**运用遗传算法优化公交调度方案**

许博 15级电子商务1班 3015209230

**摘 要** 在公共交通领域，公共交通的调度时刻表一直是公交系统优化的一个非常关键的要素，本文通过对公交系统的分析，建立了在乘客等待时间较小的前提下公交公司盈利最大化的调度模型，动态模拟各个站点乘客乘车，并在运用遗传算法的基础上进行不断地试探性改进，最终求得较优的公交系统调度方案。

**关键词** 公交调度 发站方案 遗传算法 优化

1. **引言**

**公共交通的调度时刻表一直是公交系统优化的一个非常关键的要素，它受到很多要素的限制，同时也对公共交通系统的优化有着至关重要的作用，可以说，做好了调度时刻表的优化就完成了公交系统优化的很大一部分工作。我国目前的公共交通发站方案还是采用了长时间固定时间点发站的策略，在这种策略下虽然可以使得较长时间段内的总体效率达到最优，但难以把控各个时间段的具体特点或突发状况，造成在部分突发状况下难以达到令人满意的效率。特别是在信息技术高速发展的今天，信息成为各个行业向前发展的重要资源，掌握各公共交通站点的实时流量信息成为必然，那么如何利用这些信息来优化系统成为一个管理者必须要认真对待的问题。利用遗传算法优化公交系统发站方案是有效利用这些信息的一个途径，它对于整个公交系统的优化有着重要的意义。**

1. **遗传算法基本原理**

**遗传算法是模拟了达尔文的生物进化论设计出的计算机算法模型，使得在算法内的个体能够不断以近似于进化论的方式进行优化，最终经过一定次数或时间的选择之后得到较优解。**

**遗传算法的基本运算步骤如下：**

1. **初始化操作：初始化所有特定情境运算过程中所需的所有特定变量，初始化种群，并设置算法的最终终止条件。**
2. **个体评价：对种群中所有的个体按一定算法进行评价，求出适应度。**
3. **选择运算：选择的目的是将优良的个体保留下来，并遗传给下一代种群，以使得种群能够不断进化。**
4. **交叉运算：模拟现实世界的染色体交叉，使得优良的个体基因之间能够进行沟通，以发掘适应度更高的个体。**
5. **变异运算：主要是对基因进行不确定性的变动，虽然变异大多数是有害的（即适应度低的）但通过变异操作也有可能产生更优的个体。**
6. **不断重复（2）-（5）步骤，直到达到特定的终止条件，将此时的种群中拥有最大适应度的个体最为最优解输出，算法终止。**
7. **根据实际情况建立公交调度方案优化模型**

**本文以天津市50路公交车为例，对遗传算法优化公交调度方案进行说明。为了研究方面，在建立模型时进行了适当的简化，主要考虑了乘客等待成本，公交发车成本以及公交收入三方面因素，而道路状况、公交车容纳人数、乘客下车站点以及影响公交公司实际收益的其他因素均被忽略。本文所建模型所要达到的最终目的是公交公司在保证乘客等待时间较小的情况下达到最大化。目的函数建立如下：**

**np = w – pc – cc**

**其中，np为净收益，就是要进行最大化的目标变量，w为这一路公交在某一发车方案下的总车费收入，pc为乘客的总等待成本，cc为总发车成本。w、pc和cc的运算如下：**

**w = 所有乘过车的乘客数量 \* 车费**

**pc = 所有乘过车的乘客数量 \* 2016年中国人均每分钟产出GDP**

**cc = 总发车班数 \* 每班车发车成本**

**此模型下车费取2元，2016年人均GDP为53187元，每班车发车成本取150元。另外，等待乘客为按一定运算规则随机产生，过程如下：基于简单的调查，根据50路公交所有站点人流量大小大体估计其产生乘客的概率大小，依托于此产生每个车站每分钟产生等待乘客的概率因子储存在数组中，另外，将50路运营的时间（5：00-22：00）分为几段分别根据这些时间段乘车人数的差别设置产生等待乘客的概率因子，另外将每个车站从发车到到站的相对时间存入数组中，在每个车站每分钟进行运算是否产生等待乘客，产生等待乘客运算过程首先将对应车站与时间段的乘车概率因子相乘得到产生概率，然后取0-1的随机数，当其小于所产生的概率值时执行产生操作，产生的乘客人数为大于0的以1为均值以2为方差的正态分布的随机整数。**

