第28卷第1期
Vol. 28 NO. 1

重庆工商大学学报(自然科学版)
J Chongqing Technol Business Univ. (Nat Sci Ed)

2011年2月
Feb. 2011

文章编号:1672-058X(2011)01-0080-06

# 考虑处理能力的应急设施选址问题*

殷代君[1],郭宏正[2]

(1.新疆教育学院 数学与信息技术分院,乌鲁木齐 830043;2.新疆大学 地质与勘查工程学院,乌鲁木齐 830047)

**摘　要**:在只考虑响应时间的基础上,综合考虑了设施的处理能力,并建立了应急设施选址的双目标规划模型,包括双目标MCLP模型与双目标MCLP-GMCLP模型,最后给出算例比较两种模型的优劣。

**关键词**:应急设施选址;响应时间;覆盖水平;处理能力;双目标规划

**中图分类号**:G642.0　　　　**文献标志码**:A

在应急设施选址问题的研究中,无论是最大覆盖模型(MCLP),还是广义最大覆盖模型(GMCLP)[1],对应急设施的评价都只考虑了响应时间这一条件,即只要设施在一定的应急限制期内到达就能满足应急需求,却忽略了应急设施的处理能力。不同的应急设施,其处理能力是不同的,虽然有些设施的响应时间很短,但对紧急事件的处理能力并不高,当发生较大灾害或事故时,还是必须选择处理能力较高的设施,虽然响应时间有可能会长一些,但挽回的损失足以抵消延长的等待时间。因此,应该权衡两种指标综合考虑。

在对EMS(Emergency Management System)系统的研究中,国外已有不少文献对应急服务设施的处理能力进行了研究,并给出相应的解决方案。Daskin与Stern[2]将覆盖模型扩展为支援覆盖模型(Backup coverage model),研究美国EMS系统车辆服务。针对已经派出车辆不能对该设施服务区的需求再提供服务这一实际问题,支援模型允许其他在可接受距离内的设施对新增需求提供服务。Marvin B. Mandell[3]考虑了一个两级的EMS系统覆盖模型,该服务系统由两种处理能力不同的设施组成,一种为BLS(basic life support),另一种为ALS(advanced life support),不同能力的设施对应不同的响应时间。当某一应急点发出呼救请求后,只有两种设施均能到达才能被充分服务,并且考虑了应急点能够被充分服务的概率,采用二维排队模型进行分析。

最大覆盖选址模型(MCLP)及其各种扩展形式已经被广泛应用在应急服务设施选址中,其中一种扩展,就是结合两种不同类型的设施考虑选择其最佳的位置,这一类模型最大的区别在于一个应急点是否被充分服务的标准。ReVelle和Marianov[4]定义一个应急点发出的请求能够被充分服务当且仅当两种类型的设施均能在一定的时间限制期内到达,而其他模型允许只有一种类型的设施到达即可,如Moore和ReVelle[5]考虑一个节点被覆盖当“低”处理能力的设施在$R^*$内到达,并且“高”处理能力的设施在$R^{**}$内到达(即两种类型的设施在各自特定的时间限制期内到达);或者“高”处理能力的设施能在$S^*$内到达,$R^* < S^* < R^{**}$(即当没有“低”处理能力的设施到达时,“高”处理能力的设施要在一个比$R^{**}$短的时间内到达)。

## 1　模型的分析与假设

在研究EMS系统的基础上,假设在一个应急医疗服务系统中,有两种处理能力不同的服务设施,分别用A-型和B-型来表示,B-型设施提供一些简单的服务,A-型设施则采取更进一步的措施。由于出动B-型设施简单方便,所产生的成本也会相对较小,但对某一应急点而言,若想得到充分的救助服务,仅有B-型设施是不够的,必须有A-型一同参与服务。所以令两种设施分别对应不同的时间限制期,如B-型设施首先在一个较短的限制期内到达进行简单救助,之后,A-型设施在一个相对延长的限制期内到达采取进一步的救助措

**收稿日期**:2010-07-07;**修回日期**:2010-08-10.

* **基金项目**:新疆大学教改项目(项目名称:自治区紧缺专业人才需求预测,项目编号XJU2008JGZ23).

