

基于粒子群算法的多应急点资源调度研究

左春荣, 周玉琴

(合肥工业大学 管理学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 分析多应急点多出救点以及多资源的应急调度问题, 且考虑实际的应急资源调度时间会受到影响, 故加入联系数进行分析, 建立应急最早开始时间和出救点数最少为目标函数的模型. 运用粒子群算法求解, 最后构造数值算例, 验证了所建立模型的合理性和粒子群算法的可行性.

关键词: 资源调度; 多应急点; 联系数; 粒子群算法

中图分类号: O221.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)07-0135-03

Multiple Emergency Point Resources Scheduling Research Based on Particle Swarm Optimization

ZUO Chun-rong, ZHOU Yu-qin

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Analyzing multiple emergency point, multiple save point and multiple resources, and considering the actual emergency resources scheduling time will be affected, so join connection number for analysis, we establish a emergency scheduling model base on the earliest start time and minimum save point. Using particle swarm algorithm solving this model, finally tectonic data example verified by the rationality of the model is built and particle swarm algorithm is feasible.

Key words: resources scheduling; multiple emergency point; connection number; particle swarm algorithm

1 引言

近年来突发事件日益增多, 尤其是自然灾害频频发生如地震. 由于突发事件不能完全有效避免, 所以事后采取的应急措施也就尤为重要. 从而应急资源调度的优化问题得到众多学者的重视.

目前研究应急资源调度的方法有很多: 有一些学者将不确定因数考虑在内, 如 Barbarosoglu 等研究了在应急时间最短的情况下, 考虑最小费用的两阶段应急资源调度模型^[1]; 刘春林等采用模糊规划的方法研究应急时间最短、出救点最少的多目标数学模型的求解问题^[2]. Ozdama 等建立了以各受灾点总缺货量最小的目标函数但其目的也是使得运输时间最小化^[3]. Gupta 和 Shetty 通过建立非合作博

弈模型探讨多灾点公平合理调度资源的方案^[4-5]. 魏国强等以应急开始时间最早、出救线路及出救点数最少的单资源调度方案^[6]. 胡飞虎等针对多资源多点出救多目标应急调度问题的特点, 建立了一种以时间最短、成本最小为目标的数学模型, 并应用模糊理想点法作为多目标模糊判决的算法求解该问题^[7]. 潘郁等建立以损失最小和出救点个数最少为目标, 但是将损失量转化为应急时间长短来衡量, 运用了理想点法求解问题^[8].

现有的对于应急资源调度问题大多考虑单应急点或单出救点, 本文以在应急时间最短的前提下要求出救点数最少为目标函数, 考虑实际的应急资源调度时间的不确定性, 建立多应急点多出救点的应急资源调度模型.

收稿日期: 2011-12-07; **修回日期:** 2012-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(90924021)

2 问题描述及假设

假设某一突发事件发生之后,有多个应急点需要救援,出救点的位置已知.在进行应急资源调度过程中,考虑交通拥挤或突发事件发生后对路段的损坏等状况,使得实际的调运时间是不确定的,故本文引入系数 λ 来表述,系数的相关知识参见文献[9].由于从出救点到应急点有多种方案,应急资源的调运还需要考虑路径的选择问题,所以路径的选择与 λ 的约束可能会导致理论上距离着应急点最近的出救点却不承担主要的救援任务.

假设 1:每个应急点需要的资源数量是确定的,且必须所有资源都到达后才能进行救援,且出救点的资源供应量充足.

假设 2:应急资源全部到达后的时间为应急开始时间.

假设 3:突发事件发生的这段时间内,各出救点间不存在相互的资源的调度与补给.