1. **模型中遗传算法的应用**
2. **初始化：**

**初始化发车时间表，最短时间间隔5分钟，在50路运行的时间段中按5分钟一个时间节点，共计209个时间点；**

**初始化站点数为18，50路下行线实际站点共18个；**

**初始化种群数，多次测试发现初始种群越大，初始的选择空间越大，种群越容易发现更优解，种群成熟也更快；**

**初始化迭代次数或程序运行时间（两个终止条件有其一即可）；**

**初始化适应值归一化淘汰加速指数，此数值越大，适应值较小的个体被淘汰越快，种群进化较快，但适应值小的个体潜在的“优良基因”就很难保持下来，种群达到成熟较快，如果同时增大变异概率可使得种群能够进一步进化。**

**初始化交叉概率，一般较大，加强优良个体中的基因交流；**

**初始化变异概率，变异概率一般较小，因为变异大部分为有害，但也可能产生更优的个体；**

**初始化乘客等待成本、发车成本以及乘车费用；**

**初始化公交到站相对发站的时间表，以便确定每班车的到站时间（忽略路况等情况）；**

**初始化各个站点每分钟产生等待乘客的概率因子；**

**确定各时间段的每分钟产生等待乘客的概率因子。**

**个体以结构体形式保存在链表中，个体结构体包括发车时间表、模拟净利润值、适应值以及链表中下一个相邻个体。**

1. **个体评价**

**适应度根据目标函数确定的用于区分群体中个体的好坏标准，总是非负的，任何情况下都希望其值越大越好。**

**在这里，先算出每一个个体的净利润，然后依据净利润的相对大小按公式：**

**fitness = [(np – min\_np) / (max\_np – min\_np + 0.001)]^m**

**计算出初步的fitness，其中m的值越大，较劣个体被淘汰速率更快，这里是用乘幂尺度变换来对个体适应度差异进行扩大化操作，最后按公式：**

**fitness = fitness / sum\_fitness**

**计算出最终的fitness值。**

1. **选择**

**选择操作主要是根据各个个体的适应度大小来选择下一代个体，适应度高的留下的概率更大，适应度小的留下的概率则较小，但仍然有概率留下，这保证了低适应度个体的部分优秀基因得以保留。这里采用了轮盘赌法选择保留下的个体，同时为了使得适应度高的个体能够被保留下（保证种群进化），每次选择都率先保留下最优个体。**

1. **交叉**

**交叉的概率一般较大，使得较优个体之间能够进行充分的交流，以求获得更优的个体，我在算法中随机指定两个不同的个体进行交叉操作，交叉操作是指随机交换两个体的某一段基因，交叉完成后，不删除参与交叉的老个体，交叉产生的两个新的个体并入到种群，参与下一轮的竞争。**

1. **变异**

**以较小的概率对“基因”做适当的改变，形成新的个体。在这里我设计的算法是：最多变异总基因数的%10，随机变异基因个数，变异随机部位基因。有几点需要说明的是：首先，变异操作我先后调整最优个体是否参与随机变异，在不变异最优个体时，程序运行往往会长时间陷入局部最优解无法摆脱，变异最优个体时则情况明显好转；其次，变异产生的个体是作为新个体加入原种群还是当作老个体保存在原种群的问题，我经过多次测试发现把其当作老个体放入原群体时，虽然可能破坏较优个体，使得最优解产生上下波动，但在波动过后种群通常会稳定在更优的水平上，这样就更能够避免长时间陷入局部最优解。**

1. **实例结果分析**

**下表是我的一次测试值，各项参数初始化代码如下：**

#define timetable 209 //发站时间表（最小间隔5分钟，共有209个发车时间点，但第一班车和最后一班车必须发车）

#define mininter 5 //最小发车间隔时间

static int N = 18;//站点数

static int M = 50;//初始种群数

static int C = 1000;//迭代次数（与程序运行时间二选一，控制算法结束）

static int T = 300;//程序运行时间

static int m = 2.5;//适应值归一化淘汰加速指数

static double Pc = 0.6;//交叉概率

static double Pmutation = 0.15;//变异概率

static double pcost = 53187.0 / (365 \* 24 \* 60);//每位乘客等待每分钟的成本

static double ccost = 150;//每趟车成本

static int fare = 2;//车费

//公交到站时间表

static int arrtime[18] = { 0, 1, 3, 4, 8, 10, 11, 14, 17, 19, 21, 22, 24, 26, 28, 34, 39, 45 };

