

基于蚁群算法的呼叫中心人力资源分配

王爱平, 朱永俊, 张功营, 刘芳

(安徽大学 计算与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘 要:针对呼叫中心人员上班的班次和时段的人力资源分配问题,考虑班次和上班时段的等限制条件以及人力资源分配的具体要求,建立了相应的数学模型。在此提出了一种基于蚁群算法的人力资源分配算法。在呼叫中心人力资源分配问题图形化定义的基础上,建立了正反馈机制,设计了状态转移的规则,利用信息素更新规则对呼叫中心的具体人力分配进行了分析与实现。仿真表明,该方法对解决呼叫中心的人力资源分配问题是可行的。

关键词:呼叫中心; 蚁群算法; 正反馈; 信息素

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)03-0204-04

Call Center Labor Resources Allocation Based on Ant Colony Algorithm

WANG Ai-ping, ZHU Yong-jun, ZHANG Gong-ying, LIU Fang

(Ministry of Education Key Laboratory of Intelligence Computing and Signal Processing,

Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: For call center labor resources allocation problem which constraint of scheduling and the working period, according to this, programming model was established which considered the constraint of scheduling and the working period and the specific requisition of labor resources allocation. A labor resources allocation approach was proposed based on ant colony algorithm. On the basis of the graphic definition of labor resources allocation, the positive feedback was established and to take advantage of the rule of state-shift and pheromone update strategy, the particular scheduling process was analyzed and realized. Simulation shows that ant colony algorithm performs well for call center labor resources allocation.

Key words: call center; ant colony algorithm; positive feedback; pheromone

0 引言

现代呼叫中心是一种以通讯网路为依托、以先进的计算机电话集成(Computer Telephony Integration)技术为支撑的新型综合信息服务系统。它在商业领域得到广泛应用,是企业增加竞争力的有效手段,而为了实现这个目标,呼叫中心必须能够提供高质量的服务,要保证多数的呼叫能在短时间里得到应答,这就需要充足的人力来支持;但是人力成本是呼叫中心最大的开销支出,所以从经济角度出发,就要节省人力,提高人员利用率。呼叫中心的人力分配是以班为单位的排班问题,我们的任务是研究安排 m 个班次 n 个时段的排班,要求任意时段安排的人数不少于该时刻所需要的人力水平,并使安排的总共的人力代价最小^[1]。

蚁群算法(Ant Colony Algorithm)是一种源于生物

世界的仿生类随机搜索算法。自从意大利学者 Dorigo 教授等提出以来,它在不同的组合优化问题中得到了长足的发展并取得了良好的效果。比如蚁群算法在旅行商问题中的应用^[2,3]、蚂蚁算法求解图形着色问题、网格分割问题、粗糙数据约减^[4-6]等等。蚁群算法具有较强的鲁棒性、优良的分分布式计算机制、易于与其它方法相结合等优点。针对目前的问题,文中提出基于蚁群算法的呼叫中心人力资源分配方法。

1 呼叫中心人力资源分配描述及其模型

呼叫中心的人力分配是以班为单位的排班问题,在满足各个时段的人力需求的条件下,使得总的人力代价最小。解决呼叫心中计算人力需求时涉及的问题时可以分两步解决:第一步计算各个时段的人力水平,即预测未来时间里对应时段的人力需求;第二步再确定班次方案。文中研究的是班次方案的确定。该问题的描述是:有 m 个上班人数待定的班次(班组),每个班次记为 $p_i (i = 1, 2, \dots, m)$,有 n 个时段(将一天

收稿日期:2008-07-11

基金项目:国家自然科学基金项目(60472065)

作者简介:王爱平(1956-),女,甘肃庆阳人,教授,主要从事计算机教学与研究。

的上班时间分成若干个时间段),每个时段记为 $q_i (i = 1, 2, \dots, n)$; 每个班次的上班时段已经确定。人力的安排受到时间段人力需求的限制,每个时段的人力需求是: $b_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 即对应时段估计需要的人数。优化资源分配的目标是在满足呼叫中心有较高的应答率的前提下使分配的总的人力资源最小化。

呼叫中心人力分配的主要限制条件是:呼叫中心要有较高的应答率,这就要求任意时刻当有新的呼入时,都要有服务人员。然而实现这个要求并不现实,一般的做法是先预测,然后分配适量人力资源。按照以上问题的描述就是要求在任意一个时段上班的总人数不少于该时段的人力水平。

