

# 战区装备保障点动态选址决策模型及算法

董鹏<sup>1,2</sup>, 杨超<sup>1</sup>, 冷静<sup>1</sup>

(1. 华中科技大学管理学院, 湖北 武汉 430074; 2. 海军工程大学管理工程系, 湖北 武汉 430033)

**摘要:** 传统的选址决策方法没有考虑需求变化和物价上涨等因素,而在现实情况中这些因素对决策结果的影响很大。针对战区装备保障点动态选址决策问题,建立了相应选址模型,分析了遗传算法、反向传播(Back Propagation, BP)神经网络和模拟退火算法的优缺点,给出了一种基于遗传模拟退火算法的 BP 算法。最后运用该算法对实例进行了分析计算,计算结果验证了该算法的有效性。

**关键词:** 战区装备保障点; 动态选址; 遗传算法; BP 神经网络; 模拟退火算法

中图分类号: F 272

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1001-506X.2011.08.24

## Dynamic locating decision-making model and arithmetic of war zone equipment support system

DONG Peng<sup>1,2</sup>, YANG Chao<sup>1</sup>, LENG Jing<sup>1</sup>

(1. School of Management, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;

2. Department of Management Science, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** Conventional location decision-making methods do not consider such factors as demand variety and price rising, but these factors quite affect decision-making results in practice. Aiming at the problem of dynamic locating of the war zone equipment support system, a corresponding location model is designed, the virtues and flaws of genetic algorithm, back propagation neural network and annealing algorithm are analyzed, and a BP algorithm based on genetic algorithm and simulated annealing algorithm is provided. Finally, this algorithm is applied to calculate an example, the result verifies the correctness of this algorithm.

**Keywords:** war zone equipment support system; dynamic locating; genetic algorithm; BP neural network; simulated annealing algorithm

## 0 引言

随着现代化条件下新军事变革的不断发展,战区装备保障具有准备或然性大、物资消耗多、保障范围广、保障难度大和时效性强等特点。各军兵种的装备保障是分散进行的,实行的是自行保障,这样的保障模式存在保障指挥体系分散、不易协调、保障范围重叠的现象,这就容易延缓保障时间、降低保障效率、增加保障成本<sup>[1]</sup>。因此,需要在已有的客观条件下,在战区装备保障指挥机关的统筹安排下,将各军兵种装备保障集中起来,建设装备集中统一的装备保障点。建设这样的装备保障点,可以实现战区装备保障统一指挥、综合协调,有利于减少保障时间、提高保障效率、降低保障成本。

战区装备保障点选址,是指在一个具有若干需求点的区域内,选一个地址设置保障点的规划过程。较佳的保障点选址方案是使装备通过对保障点的汇集、中转、分发,直

至输送到需求点全过程的效益最好。战区装备保障点拥有众多建筑物、构筑物以及固定机械设备,一旦建成很难搬迁,如果选址不当,将付出长远代价。因而,战区装备保障点的选址是保障点规划中至关重要的一步。战区装备保障点选址决策,即确定按规定建设多少个保障点,实现战区范围内的装备保障,在这些保障点选择中,是全部重新选择,还是建设一部分新的保障点并保留一部分保障点,这些都是装备保障需要研究的问题,这些问题也是保障点选址决策问题,解决好这些问题,可以在保障点的保障能力有限的情况下,使战区装备保障能力得到最大发挥,实现战区范围内战区装备的保障,对于提高战区装备保障能力,有着重要的理论和现实意义。

现代选址研究起于 1909 年,当时 Alfred Weber 为解决如何为单个仓库选址使得仓库到多个顾客间的总距离最小的问题,在欧氏空间里建立了一个 1-中位问题模型,就是著名的 Weber 问题。选址问题有一些约定俗成的叫法,分

