点模型

2.1 进出站点公交车数量

公交运行二状态模型建立后,将公交运行状态存储在计算机,对公交运行状况进行分析和调度。在二状态模型中,每个站点有两种状态,同时根据线路中站点的顺序(站点 1, 站点 2, 站点 3...)将每个站点的每种状态用连续的自然数值表示,以此连续数组来对状态站点的状态进行存储。

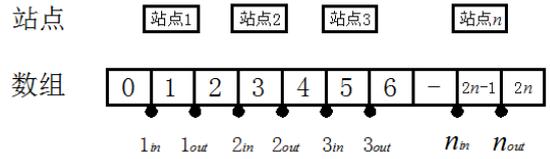


图 4 公交运行二状态模型及站点位置图

图 4 中为线路中站点的排序,线路中第 n 个站为站点 n ,数组表示站点 n 在数组中的位置, $[2*n-1]$ 为站点 n 在途对应的在数组中的自然数, $[N]$ 表示对应的数组中的位置。数组初始化后,数组中每个位置的值为 0。

当公交车进入站点 n 的进站点 n_{in} 时,车载终端 GPS 模块会发送数据至服务器,则站点 n 对应数组中的位置 $[2*n-1]$ 的值为 V_n , 站点 $n-1$ 的在途数值为 $V_{(n-1)ow}$:

$$V_n = V_n + 1 \quad (8)$$

$$V_{(n-1)ow} = V_{(n-1)ow} - 1 \quad (9)$$

当公交车驶离站点 n 的出站点 n_{out} 时,车载终端 GPS 模块会发送数据至服务器,则站点 n 对应的数组中的位置 $[2*n-1]$ 的值为 V_n , 站点 n 的在途对应的数组位置上的值为 V_{now} :

$$V_n = V_n - 1 \quad (10)$$

$$V_{now} = V_{now} + 1 \quad (11)$$

2.2 多车到站站点数

若当多车运行状态为进站时或在途时,车辆进入进站点或出站点后,会以该车运行状态所对应的数组中的位置为起始点,向上和向下遍历数组,分别找到距离该位置最近的有车的两个值,同时这 3 个值会形成 2 个区间,每个区间上包括的站点的站数的计算采用式(7),分别计算出每个区间站点的到站数。采用向上向下搜索数组是为了避免路上有多辆车时,可以每台车的范围内包含的站点。

相应的位置都会记录车的数量。如图 5 所示,站点 1 和站点 3 各有一辆公交车,在数组的位 $[1]$ 和位置 $[5]$ 的值加 1 变为 1,在计算站点时,以每个站点在数组中的位置为起点,向前遍历数组。以站点 3 为例,在数组中的位置为 $[5]$,以它为起点,采用向前遍历的方式搜索数组中的位置,直到公交车在进入进站点和出站点后,站点 n 在数组找到数组中的值不为 0 的位置,由式(7)可以计算出到站点 3 的车辆数,见表 1 所示。

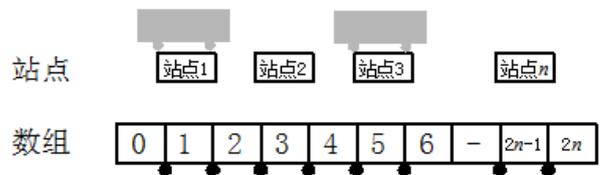


图 5 多车到站到站位置图

表 1 线路中有多辆车时各个站点的站数计算

站点	站点在数组中的位置	站数 (存储在数组中)
1	[1]	1
2	[3]	1
3	[5]	2
.....
n	[2*n-1]	$\frac{Nn - N_1 - 1}{2} + 1$

3 实例验证

本文选取江西省赣州市 18 号公交线路进行公交运行站点计算,其始发点为赣州火车站,终点站为通天岩景区,是赣州公交运行的主干线之一,沿途共有 32 个站点(表 2)。

表 2 公交站点名称及二状态模型中的编号

站点名称	二状态模型序号	实际站点编号
火车站	1	1
站前大道北	3	2
赣医三附院	5	3
城市管理局	7	4
市三医院	9	5
.....
通天岩景区	63	31

注: 1. 表中省略二状态模型中在途为偶数的编号; 2. 默认二状态模型中对应编号为 0 的位置为发车区。

当车辆行驶在站前大道北和赣医三附院之间的在途路段时,公交车到赣医三附院及以后站点的站数计算如下:

(1) 在公交车运行前方的站点到站数:

$$\text{到赣医三附院站点数: } Num = \frac{5-4}{2} + 1 = 1$$

$$\text{到通天岩景区站点数: } Num = \frac{62-4}{2} + 1 = 30$$

(2) 在公交车运行过的站点到站数:

$$\text{到火车站的站点数: } Num = \frac{1-0}{2} + 1 = 1$$

$$\text{到站前大道北站点数: } Num = \frac{3-0}{2} + 1 = 2$$

采用公交运行二状态模型建立起的站点数计算从实现上简化计算量,同时对于进入每个站的车辆数进行计算。在上面公交运行过程中,当车辆运行在站前大道北和赣医三附院之间的在途路段时,该车量从站前大道站出来,则在该站的车辆数量为:

$$V_{2n} = V_{2p} - 1$$

当该车进入赣医三附院站时,赣医三附院的车辆数为:

$$V_{3n} = V_{3p} + 1$$

式中 V_{2n} 为车辆出了站前大道北站后,该站剩余的車輛数; V_{2p} 为车辆出了站前大道北站前,该站剩余的車輛数; V_{3n} 为车辆进入赣医三附院站后,该站剩余的車輛数; V_{3p} 为车辆进入赣医三附院站前,该站剩余的車輛数。

4 结论

本文基于车载终端 GPS 系统通过站点的进站点和出站点发送的数据为依据判断车辆的运行状态,通过将每个站点划分为“到站”和“在途”两种运行状态,建立运行二状态模型,将公交运行的状态转化为规律性的自然数数组模型。建立该模型后将公交车到站点 n 的站数计算抽象为纯数学问题,为在计算中的存储和实现奠定基础。在计算出公交车到各个站点的站数后,将数值存储于数组中,通过对数组初始化并结合各个公交在不同站点的二状态模型计算出多车到站的站点数与某一站点的到站车辆数。

此模型在智慧公共交通调度系统的应用层面上,提供了一种应用于底层算法的计算模型。基于此模型,计算机可以进一步对公交站点通行能力、公交到站时间、中途行程时间等运行状态信息进行计算与预测。在算法上提供了一种更适于计算机算法的基础模型。

[参考文献]

- [1] 韩光. 基于 GPS 的公交运营调度优化模型研究[D]. 西南交通大学, 2010(11):71.
- [2] 汤月华. 基于 GPS 数据的公交站点区间行程时间分布与可靠性分析[D]. 浙江大学, 2015(08):88.
- [3] 张丽平. 基于 GPS 数据的公交车辆动态调度研究[D]. 浙江工业大学, 2016(06):73.
- [4] 孙锋. 公交站点运行效率计算及车辆停靠组织优化[D]. 吉林大学, 2013(04):131.
- [5] 安实, 崔文, 王健. 基于换乘时间窗的公交区域时刻表优化方法[J]. 公路与汽运, 2015(5):57-61.
- [6] 李婷. 公交动态调度与站点信息发布策略协同优化[D]. 大连海事大学, 2017(11):138.
- [7] 柏伟, 王文宪. 双发公交发车频率优化模型研究[J]. 公路与汽运, 2011(5):36-39.
- [8] 李天雷. 基于 GPS 数据的公交行程时间计算与预测系统[D]. 吉林大学, 2009(09):63.