在建模的过程中为使求解更为方便,进行以下假设:(1)每个班次的上班时段都已经固定,不同的班次的上班时段互不影响。(2)现实的每个时段的呼入量不会大于预测量。目标函数为总的人员上班代价的最小值。由上面的问题描述,定义 $P = \{p_i | 1 \leq i \leq m\}$ 为班次的集合, $Q = \{q_i | 1 \leq i \leq n\}$ 为时段的集合,一个话务员上班次 p_i 的代价为 c_i , b_i 为时段 q_i 所需的最小话务员数。由集合覆盖模型^[7],若时段 q_i 上有班次 p_j 的人员上班,记作 $p_j \diamond q_i$,那么由此可以定义一个矩阵 A ,其中:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & p_i \diamond q_j, p_i \in P, q_j \in Q \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

此模型将班次方案的求解转化为一个整数线性规划问题:

$$\begin{cases} \min \sum_{p_i \in P} c_i x_i \\ \text{s. t. } \sum_{p_i \in P} a_{ij} x_i \geq b_j, \forall q_j \in Q \\ x_i \in N^+, \forall b_i \in B \end{cases} \quad (2)$$

其中 x_i 为班次 p_i 的话务员数, N^+ 为非零的自然数集合。由上述的转化可将限制条件改写成下面的矩阵形式:

$$AX \geq B$$

其中 $A = (a_{ij})_{n \times m}$, $X = (x_1, \dots, x_m)'$, $B = (b_1, \dots, b_n)'$ 。

2 蚁群算法原理

蚁群算法原理如下:如图1所示,蚂蚁在离开A点寻找食物的过程中,每一只蚂蚁都会在自己身后留下一定量的信息素(pheromone),用于提示自己回巢的路径,并为其提示食物的方向。当它们碰到一个还没有走过的路口时,就随机地选择一条路径前行,同时释放出与路径长度有关的信息素。蚂蚁走的路径

越长,则释放的信息量越小。当后来的蚂蚁再次碰到这个路口的时候,选择信息量较大的概率相对较大,这样便形成了一个正反馈机制。最优路径上的信息量便会越来越大,而其他路径上的信息量却会随时间的增加而逐渐减少,最终整个蚁群便会找到最优路径。

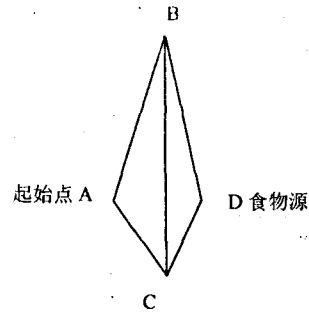


图1 蚂蚁觅食示意图

在图1中,设蚂蚁要经过A点到D点觅食,BC为一障碍物。由于障碍物的存在,蚂蚁只能经过B或C,然后到达D。假设有两只蚂蚁从A出发到D觅食,蚂蚁m经过B到达D,而蚂蚁n经过C到达D,因为路径ABD的长度大于路径ACD的长度。所以在蚂蚁速度相同的情况下,n回到起始点A时,m还在路上,此时路径ACD的信息量要高于ABD的信息量,所以后续的蚂蚁将以更大的概率选择路径ACD^[8]。

2.1 算法描述

基于蚁群算法的算法描述如下:先根据实际情况预测各个班次的实际分配的人数的范围,班次按照一定的顺序排列,一个班次作为一个节点的集合,集合里的元素则是该班次可供选择的值,蚂蚁按照节点排列的顺序遍历各班次(每个班次有多个元素,但每次只访问一个元素),根据信息素的强度选择下一班次里的元素。在每个班次都选择一个可行的元素(值)之后,根据要求判断该路径上的元素组合是不是满足约束条件,然后做相应处理。

蚂蚁转移时的转移可能性与轨迹信息素强度成正比,也就是说,在满足约束的条件下总和越小,轨迹信息素强度越大,越容易被选择;走过的蚂蚁越多,在路径上留下的轨迹信息素量越多,轨迹强度就越强,同样也容易被选择。经过多次循环后,所有的蚂蚁所走的路就必然相同,这也就是最佳路径,也即是最优的元素组合。

类似于旅行商问题,呼叫中心的人力资源分配问题可用如图2的有向图表示 $G = (M, E)$ 。其中, M 是所有节点(大节点)的集合表示参加排班的班次,这些节点可有多个可选的值,可选值的范围由具体的问题确定,将班次顺序排列,相邻的班次的可选值(小节点)按全相连的方式连接。每条弧值 τ_{ij} 表示第 i 个节

点选择第 j 个值的信息素数量。人工蚁在图 G 中搜索,通过顺序遍历图中所有大的结点(遍历时只在大结点中选取一个作代表)来构造问题的解。因而问题可转化为在图 $G = (M, E)$ 选取一个最佳路径问题。算法的流程图见图 3。