别是P-中位问题、覆盖问题和P-中心问题,这些问题都是20世纪六七十年代最早被较系统地研究的,称之为基本选址问题,后来的选址问题基本上都是以这3个问题为出发点而提出的。近年来,基本选址问题仍然是研究的热点和基础,如:文献[2]研究了动态P-中位问题;文献[3]对大规模P-中心问题给出了启发式算法,对一些著名的问题进行了计算分析;文献[4]研究了产品会随时间变坏或变好时的动态集覆盖问题;文献[5]对最大期望覆盖问题中排队与非排队的情况进行了对比;文献[6-7]讨论比传统最大覆盖问题更加一般化的最大覆盖问题,并给出了拉格朗日松弛算法;文献[8]讨论了部分覆盖问题,对覆盖程度进行了定义;文献[9]在选址问题的遗传算法(genetic algorithm, GA)应用研究时介绍了最大覆盖问题GA的操作策略。在基本选址问题的基础上考虑其他因素就形成了扩展选址问题。由于扩展选址问题是由不同的分类方法根据实际应用需要组合而成,所以各类型之间存在较大的交叉。文献[10]研究了多阶段带容量限制的服务站选址问题;文献[11]总结了网络上带容量限制的服务站选址问题的各种模型;文献[12]提出了一种基于集剖分的方法来求解容量限制的选址问题;文献[13]研究了单分配P-Hub选址问题;文献[14]研究了受等待时间或排队约束的多服务中心选址一分配问题;文献[15]以救护车为背景的选址一分配问题研究现状进行了总结。

在传统的选址决策中,多是静态选址,很少考虑需求变化和物价上涨因素。本文研究的是战区装备保障点选址决策问题,由于战区装备保障点选址不同于地方物流设施的选址,在研究其选址问题时,要充分考虑到其选址的特殊性,即把保障的及时性放在第一位,成本放在第二位,因此本文研究广义最大覆盖模型和时间满意度函数,建立基于时间满意的广义最大覆盖选址模型,解决保障点器材保障的及时性;建立动态选址模型,解决保障点器材保障的成本最小化问题,最终建立基于时间满意度的保障点广义最大覆盖动态选址决策模型,同时解决战区装备保障的及时性和成本最小化问题;文中考虑需求变化和物价上涨,研究战区装备保障点动态选址决策模型,提出混合算法求解该模型的最优解,并用实例证明算法的有效性和可靠性。

## 1 战区装备保障点动态选址问题分析

对于战区装备保障点的选址,面临的决策问题通常是:需要几个保障点;各自的选址地点应该在哪里;每一保障点对应的服务区域如何划分。当战区装备保障指挥机关在一个较长的规划期内确定其战区装备保障点的选址布局时,为了保证各年的选址是最优的,需要确定一个随时间变化的选址布局,这就是动态选址。这种选址方法与只在单一年度内寻找最佳的数量、规模、位置的静态选址是不同的。

可以把动态选址看作随时间变化的多阶段决策问题,每一阶段的选址决策不但决定本阶段的效果,也影响到整个后续阶段的效果。因此,运用动态规划法可以求解规划

期内随时间变化的最优选址布局方案,而这种序列结构的决策问题有这样一个特点,即整个问题中一个部分问题的决策指挥影响该部分问题后续部分问题的决策,不会影响该部分问题以前部分问题的决策。动态规划法求解的基本思想是:将一个比较复杂的问题分解为一系列同一类型的较易求解的子问题,先按照整体最优的思想逆序求出各个阶段的最优决策,然后再按顺序得出整个问题的最优解<sup>[16]</sup>。

战区装备保障点从一种布局形式转换到另一种布局需要支付一定的转移成本。如果投资建造新的保障点,由于建造的初期投资费用大,选址方案一经确定后,在较长的期间内一般不会改变原有的选址布局。但是在能够对需求点提供所需的保障服务(即新的选址地点能够对规定范围内的需求实现最大覆盖)的前提下,采用新的选址方案所带来的成本节约大于转移成本时,就应该考虑更换新的选址<sup>[17]</sup>。因此战区装备保障指挥机关可以根据规划期内战区部队装备需求量和费用水平的变化预测,在静态选址模型结果的基础上,运用动态规划法来求解最优选址方案的时间变化轨迹。