**作者简介**:殷代君(1981-),女,山东济南人,硕士研究生,讲师,从事运筹学教学与研究.

施。然而,由于A-型设施能够提供更完备的服务,当然也包括B-型设施所能提供的服务,所以,若发出呼救请求后,某个A-型设施能在相对短的时间内赶到,那么出于节省成本的考虑,就没有必要再出动B-型设施。给出如下定义:

**定义1** 一个应急点$i$发出的呼救请求能够被充分服务当且仅当下列两条件中的任一个条件成立:一个B-型设施能在$t_{Bi}$时间内到达,并且一个A-型设施能在$t_{Ai}(t_{Ai}>t_{Bi})$时间内到达;或者一个A-型设施能在$t'_{Ai}$时间内到达($t_{Bi}<t'_{Ai}<t_{Ai}$)。

点$i$能够被充分服务,即表示被完全覆盖。当然,每种应急设施都希望尽量多地为应急点发出的呼救请求提供服务,但是当没有足够的资源去满足所有的需求时,只能在给定建设投入(设施数量)、特定距离条件下,最大化所能满足的需求。若上述两个条件均不满足,就认为点$i$不被覆盖,或者被部分覆盖,而对部分覆盖的具体定义将在后面讨论。因此,针对两种不同处理能力的应急设施选址问题,依然可以采用最大覆盖模型与广义最大覆盖模型进行分析。

## 2 建立模型

### 2.1 双目标MCLP模型

假设$J$为候选设施点集合,要建立的A-型设施数为$n_A$个,B-型设施数为$n_B$个,$n_A+n_B\leqslant|J|$,且A-型与B-型互不嵌套,即任一候选点只建设一种类型的设施。

定义3个集合:$NA_i=\{j\in J\mid t_{ij}\leqslant t_{Ai},i=1,2,\cdots,m\}$,$NA'_i=\{j\in J\mid t_{ij}\leqslant t'_{Ai},i=1,2,\cdots,m\}$,$NB_i=\{j\in J\mid t_{ij}\leqslant t_{Bi},i=1,2,\cdots,m\}$,分别表示对点$i$的响应时间小于$t_{Ai}$,$t'_{Ai}$和$t_{Bi}$的候选点。

定义两个二元覆盖变量:

$$y_i=\begin{cases}1 & \text{存在对 } i \text{ 的响应时间小于 } t_{Bi} \text{ 的 B}-\text{型设施}\\ 0 & \text{否则}\end{cases}$$

$$h_i=\begin{cases}1 & \text{点 } i \text{ 能被某个 A}-\text{型设施覆盖}\\ 0 & \text{否则}\end{cases}$$

两个选址变量:

$$X_j^A=\begin{cases}1 & \text{在 } j \text{ 点建立 A}-\text{型设施}\\ \text{否}0 & \text{则}\end{cases},X_j^B=\begin{cases}1 & \text{在 } j \text{ 点建立 B}-\text{型设施}\\ 0 & \text{否则}\end{cases}$$

在此有两个要实现的优化目标,一是最大化B-型设施所能覆盖的节点总权重,另一个是最大化A-型设施所能覆盖的节点总权重。应给出一个双目标规划模型,记为(VP1),其MCLP形式可描述为:

$$\max\quad Z_1=\sum_{i\in I}w_iy_i \tag{1}$$

$$\max\quad Z_2=\sum_{i\in I}w_ih_i \tag{2}$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_{j\in J}X_j^A=n_A \tag{3}$$

$$\sum_{j\in J}X_j^B=n_B \tag{4}$$

$$X_j^A+X_j^B\leqslant 1,\forall j\in J \tag{5}$$

$$y_i\leqslant\sum_{j\in NB_i}X_j^B,\forall i\in I \tag{6}$$

$$h_i\leqslant\sum_{j\in NA_i}y_iX_j^A+\sum_{j\in NA'_i}(1-y_i)X_j^A,\forall i\in I \tag{7}$$

$$y_i,h_i,X_j^A,X_j^B\in\{0,1\} \tag{8}$$

目标$Z_1$,$Z_2$分别对应B-型和A-型设施提出,$w_i$表示点$i$的权重,可以为$i$点的人口数或事故发生频率;约束(3)(4)表示需要建立的应急设施数目;约束(5)说明在$j$点只能建立一种类型的设施($X_j^A=1$时,$X_j^B=0$;$X_j^B=1$时,$X_j^A=0$);约束(6)表明只有先在$t_{Bi}$限制期内的$j$点建立应急设施才能为应急点$i$提供服务;由前几章的讨论可知,最大覆盖模型将覆盖度二元化,有可能导致某些点完全不被覆盖,所以当点$i$没有被某一B-型设施覆盖时,必须有一A-型设施能在$t'_{Ai}$的限制期内到达,反映在约束(7)中,即当$y_i=1$时,只要在$t_{Ai}$的限制期内建立设施A即可,否则必须在$t'_{Ai}$的限制期内建立;约束(8)是变量的0-1约束。