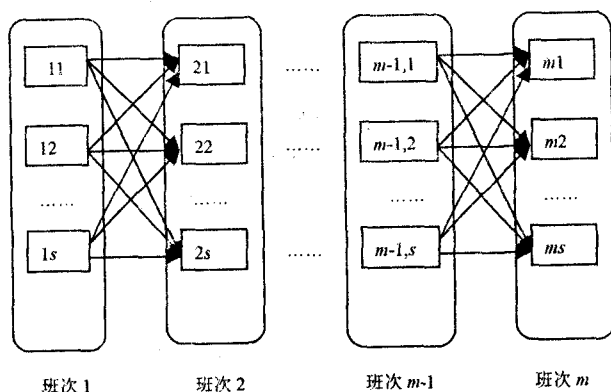


图2 人力资源分配的图形化定义

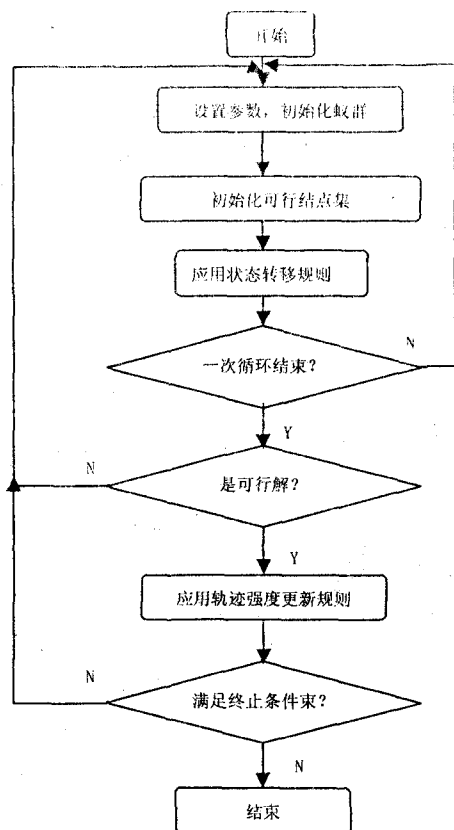


图3 算法流程图

2.2 状态转移规则

在搜索过程中,蚂蚁根据下一班次中各个可供选择的值的信息量及路径的启发信息来计算状态转移概率。 $P_{ij}^k(t)$ 表示在 t 时刻蚂蚁 k 选择第 i 班次的第 j 个可选值的选择概率:

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha * [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{k=1}^s [\tau_{ik}(t)]^\alpha * [\eta_{ik}(t)]^\beta} \quad (3)$$

其中, α 代表信息素浓度的权重, β 代表可选结点信息的权重, $\tau_{ij}(t)$ 表示 t 时刻班次 i 的第 j 个可选值的信息素, $\eta_{ij}(t)$ 是指 t 时刻班次 i 中选择第 j 个值的启发程度,由某种启发算法确定,文中使用的启发式算法是根据选择的值的大小与该路径的比值关系,其中 s_i 为第 i 个班次选择的值,即:

$$\eta_{ij}(t) = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^m s_i} \quad (4)$$

2.3 轨迹强度的更新规则

在基于蚁群算法的人力资源分配算法中,所有班次的可选值的信息素只在每次遍历之后更新,即利用整体信息进行更新。对于遍历之后不是可行解的,对其进行惩罚,可以引导其他蚂蚁远离该解,避免该解的组成部分组合成其他解,从而加速算法的收敛。信息素更新根据公式如下:

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t) \quad (5)$$

式(5)第一部分表示每一代蚂蚁走完全程后所有信息素挥发, ρ 是挥发系数;第二部分表示信息素的修改,具体计算方法在式(6)中给出:

$$\Delta\tau_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L}, & \text{若此次循环中经过第 } i \text{ 班次的第 } j \text{ 个值,且该次循环的值满足排班要求} \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (6)$$

根据一次循环后的组合是否满足排班要求,对信息素做相应处理。 Q 是信息素强度, L 表示此次循环所选值的总和,也即人力代价总和。

初始状态的各班次的可选值的信息素随机给出,其中 $\Delta\tau_{ij}(t)$ 的计算如下。

2.4 详细步骤

详细步骤如下:

(1) 初始化待排的班次集合以及节点图中各班次的可选值对应的信息素。

(2) 根据算法规定的数量放出蚂蚁,蚂蚁的初始出发点随机置于第一个班次的可选值上,初始化结点集。

(3) 计算蚂蚁在当前班次的可选值的信息素强度和启发式信息素强度,根据状态转移规则筛选出蚂蚁下一班次要选择的值。在目标选取过程中,借鉴遗传算法中的轮盘方法(roulette wheel)进行选择^[9]。

(4) 一次循环结束后根据所选的各个班次的系数判断每个时段是否均满足要求(每个时段分配的话务员数都应该大于该时段的预测量)。如满足要求,根据规则更新信息素;否则,转向(3)。