## 2 战区装备保障点动态选址模型分析

### 2.1 模型假设

战区装备保障点动态选址有如下基本假设:

- (1) 仅在一定的备选范围内考虑新的保障点设置;
- (2) 一个需求点只由一个保障点进行保障;
- (3) 装备的需求是随时间变化的,但是可知的,服从特定分布函数;
- (4) 战区装备保障点在建立后是开放的,除非损毁、转移;
- (5) 战区装备保障点的能力是有限的,即假设保障点能满足部队一切需求;
- (6) 候选地点的建设和运输成本是随时间变化的,服从通货膨胀,但是可以计算。

### 2.2 模型建立

建立战区装备保障点动态选址模型,是在一定时期内,满足对一定范围内所有装备需求点的需求保障,使保障点的建设成本和运输成本最小。设在时间期 $[0, T]$ 内,  $I = \{1, 2, \dots, m\}$  表示装备需求点集,需求点  $i (i \in I)$  的需求量是依赖时间的函数  $a_i(t)$ ,  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  表示可能建立的保障点集,  $C(t) = \{c_1(t), c_2(t), \dots, c_j(t)\}$  表示战区装备保障点建设成本集,也是依赖于时间的函数,  $R_j$  为 0-1 变量,取 1 是表示保障点  $j$  被选中,否则未被选中,  $P$  为可选保障点的上限。设选址网络  $G = (N, E)$ ,  $N$  是节点集合 ( $|N| = n$ ),  $E$  是边集合,  $S$  表示保障点选址集合,令  $\omega_{ij}$  表示保障点  $i$  到需求点  $j$  的单位运输费用。在战区装备保障点选址中,既要使每个需求点  $i$  的需求都要被满足,又要求建设成本和运输成本总费用最小,因此目标函数和约束条件如下。

$$\begin{aligned} \min & \left\{ \sum_{i \in T} \sum_{j \in S} c_j R_j + \sum_{i \in T} \sum_{i \in I} \sum_{j \in S} \omega_{ij} a_i(t) d(S, i) \right\} \\ \text{s. t.} & \sum_{j \in S} R_j \leq P \end{aligned}$$

### 3 混合算法及其步骤

在启发式算法中,反向传播(back propagation, BP)神经网络适用于局部搜索,它只能在起始点附近的区域找到最优解,要获得全局最优解只能依靠选择幸运的起始点<sup>[18]</sup>,而全局搜索方法——GA 和模拟退火(simulated annealing, SA)算法却总是能找到全局最优解<sup>[19-21]</sup>,本文运用动态规划法,将一定时期内的动态选址问题分解为每一年的静态选址问题来进行求解,在静态选址问起求解中,利用 GA 和 SA 算法的优化性能,结合 GA 的并行搜索结构和 SA 算法的概率突跳特性,研究将其同 BP 算法结合,形成一个混合算法——基于 GA、SA 算法的 BP 算法,求得问题的最优解,然后将每一年的最优解进行组合,得到动态选址问题的最优解。将此算法运用到战区装备保障点广义最大覆盖模型求解中,可以有效提高求解的收敛速度和最优解的精度。

基于 GA、SA 算法的 BP 算法利用了不同的邻域搜索结构。混合算法结合了 GA、SA 算法搜索和 BP 神经网络,优化过程中包含了 GA 的复制、交叉、变异和 SA 算法的状态产生函数、BP 神经网络的权值优化等不同的邻域搜索结构。复制操作体现了优胜劣汰的思想,交叉操作有利于后代继承父代的优良模式,高温下的 SA 操作有利于优化过程中状态的全局大范围迁移,变异和低温下的 SA 操作有利于优化过程中状态的局部小范围趋化性移动,BP 神经网络的学习能力,有利于算法的快速精确收敛<sup>[22-25]</sup>。从而增强了算法在解空间中的探索能力和效率,该算法操作的流程如图 1 所示。