A_i :第 i 个需要救援的应急点($i=1,2,\dots,n$);

B_j :第 j 个储存资源的出救点($j=1,2,\dots,m$);

X_k :每个应急点需要的 k 种资源($k=1,2,\dots,s$);

t_{ij} :资源从出救点 B_j 到 A_i 的正常运输时间;

s_{ij} :由于路途中交通堵塞等不确定性所引起的波动时间;

λ :出救点到应急点时间的不确定性因素,在区间 $[-1,1]$ 内取值;

t'_{ij} :资源从出救点 B_j 到 A_i 的实际运输时间;

x_{kj} :出救点 B_j 能提供资源 X_k 的数量;

x_k :应急点 A_i 需要资源 X_k 的数量;

x'_{ij} :从出救点 B_j 向应急点 A_i 提供的 X_k 资源量;

v :应急资源的消耗速率,为方便计算,假定所有资源的消耗速率相同;

y_j :0-1 变量.当出救点 B_j 参与救援时取 1,否则为 0.

3 建立模型

$$\min \sum_{i=1}^n (\max_j t'_{ij}) \quad (1)$$

$$\min \sum_{j=1}^m y_j \quad (2)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{i=1}^n x_k \leq \sum_{j=1}^m x_{kj} \quad (3)$$

$$t'_{ij} = t_{ij} + s_{ij} \lambda \quad (4)$$

$$x'_{ij} (1 - y_j) = 0 \quad (5)$$

$$y_j = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad (6)$$

$$(i=1,\dots,n; j=1,\dots,m; k=1,\dots,s)$$

模型说明:

(1)为目标函数表示所有参与 A_i 资源救援的出救点 B_j 到应急点的 A_i 最大时间的和,即各应急点 A_i 的应急开始时间之和,表示所有应急点应急的最早时间.

(2)表示应急点需求的资源都达到满足的情况下要求参与救援的出救点个数最少.

(3)是应急资源总量约束,所有出救点的资源总量要大于等于各应急点所需求的资源量.

(4)是从出救点到应急点的实际救援时间.

(5)是保证了 x'_{ij} 和 y_j 的一致性,当 x'_{ij} 大于 0 时 y_j 为 1.

(6)表示 0-1 变量.当出救点 B_j 参与救援时取 1,否则为 0.

模型求解:

由上面的模型可以看出这是个多目标规划问题,可以运用粒子群法对该模型进行求解.粒子群算法是从随机解出发,通过迭代寻找最优解.

第 k 步时第 i 个粒子在 m 维空间的位置向量为 $X_i^k = \{x_{i1}^k, x_{i2}^k, \dots, x_{im}^k\}$,适应函数根据题设要求定义应急时间 $T_i^k = T(X_i^k)$,第 i 个粒子本身所找到最好解的位置为 $P_i^k = \{p_{i1}^k, p_{i2}^k, \dots, p_{im}^k\}$, $G^k = \{g_1^k, g_2^k, \dots, g_m^k\}$ 为整个粒子种群目前找到的最好解的位置,每个粒子对应的速度为 $V_i^k = \{v_{i1}^k, v_{i2}^k, \dots, v_{im}^k\}$.则第 i 个粒子根据以下公式更新其速度和位置为

$$V_i^{k+1} = \omega V_i^k + c_1 \xi (P_i^k - X_i^k) + c_2 \eta (G^k - X_i^k) \quad (7)$$

$$X_i^{k+1} = X_i^k + r V_i^{k+1} \quad (8)$$

式中, ω 是保持原来速度的系数,叫做惯性权重惯性因子, c_1 和 c_2 表示群体认知系数,一般取 $[0, 2]$ 之间的随机数. ξ, η 是 $[0, 1]$ 区间内均匀分布的随机数. r 是位置更新的时候,在速度前面加的一个系数,称为约束因子,通常设置为 1.

鉴于本问题模型的数学结构,设计粒子群优化算法步骤如下:

① 初始化粒子群,设定群体规模 n ,迭代次数 N ,随机产生初始解;

② 计算每个粒子的适应度值;

③ 对每个粒子,如果适应度值比个体极值 P_i^k

更好,则将其作为粒子的个体极值;

④ 对每个粒子,适应度值和全局极值 G^k 比较,如果更好,则将其作为当前的全局最好位置;

⑤ 根据公式(7),(8)更新粒子的速度 V_i^k 和位置 X_i^k ;