类似地,对于集合 $NA_i$,$NA'_i$ 和 $NB_i$,也可用几个矩阵来替换,即 $A=(a_{ij})_{m\times n}$,$A'=(a'_{ij})_{m\times n}$,$B=(b_{ij})_{m\times n}$,其中 $a_{ij}=\begin{cases}1, & t_{ij}\leqslant t_{Ai}\\0, & t_{ij}>t_{Ai}\end{cases}$,$a'_{ij}=\begin{cases}1, & t_{ij}\leqslant t'_{Ai}\\0, & t_{ij}>t'_{Ai}\end{cases}$,$b_{ij}=\begin{cases}1, & t_{ij}\leqslant t_{Bi}\\0, & t_{ij}>t_{Bi}\end{cases}$。则约束(6)(7)变形为:

$$y_i\leqslant\sum_{j=1}^{n_B}b_{ij}X_j^B,\forall i\in I;h_i\leqslant\sum_{j=1}^{n_A}[y_ia_{ij}+(1-y_i)a'_{ij}]X_j^A,\forall i\in I$$

2.2 **双目标 MCLP-GMCLP 模型**

最大覆盖模型有可能导致某些应急点完全不被覆盖,但是在实际中,紧急救护中心应为所有需求提供服务,不论这些点是否超出了特定的距离。B-型设施的处理能力不高,所以讲求的是反应速度,即响应时间要短,一旦 $t_{ij}$ 大于限制期 $t_{Bi}$,再出动 B-型设施就没有太大意义了;而 A-型的优势在于处理能力较高,其响应时间的要求可以相对放宽,不论应急点是否超出时间限制期,都应为所有需求提供服务。由于两种设施的侧重点不同,因此对 B-型设施可以采用传统的 MCLP 模型来分析,即将覆盖度二元化,对 A-型设施采用 GMCLP 模型来分析,对应一系列的覆盖水平,使每个应急点都能被某一 A-型设施覆盖。

对 A-型设施而言,在每个应急点 $i$ 附近都有若干个候选点,每个候选点对应 $i$ 一个响应时间,则点 $i$ 对应一个多重响应时间集合:$0<t_{Ai}^1<t_{Ai}^2<\cdots<t_{Ai}^k=\infty$。相应地,对应覆盖水平 $a_1Ai=1>a_{Ai}^2>\cdots>a_{Ai}^k\geqslant 0$。当 $t_{ij}\in[t_{Ai}^{l-1},t_{Ai}^l]$ 时,覆盖水平为 $a_i^l$。在这个时间序列里,先不考虑应急限制期,把选择的范围放宽泛,而 $t_{Ai}$ 和 $t'_{Ai}$ 可能在时间序列内的某点达到。定义两个集合:$J_{Ai}(l)=\{j\in J\mid t_{Ai}^{l-1}\leqslant t_{ij}<t_{Ai}^l\}$,$l\leqslant k$;$L_A(i)=\{l\leqslant k\mid \exists j\in J\text{ such that } t_{Ai}^{l-1}\leqslant t_{ij}<t_{Ai}^l\}$。$J_{Ai}(l)$ 是能为应急点 $i$ 提供第 $l$ 级响应时间的所有 A-型设施的集合;$L_A(i)$ 则表示在应急点 $i$,A-型设施可能产生的所有覆盖水平。

覆盖变量 $h_i$ 变为:

$$h_i^l=\begin{cases}1 & \text{点 } i \text{ 被某个 } j\in J_{Ai}(l) \text{ 的 A-型设施覆盖且没有对 } i \text{ 的响应时间小于 } t_{Ai}^{l-1} \text{ 的 A-型设施存在}\\0 & \text{否则}\end{cases}$$