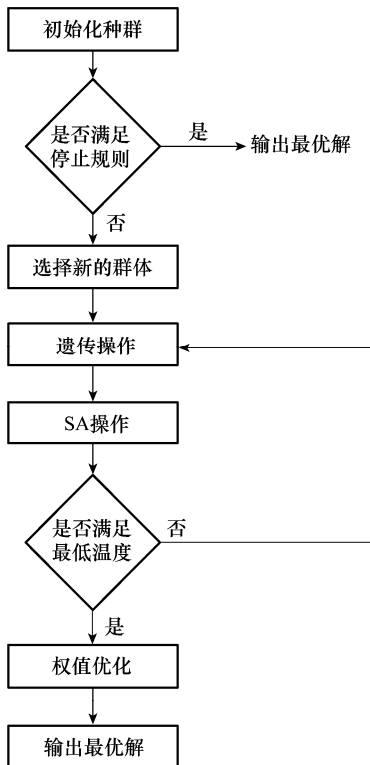


图 1 基于 GA 与 SA 算法的 BP 算法流程

算法求解步骤如下:

#### 步骤 1 编码

多层前向神经网络的拓扑结构中,输入层和输出层节点个数  $n, m$ , 由实际问题所决定,因此网络的设计即确定网络的隐含层数、各层隐节点数和连接权阈值。为使问题简单起见,文中只研究单隐含层的神经网络,同时同层神经元之间的输入与输出之间无连接。

采用实数编码方式,码串由 5 部分组成:隐含层节点数,隐含层与输入层连接权值,输出层与隐含层连接权值,隐含层阈值,输出层阈值。其中除第一部分外,其余都是各层节点所对应的所有权阈值的级联串。但是由于隐节点个数不定,所以码串长度是可变的,会给交叉操作带来不便。为保持个体长度的一致性,保证交叉、变异时子代个体的完整性,取码串的最大可能长度,即确定隐节点的最大可能值  $H_{max}$ , 然后进行编码。码串长度为  $L = (n + m + 1) \times H_{max} + m + 1$ , 这样码串就包含了网络拓扑结构和连接权值的所有信息。

#### 步骤 2 问题的表示和初始化

由于保障点个数有限,采用浮点向量表示法表示选址决策最优化问题的解。每一个染色体用一个浮点向量表示,其长度与解向量相同。这里用向量  $F = (f_1, f_2, f_3, \dots, f_j)$  表示最优化问题的解,则相应的染色体也是  $V = (f_1, f_2, f_3, \dots, f_j)$ , 其中  $f_j$  为选取第  $j$  个保障点作为战区装备保障点,  $j(j \leq n)$  为所选保障点的个数。染色体的初始种群通过在  $(0, 10)$  范围内产生随机数序列,并根据总经费和最大覆盖水平来检验每个染色体的合法性,直至产生  $pop\_size$  个合法染色体。确定初温,随机产生一组状态,计算两状态间最大目标差  $|\Delta_{max}|$ ,再依据差值,用函数  $t_0 = -\Delta_{max} / \ln p_0$  确定初温,  $p_0$  为初始接受概率,若  $p_0$  接近 1, 则算法将以同等概率接受任意状态。

#### 步骤 3 选择新群体

若满足停止规则,停止计算;否则,在当前群体中的每一个染色体  $i$  的邻域  $N(i)$  中随机选一状态  $j \in N(i)$ ,按  $A_{ij}(t_k) = \min \{1, \exp[-(F_j - F_i)/t_k]\}$  (SA 算法中的接受概率)接受或拒绝  $j$ ,其中  $F_i$  为状态  $i$  的目标值。在这一阶段并不需要迭代很多次便可选出新群体。此步骤群体选择比 GA 中选择的范围要大,要采用这种方法随机选取,这也是 SA 算法区别于 GA 的一个特征。