⑥ 如果到达最大循环次数退出,否则返回②。

4 算例

本文随机构造一个算例验证,当某一突发事件发生后,有4个应急点,出救点个数 m 为10,粒子群

规模 n 为3,应急资源的消耗速率为1,每个应急点对资源的需求也不一样,迭代上限为1000次,具体如表1所示。

运用 Matlab 软件进行运算,得到如表2的应急方案。应急开始时间为 $41+5.6v$,对不确定数 v 的取值有多种方法^[9],常取 $v=\frac{41}{41+5.6}\approx 0.880$ 。这是应急最早开始时间为45.928,出救点数为5,出救点分别为 B_2, B_3, B_5, B_7, B_8 。结果表明用粒子群法来解决这个问题是可行的。

表1 原始数据表

	B_1 (12,9,8)	B_2 (30,22,14)	B_3 (16,10,12)	B_4 (20,15,17)	B_5 (15,26,33)	B_6 (5,12,9)	B_7 (14,26,18)	B_8 (12,8,21)	B_9 (17,5,8)	B_{10} (6,20,3)
$A_1(30,25,40)$	$3+0.1v$	$3+v$	$10+0.1v$	$18+1.1v$	$4+0.3v$	$5+0.2v$	$13+0.6v$	$9+0.1v$	$10+v$	$12+0.6v$
$A_2(18,30,20)$	$8+0.3v$	$10+0.1v$	$13+1.1v$	$13+0.7v$	$9+1.2v$	$10+1.1v$	$5+0.4v$	$10+0.7v$	$11+0.5v$	$19+0.8v$
$A_3(20,16,18)$	$10+0.4v$	$11+0.9v$	$6+0.5v$	$9+0.2v$	$12+0.7v$	$17+0.9v$	$12+0.5v$	$9+0.9v$	$8+0.2v$	$7+1.3v$
$A_4(19,14,10)$	$12+0.7v$	$12+0.1v$	$8+0.4v$	$6+0.4v$	$15+1.4v$	$14+0.8v$	$7+0.1v$	$13+0.4v$	$13+0.9v$	$6+0.1v$

表2 应急方案

	B_2	B_3	B_5	B_7	B_8	$\max_j t_{ij}$
A_1 (16.3,10,8)		(9.6,18,16)			(4.1,4,16)	9
A_2 (7.5,9,4)		(6.4,8,7)		(4.1,13,9)		10
A_3	(7.5,3,9)			(5.1,6.7,4)	(7.9,4,5)	12
A_4 (6.2,3,2)	(9.4,7,3)			(3.8,6.3,5)		12

5 结束语

本文同时考虑应急开始时间以及出救点个数的多目标应急资源调度问题,具有较强的实际应用背景,体现了突发事件的特殊性。本文应用粒子群算法对模型求解,用随机产生的算例进行验证,结果表明此方法能够满足实际应用需求。

参考文献:

- [1] Barbarosoglu G, Arda Y. A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response[J]. Journal of the Operational Research Society, 2004, 55(1): 43-53.
- [2] 刘春林,何建敏. 应急系统调度问题的模糊规划方法[J]. 系统工程学报,1999,14(4):351-355.
- [3] Ozdamaret A L. Emergency logistics planning in natural disasters [J]. Annals of Operations Research, 2004, 129 (3):217-245.

- [4] Shetty R, Gupta U. An automated decision support system based on game theoretic optimization for emergency management in urban [J]. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 2007, 4(2): 1.
- [5] Shetty R. An event driven single game solution for resource allocation in a mult-crisis environment [D]. Tampa:University of South Florida, 2004.
- [6] 魏国强,景琳. 多应急点资源优化调度模型研究[J]. 统计与决策,2010(2):10-12.
- [7] 孙林岩,胡飞虎. 多资源组合多目标应急调度问题的研究[J]. 微计算机信息,2009,25(7): 9-10.
- [8] 孙敏,潘郁. 多资源复杂网络的应急调度研究[J]. 运筹与管理,2009,18(6):165-169.
- [9] 高淑萍,刘三阳. 基于联系数的多资源应急系统调度问题[J]. 系统工程理论与实践,2003(6):113-115.

作者简介:



左春荣 女,(1968—),博士,教授.研究方向为决策理论与方法研究。

周玉琴 女,(1988—),硕士研究生.研究方向为决策理论与方法研究。