(5) 如果达到最大搜索次数,则输出目前最优解;否则转向步骤(2)。

3 实验仿真及结果分析

文中按照参考文献[1]中取得试验中所需的时段和班次的安排:假设共有16个时段,有10种可选的班次。各个时段的需求量也取自该文献。所用评价指标:最小人力代价: $\min \sum c_i x_i$,式中 c_i 为一个话务员上班次 k_i 的代价, x_i 为工作于班次 k_i 的话务员数。

算法参数:蚁群群体大小 $Z=50$,迭代次数为100代, $Q=30000$, $\alpha=6$, $\beta=6$, $\rho=0.6$ 。测试结果如表1所示(注:取10次结果的平均值)。

表1 实验结果

编号	最优值	平均值	最差值	理论最优值
1	173	180.2	200	170
2	310	322.5	340	305

从表1中可以看出,使用蚁群算法解决呼叫中心人力资源分配时算法求得平均值与最优值误差在10%内,这样的误差是可以接受的。

4 结束语

提出了基于蚁群算法的呼叫中心人力资源分配算法。在该算法中,利用信息素表征单个解的性能,通过奖惩机制,使其反映加组合解的优劣,通过信息挥发机制,淘汰劣质解。仿真表明,该算法可以有效解决呼叫

中心人力资源分配问题。

参考文献:

- [1] 吴佳骥,黄刘生,吴俊敏,等.一种多技能呼叫中心人力需求的计算模型[J].上海交通大学学报,2007,41(7):1170-1175.
- [2] Dorigo M, Gambardella, Maria L. Ant colonies for the traveling salesman problem[J]. Biosystems, 1997, 43(2): 73-81.
- [3] 李勇,段正澄.动态蚁群算法求解TSP问题[J].计算机工程与应用,2003(17):106-109.
- [4] 王秀宏,赵胜敏.利用蚂蚁算法求解图的着色问题[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2005,26(3):79-82.
- [5] Korose P, Silc J, Robic B. Solving the mesh-partitioning with an ant-colony algorithm[J]. Parallel Computing, 2004, 30(5-6): 785-801.
- [6] Jensen R, Shen Q. Fuzzy-rough data reduction with ant colony optimization[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2005, 149(1): 5-20.
- [7] 葛洪伟,高阳.基于蚁群算法的集合覆盖问题[J].计算机工程与应用,2007,43(4):49-50.
- [8] 段海滨.蚁群算法原理及其应用[M].北京:科学出版社,2005:24-26.
- [9] 徐宗本,张讲社,郑亚林.计算智能中的仿生学:理论与算法[M].北京:科学出版社,2003.

(上接第203页)

器,相当于一个监控Agent群,负责启动和终止传感元。传感元管理器把传感元提供的有关资源信息注册到目录服务,对目录服务中可用传感元的注册信息进行处理。

(3)网络预测服务(Network Weather Service, NWS):网络预测服务是通过GRAM接口收集瞬时信息(信息的采集与传递是通过移动Agent来实现的),再通过选择合适的数学模型,对网格环境中的各种网格计算资源进行动态准确预测^[8]。

(4)协同决策代理:协同决策代理是监控代理的一种,通过查询网络预测服务NWS,分析所获得的信息,把移动Agent迁移到合适的资源上执行,实现资源的动态自适应管理。

4 结束语

叙述资源管理的概念和目的,介绍三种不同的网格资源管理系统,系统地阐述不同资源管理模型的特点,并比较它们的优点和缺点。文中将经济方法引入资源配置,以更有效地解决多个自利个体间资源分配问题。此外,文中还引入移动Agent技术以实现全局的目录服务和动态资源负载平衡。

参考文献:

- [1] 孙渝,李志平.网格资源管理体系结构模型研究[J].计算机工程与应用,2003(17):26-29.
- [2] Buyya R, Abramson D, Giddy J. Nimrod-G: An Architecture for a Resource Management and Scheduling System in a Global Computational Grid[C]//HPC Asia 2000. Beijing, China: IEEE Computer Society Press, 2000.
- [3] Buyya R. Economic-Based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing[EB/OL]. [2002-04]. <http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0204/0204048.pdf>.
- [4] 何炎祥,陈萃萌.Agent和多Agent系统的设计与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2001.
- [5] 郑磊,刘方爱.网格环境中资源发现与监视机制的研究[J].计算机技术与发展,2006,16(1):83-86.
- [6] Zhang Wen-sheng, Cao G. Group rekeying for filtering false data in sensor networks: a predistribution and local collaboration-based approach[C]//Proceedings of IEEE INFOCOM. New York: IEEE Communications Society, 2005.
- [7] Chan Hao-wen, Perrig A. PIKE: peer intermediaries for key establishment in sensor networks[C]//Proceedings of IEEE INFOCOM. New York: IEEE Communications Society, 2005.
- [8] 林杰,顾东升.基于移动Agent的网格计算资源管理[J].计算机工程与应用,2006,42(31):133-135.