#### 步骤 4 适应度函数 $f$ 和误差能量函数 $E$

按照 SA 的特征,定义适应度函数为

$$f_i(t_k) = \exp[-(F_i - F_{min})/t_k]$$

式中,  $F_{min}$  为新群体中目标函数的最小值;  $t_k$  为当前温度,由适应函数决定的概率分布从群体中随机选取染色体后又形成新种群;同时  $f_i(t_k)$  是个很好的加速适应函数,当温度高时加速不明显,温度低时加速非常明显,正是利用此特性可以提高搜索速度。

在网络学习中,定义误差能量函数为  $E$ , 则有

$$E = \sum_{i=1}^M \frac{1}{2} (d_i - y_i)^2$$

式中,  $M$  为训练样本的数目;  $y_i$  为第  $i$  个输入样本下的 BP 神经网络的输出;  $d_i$  为相应的期望输出。

**步骤 5 遗传操作**

(1) 选择过程

选择过程以旋转赌轮  $pop\_size$  次为基础。每次旋转都为新的种群选择一个染色体, 种群按每个染色体的适应度进行染色体的选择。计算所有个体适应度值, 将双亲和后代按适应度值大小顺序排列, 选择前  $pop\_size$  个染色体作为新一代种群。

(2) 交叉操作

交叉算子在遗传操作中起核心作用, 通过交叉, GA 的搜索能力得以飞跃提高。以概率  $P_c$  进行交叉运算,  $P_c$  随着适应值的变化自适应调整。调整算法为

$$P_c = \begin{cases} k_1 \frac{f_{\max} - f_c}{f_{\max} - f_{\text{avg}}}, & f_c \geq f_{\text{avg}} \\ k_2, & f_c < f_{\text{avg}} \end{cases}$$

式中,  $f_c$  为交叉前父代双亲中适应值大者;  $f_{\max}$ 、 $f_{\text{avg}}$  为群体最大适应值及平均适应值;  $k_1$ 、 $k_2$  为小于 1 的常数。

交叉时由于码串选取的是最大可能长度, 所有个体长度相等, 所以不会产生混乱现象, 可保证交叉操作的正常进行和子代个体的完整性。

(3) 变异操作

变异是遗传操作中的辅助算子, 与交叉算子相互配合, 使 GA 兼具全局和局部搜索能力。当 GA 通过交叉算子已接近最优解邻域时, 利用变异算子可以加速向最优解收敛。按变异概率  $P_m$  随机选择变异个体, 变异位置的确定由随机的方法产生。  $P_m$  随着适应值的变化自适应调整的算法为

$$P_m = \begin{cases} k_3 \frac{f_{\max} - f_m}{f_{\max} - f_{\text{avg}}}, & f_m \geq f_{\text{avg}} \\ k_4, & f_m < f_{\text{avg}} \end{cases}$$

式中,  $f_m$  为需变异的个体的适应值;  $f_{\max}$ 、 $f_{\text{avg}}$  为群体最大适应值及平均适应值;  $k_3$ 、 $k_4$  为小于 1 的常数。

**步骤 6 自适应代沟的替代**

执行完遗传操作后, 新产生的子代个体, 与父代个体之间, 采用自适应代沟的替代策略<sup>[21]</sup>, 即将父代个体与子代个体分级, 父代中所有适应度低于子代同级个体适应度的个体全部被替换。具体过程如下:

(1) 将父代和子代个体分别根据适应度值的大小排序;

(2) 比较父子两代中的排序相同的个体, 保留两者中的高适应度个体。在平均适应度提高较多的子代, 会有更多的个体来代替父代, 而平均适应度提高较少的子代, 其父代就会有更多的个体被保留, 这样群体的平均适应度和最大适应度逐代增大, 加快了收敛速度, 也保证了个体的多样性, 避免了早熟收敛, 提高了群体中个体的有效信息含量,