//各站的每分钟是否进行分配到站等待乘客的概率因子

static double ispassenger[18] = { 0.3, 0.8, 0.4, 0.4, 0.4, 0.6, 0.6, 0.7, 0.5, 0.6, 0.8, 0.5, 0.4, 0.4, 0.4, 0.3, 0.3, 0.3 };

**程序运行5分钟，每迭代100次输出一次当前最优解的适应度和模拟净利润值**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ****编号**** | ****模拟净利润**** | ****适应度**** | ****编号**** | ****模拟净利润**** | ****适应度**** |
| ****1**** | **-260.053** | **0.142148** | **17** | **2471.2** | **0.0826663** |
| ****2**** | **1629.42** | **0.0909143** | **18** | **2548.05** | **0.0849891** |
| ****3**** | **1685.1** | **0.0623931** | **19** | **2548.05** | **0.146502** |
| ****4**** | **1986.88** | **0.0649959** | **20** | **2548.05** | **0.144443** |
| ****5**** | **2046.71** | **0.0843564** | **21** | **2548.05** | **0.118398** |
| ****6**** | **2146.75** | **0.0803572** | **22** | **2548.05** | **0.0942766** |
| ****7**** | **2378.78** | **0.0786863** | **23** | **2548.05** | **0.133806** |
| ****8**** | **2378.78** | **0.106572** | **24** | **2548.05** | **0.0958947** |
| ****9**** | **2464.46** | **0.0978504** | **25** | **2548.05** | **0.0771667** |
| ****10**** | **2464.46** | **0.11068** | **26** | **2548.05** | **0.0956173** |
| ****11**** | **2471.2** | **0.0774141** | **27** | **2548.05** | **0.131339** |
| ****12**** | **2471.2** | **0.0665372** | **28** | **2548.05** | **0.101431** |
| ****13**** | **2471.2** | **0.0573746** | **29** | **2548.05** | **0.0831112** |
| ****14**** | **2471.2** | **0.103884** | **30** | **2570.7** | **0.10925** |
| ****15**** | **2471.2** | **0.0991375** | **31** | **2570.7** | **0.107329** |
| ****16**** | **2471.2** | **0.0730442** | **32** | **2570.7** | **0.109039** |

**发车时间表：**

**05:00 05:20 05:40 06:10 06:35 07:05 07:25 07:40 08:05 08:25 08:35 09:05 09:20 09:35 09:55 10:05 10:30 10:55 11:10 11:25 11:45 12:00 12:05 12:10 12:25 12:35 12:50 13:15 13:25 13:35 14:00 14:20 14:35 14:50 14:55 15:10 15:25 15:40 15:50 16:05 16:15 16:25 16:35 16:45 16:55 17:00 17:15 17:25 17:50 18:05 18:15 18:20 18:25 18:40 18:55 19:10 19:30 19:50 20:20 20:30 20:50 21:00 21:10 21:20 21:30 21:55 22:10 22:20**

**通过上表数据可以发现算法可以明显优化种群，并输出较为接近最优解的结果，并且在乘坐公交的高峰期中，发车频率明显提高。亦可以以此实验结论为基础做进一步更加精确的研究。**

1. **总结分析**

**本文中所采用的模型采用了简化处理，采用的遗传算法也不算复杂，但即使在这种情况下，算法仍然能够非常有效地取到较优解，说明了本文所采用算法的合理性，当然，本文采用的算法仍然有很多可改进的地方，比如采用更加精确的数据建立更加完善的模型，采取措施避免种群“早熟”（局部最优）现象，在种群演化选择过程中可以加入竞争因素，采用更加精确的编码方式，使用更能表现个体的使用度算法，在上面算法所得初步结论的基础上进一步精确研究等。**

**参考文献：**

**[1] 韩印** 基于遗传算法的智能公交发车频率优化研究 计算机工程与应用 2008，44(33) 243-245

**[2]** 陈玲玲、苏勇 改进遗传算法在公交车优化调度中的应用 科学技术与工程 第9卷第12期2009年6月