其他变量的定义均与2.1节相同。

依然给出一个双目标规划模型如下,记为(VP2):

$$\max\ \sum_{i\in I}w_iy_i \tag{9}$$

$$\max\ \sum_{i\in I}w_i\sum_{l\in L_A(i)}a_i^lh_i^l \tag{10}$$

$$\text{s.t.}\ \sum_{j\in J}X_j^A=n_A \tag{11}$$

$$\sum_{j\in J}X_j^B=n_B \tag{12}$$

$$X_j^A+X_j^B\leqslant 1,\forall j\in J \tag{13}$$

$$y_i\leqslant\sum_{j=1}^{n}b_{ij}X_j^B,\forall i\in I \tag{14}$$

$$h_i^l\leqslant\sum_{j\in J_{Ai}(l)}X_j^A \tag{15}$$

$$\sum_{l\in L_A(i)}h_i^l=1 \tag{16}$$

$$y_i,h_i^l,X_j^A,X_j^B\in\{0,1\} \tag{17}$$

式(11)(12)是应急设施数约束;式(13)表明任一候选点只建设一种类型的设施;式(14)是变量 $y_i$ 的应急限制约束,$b_{ij}$ 的定义与上节相同,即只有先在 $t_{Bi}$ 限制期内的 $j$ 点建立应急设施才能为应急点 $i$ 提供服务;由于对决策变量 $h_i^l$ 的定义已经限定了所选的设施 $A$ 一定是对 $i$ 的响应时间最短的,同时为了体现覆盖度的多元化,所以在约束(15)中去掉了应急限制 $a_{ij}$ 和 $a'_{ij}$;式(16)说明应急点 $i$ 只被某一覆盖水平的设施覆盖;最后是变量的0-1约束。

## 3 模型求解

双目标规划问题属于多目标规划问题的特例,而对多目标规划问题的求解通常采用评价函数法,其中包括线性加权和法、理想点法、平方加权和法与虚拟目标法等。最常用的是线性加权和法,其评价函数是各

目标函数 $z_i$ 的线性组合,其中组合系数正是决策人对各目标偏好的反映。

从双目标 MCLP 模型中看到,决策变量 $h_i$ 的取值取决于决策变量 $y_i$ 的取值,也就是说,要求解 $h_i$ 的值就必须已知 $y_i$ 的取值,但是 $y_i$ 在模型中也是一个待解的变量,所以如果采用传统的线性加权和法,将无法求解模型。但是,$y_i$ 的确定影响 $h_i$ 的取值,而 $h_i$ 的取值却不影响 $y_i$,可以按照先后顺序依次确定两个变量的取值,即先选择 B-型设施的位置,得到 $X_j^B$ 和 $y_i$ 的值,然后再根据 $y_i$ 选择 A-型设施的位置。对求得的 $X_j^B$,记集合 $J_B = \{j \in J \mid X_j^B = 1\}$,显然 $J_B$ 中的元素 $j \in NB_i$。那么由假设,A-设施的位置一定是在 $J \backslash J_B$ 中确定,这样就可以去掉原模型中的约束 $X_j^A + X_j^B \leq 1$。

将双目标 MCLP 模型拆分成以下两个 MCLP 模型:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z_1 = \sum_{i \in I} w_i y_i \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J} X_j^B = n_B \\ & y_i \leq \sum_{j=1}^{n_B} b_{ij} X_j^B, \ \forall i \in I \\ & y_i, X_j^B \in \{0,1\} \end{aligned}$$

求得 $X_j^B$ 和 $y_i$,写出集合 $J_B$,并将 $y_i$ 代入第 2 个模型:

$$\begin{aligned} \max \quad & Z_2 = \sum_{i \in I} w_i h_i \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J \backslash J_B} X_j^A = n_A \\ & h_i \leq \sum_{j=1}^{n_A} [y_i a_{ij} + (1 - y_i) a'_{ij}] X_j^A, \ \forall i \in I \\ & h_i, X_j^A \in \{0,1\} \end{aligned}$$

为了便于求解,对双目标 MCLP-GMCLP 模型也可以采用相同的方法,分别拆分成一个 MCLP 模型和一个 GMCLP 模型。

## 4　计算实验

通常,急救中心在城市内各区建有若干个急救站,当接到急救电话后,救护车将在两分钟内从离病人最近的急救站点出动;此时,与救护车一起出动的急救医生则按照联系电话,保持路途中不断与病人或其家属亲友沟通,询问病情,直到正确处置和自救;同时,120 已为危重病人建立绿色通道,当现场急救已超过 30 min,急救医生将对危重病人立即转运。