提高了算法搜索全局最优解的能力。而且经过父代与子代之间的继承与相互竞争, 产生了大量具有广泛适应性的鲁棒性结构, 算法的收敛速度和求解质量也大大提高。

**步骤 7 权值优化及终止条件**

此问题中可采用退温变化遗传终止条件。当模拟的退火温度达到最低温度, 遗传自动终止, 选择适应度最大的个体, 根据隐含层节点数, 选择对应的码串长度, 将其解码赋给网络, 作为 BP 网络的初始权值和阈值, 从而得到初始权值矢量  $\mathbf{W}(0)$ , 在此基础上采用 BP 算法对此权值进行优化, 进而寻到网络的最优解, 最优解向量中对应的数据即为选址决策中最优保障点。否则返回到步骤 3, 进行循环操作, 再选出最好的染色体作为最优解。

**4 实例分析**

设某战区装备保障指挥机关计划在时间期  $[0, 4]$  年内, 其管辖范围内有装备需求点 8 个, 各需求点的需求变化如表 1 所示, 现有 5 个地点可能建立保障点, 各保障点到需求点的单位运输成本如表 2 所示。设各保障点建设成本如表 3 所示, 资金折现率为 10%, 转移成本为 10.00 万元。求在覆盖所有需求点的同时, 选取哪几个地点作为保障点, 能使得保障点总建设成本和到各需求点的总运输成本的总费用最小。

表 1 各需求点的需求量变化

$i$	$a_i(t)$	$i$	$a_i(t)$
1	50	5	12t
2	5+10t	6	20+4t
3	50-0.3t <sup>2</sup>	7	100
4	15+5t	8	100-0.9t <sup>2</sup>

表 2 各候选保障点到需求点的单位运输成本 万元

$C_{ij}$	$j$					$d_i$
	1	2	3	4	5	
1	2.0	0.5	2.4	0.4	0.6	40
2	0.7	1.0	2.0	1.2	1.6	70
3	1.4	2.5	1.6	1.4	1.1	110
4	0.5	1.8	2.1	1.8	1.8	50
5	1.8	0.9	1.1	2.0	0.7	70
6	2.5	1.0	0.6	0.7	0.8	60
7	1.7	1.2	1.3	0.8	2.2	80
8	1.2	0.7	0.6	1.9	1.7	60

表 3 各保障点建设成本 万元

$j$	$F_j$
1	40
2	55
3	35
4	37
5	45

在第 4 年, 用上述混合算法进行计算, 终止代数数为 2 400, 最优染色体个体数量为 25, 总费用的最小值为 403.57 万元, 最优方案是 1、3、4、5 这 4 个保障点被选中。保障点 1 对需求点 2、4 进行装备保障, 保障点 3 对需求点 6、8 进行装

备保障,保障点 4 对需求点 1、7 进行装备保障,保障点 5 对需求点 3、5 进行装备保障,各保障点的流量如表 4 所示。

表 4 第 4 年选址被选中保障点流量

被选中保障点	流量
1	72.50
3	122.90
4	150.00
5	86.50

同理,在第 3 年,最优方案是 1、3、4 这 3 个保障点被选中。保障点 1 对需求点 2、3、4 进行装备保障,保障点 3 对需求点 5、6、8 进行装备保障,保障点 4 对需求点 1、7 进行装备保障,总费用为 393.82 万元,各保障点的流量如表 5 所示。

表 5 第 3 年选址被选中保障点流量

被选中保障点	流量
1	105.60
3	154.30
4	150.00

同理,在第 2 年,最优方案是 1、2、3 这 3 个保障点被选中,即保障点 1 对需求点 2、3、4 进行装备保障,保障点 2 对需求点 1、5、7 进行装备保障,保障点 3 对需求点 6、8 进行装备保障,总费用为 437.25 万元,各保障点的流量如表 6 所示。

表 6 第 2 年选址被选中保障点流量

被选中保障点	流量
1	91.80
2	168.00
3	123.90

同理,在第 1 年,最优方案是 1、2 这 2 个保障点被选中,即保障点 1 对需求点 2、3、4 进行装备保障,保障点 2 对需求点 1、5、6、7、8 进行装备保障,总费用为 422.80 万元,各保障点的流量如表 7 所示。

表 7 第 1 年选址被选中保障点流量

被选中保障点	流量
1	77.40
2	277.70

运用动态选址方法进行选址决策,前期选址结构直接影响后期选址。通过分析可知,在第 2 年,由于 1、2 保障点已经建设,所以在总费用中,可以不考虑这部分费用,而由于建设了保障点 3,只考虑转移成本,因此在第 2 年总费用为 367.00 万元,同理第 3 年总费用为 344.98 万元,第 4 年总费用为 333.90 万元。因此,在满足需求的前提下,运用动态选址决策方法,可以有效减少费用消耗。

因此,在整个选址过程中,选址顺序是:在 $[0,1]$ 年,选取保障点 1、2 对各需求点进行保障;在 $[1,2]$ 年,选取保障点 1、2、3 对各需求点进行保障;在 $[2,3]$ 年,选取保障点 1、3、4 对各需求点进行保障;在 $[3,4]$ 年,选取保障点 1、3、4、5 对各需求点进行保障。通过对总费用的计算,可以得知,在物价上涨和需求同时发生变化时,相比静态选址,采取动态

选址,可以有效减少每年的总费用消耗。

为了验证算法的有效性和可靠性,用传统的 GA 对第 4 年的装备保障情况进行了计算进行了求解,在终止代数同样为 3 100 时,总费用的最小值为 413.70 万元。针对以上实例,运用传统 GA 和基于 GA、SA 算法的 BP 算法分别计算,比较二者在迭代次数、运算时间和取得最优解重复计算次数如表 8 所示。

表 8 传统 GA 和基于 GA、SA 算法的 BP 算法比较

	传统 GA	基于 GA、SA 算法的 BP 算法
迭代次数/次	937	126
运算时间/min	135	23
取得最优解 重复计算次数/次	17	4

通过表 8 可以看出,相比较传统 GA,基于 GA、SA 算法的 BP 算法迭代次数少、运算时间短、需重复计算次数少,因此对于求解战区装备保障点动态选址决策问题,基于 GA、SA 算法的 BP 算法具有收敛效果好和运算时间短的优点。由此可见,该算法是一种快速有效地解决战区装备保障点选址问题的更好算法。

## 5 结束语

进行战区装备保障点动态选址时,由于需求点的需求是随时间而变化的,并且不同选址地点的成本会随时间的变化而变化,因而运用传统的静态选址方法求出的最优解在未来年份有可能变成次优解。针对这种情况,笔者根据需求和成本的变化,研究动态选址模型,并采用一种混合算法——基于 GA、SA 算法的 BP 算法。该算法可以有效提高模型求解的速度和最优解的精度,对于战区装备保障点动态选址具有较大的理论价值和实用价值。

## 参考文献:

- [1] 刘志勤,王兴录. 战时装备保障概论[M]. 北京:军事科学出版社,2002. (Liu Z Q, Wang X L. *Conspectus of wartime equipment support*[M]. Beijing: Military Affairs Scinece Publishing, 2002.)
- [2] Drezner Z. On the conditional P-Median problem[J]. *Computers & Operations Research*, 1995, 22(5): 525 - 530.
- [3] Yuri L, Adi B. A heuristic method for large-scale multi-facility location problems[J]. *Computers & Operations Research*, 2004, 31(2): 257 - 272.
- [4] Hwang H S. A stochastic set-covering location model for both ameliorating and deteriorating items[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2004, 46(4): 313 - 319.
- [5] Fernando Y C, Roberto D G, Reinaldo M D. A note on solutions to the maximal expected covering location problem[J]. *Computers & Operations Research*, 2002, 30(1): 87 - 96.
- [6] Oded B, Dmitry K. The generalized maximal covering location problem[J]. *Computers & Operations Research*, 2002, 29(6): 563 - 581.
- [7] Berman O, Krass D, Drezner Z. The gradual covering decay

- location problem on a network[J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 151(3): 474 - 480.
- [8] Orhan K, Esra K K. A maximal covering location model in the presence of partial coverage [J]. *Computers & Operations Research*, 2004, 31(3): 1515 - 1526.
- [9] Jaramillo J H, Bhadury J, Batca R. On the use of genetic algorithms to solve location problems[J]. *Computers & Operations Research*, 2002, 29(2): 761 - 779.
- [10] Hinojosa Y, Puerto J, Fernandez F R. A multiperiod two-echelon multicommodity capacitated plant location problem[J]. *European Journal of Operational Research*, 2000, 123(2): 271 - 291.
- [11] Melkote S, Daskin M S. Capacitated facility location/network design problems[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 129(3): 481 - 495.
- [12] Baldacci R, Hadjiconstantinou E, Maniezzol B. A new method for solving capacitated location problems based on a set partitioning approach[J]. *Computers & Operations Research*, 2002, 29(4): 365 - 386.
- [13] Kara B Y, Tansel B C. On the single-assignment P-Hub center problem[J]. *European Journal of Operational Research*, 2000, 125(7): 648 - 655.
- [14] Marianov V, Serra D. Location-allocation of multipleserver service centers with constrained queues or waiting times[J]. *Annals of Operations Research*, 2002, 111(2): 35 - 50.
- [15] Brotcorne L, Laporte G, Semet F. Ambulance location and relocation models: invited review [J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 147(5): 451 - 463.
- [16] 牟伦英, 黄丹. 物流网络节点的动态选址研究[J]. 工业工程与管理, 2005, (2): 102 - 104. (Mou L Y, Huang D. Location analysis for the dynamic logistic network nodal points[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2005, (2): 102 - 104.)
- [17] 徐利民, 马良成, 方芳. 仓储中心的动态规划选址及应用[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2003, 27(2): 256 - 259. (Xu L M, Ma L C, Fang F. Application of dynamic programming to storage center's location[J]. *Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering)*, 2003, 27(2): 256 - 259.)
- [18] 何玉彬, 李新忠. 神经网络控制技术及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000. (He Y B, Li X Z. *Neural network control technology and application*[M]. Beijing: Science Press, 2000.)
- [19] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002. (Wang X P, Cao L M. *Genetic algorithm——theory, application and soft realization* [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2002.)
- [20] Ku K W. Enhance the Baldwin effect by strengthening the correlation between genetic operators and learning methods[C]// *Proc. of the IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 2006: 3302 - 3308.
- [21] Jayaraman V, Ross A. A simulated annealing methodology to distribution network design and management [J]. *European Journal of Operational Research*, 2003, 144(3): 629 - 645.
- [22] 蒋龙聪, 刘江平. 模拟退火算法及其改进[J]. 工程地球物理学报, 2007, 4(2): 135 - 140. (Jiang L C, Liu J P. Revised simulated annealing algorithm[J]. *Chinese Journal of Engineering Geophysics*, 2007, 4(2): 135 - 140.)
- [23] Marseguerra M, Zio E. Optimizing maintenance and repair policies via a combination of genetic algorithms and Monte Carlo simulation [J]. *Reliability Engineering & System Safety*, 2000, 68(1): 69 - 83.
- [24] 胡萍, 盖宇仙. 遗传模拟退火算法在配送中心选址中的应用[J]. 物流科技, 2007(2): 143 - 145. (Hu P, Gai Y X. Application of genetic simulated annealing algorithm in location of distribution centre[J]. *Logistics Sci-Tech*, 2007(2): 143 - 145.)
- [25] 张世龙, 唐雅娜. 基于遗传模拟退火算法的 BP 算法研究[J]. 现代计算机, 2007(2): 30 - 32. (Zhang S L, Tang Y N. Research on BP algorithm based on genetic algorithms and simulated annealing algorithms[J]. *Modern Computer*, 2007(2): 30 - 32.)