通过对各急救站数据统计得到,急救反应时间平均在 13 min 左右;而郊区因路远急救时间可能会超过 30 min。若能达到每条街都有急救站点,城区急救反应时间可缩短到 5 ~6 min。以城市中的急救中心为例,考虑不同能力急救设施的优化布局。

假设有 10 个应急点,用 1,2,⋯,10 来表示,有 10 个候选设施点,记为 A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,要在其中的 4 个候选点上建立 B-型设施,在另外的 4 个候选点上建立 A-型设施,即 $n_A = 4, n_B = 4$,使得各类设施所能覆盖的应急点的总权重最大。令 $t_{Bi} = 6$ min,$t'_{Ai} = 10$ min,而 $t_{Ai} = 15$ min,首先按正态分布随机产生响应时间矩阵 $T = (t_{ij})_{m \times n}$,在[0,1]内均匀随机产生权向量 $W^{\mathrm{T}}$,由矩阵 $T$ 和三个应急限制期可分别生成矩阵 $B, A$ 和 $A'$。对覆盖度 $a_i^{l(i,j)}$ 的定义采取形式:

$$a_i^{l(i,j)} = \begin{cases} 1, & t_{ij} \leq t'_{Ai} \\ 1/(t_{ij} - t'_{Ai}), & t'_{Ai} < t_{ij} \leq T_{\max} \\ 0, & t_{ij} > T_{\max} \end{cases}$$

这里,$T_{\max}$ 取最大急救时间 30 min。

### 4.1　MCLP 的求解结果

```
Global optimal solution found.
   Objective value:                     2.420 000
   Extended solver steps:                       0
   Total solver iterations:                     0
```

| Variable | Value | Reduced Cost | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Y1 | 1.000 000 | -0.4 300 000 | XB1 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| Y2 | 1.000 000 | -0.6 300 000 | XB2 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| Y3 | 0.000 000 | 0.000 000 | XB3 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| Y4 | 0.000 000 | 0.000 000 | XB4 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| Y5 | 0.000 000 | 0.000 000 | XB5 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| Y6 | 0.000 000 | 0.000 000 | XB6 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| Y7 | 1.000 000 | -0.6 000 000 | XB7 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| Y8 | 1.000 000 | -0.2 500 000 | XB8 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| Y9 | 0.000 000 | 0.000 000 | XB9 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| Y10 | 1.000 000 | -0.5100000 | XB10 | 1.000 000 | 0.000 000 |

对于 B-型设施,分别在 A,B,E,J 4 个候选点上建立,但是只有点 $i=1,2,7,8,10$ 被覆盖。A 覆盖点 7、8,B 覆盖点 10,E 覆盖点 2,J 覆盖点 1。

由求得的 $X_j^B$,可以立即写出集合 $J_B=\{A,B,E,J\}$,下面在集合 $J\backslash J_B$ 上确定设施 A 的位置。

Global optimal solution found.

| | |
|---|---|
| Objective value: | 4.430 000 |
| Extended solver steps: | 0 |
| Total solver iterations: | 0 |

| Variable | Value | Reduced Cost | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | 1.000 000 | -0.4 300 000 | H9 | 1.000 000 | -0.8 700 000 |
| H2 | 1.000 000 | -0.6 300 000 | H10 | 1.000 000 | -0.5 100 000 |
| H3 | 1.000 000 | -0.8 000 000 | XA3 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H4 | 0.000 000 | 0.000 000 | XA4 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| H5 | 1.000 000 | -0.9 400 000 | XA6 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H6 | 0.000 000 | 0.000 000 | XA7 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| H7 | 0.000 000 | 0.000 000 | XA8 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H8 | 1.000 000 | -0.2 500 000 | XA9 | 1.000 000 | 0.000 000 |

分别在 C,F,H,I 4 个位置上建立 A 设施,C 可覆盖点 1,8,9,10;F 可覆盖点 2;H 可覆盖点 3;I 可覆盖点 5,最优目标值为 4.43。但是,依然有点 4,6 没有被任何设施覆盖,点 7 只能被 B 设施覆盖,而没能被 A 覆盖。

### 4.2 MCLP-GMCLP 的求解结果

首先,也是求解 B-型设施的 MCLP 模型,得到 $X_j^B$ 和 $y_i$ 的值,进而得到集合 $J_B$,因为时间矩阵 $T$ 不变,所以求得的结果与 4.1 节中相同,即 $J_B=\{A,B,E,J\}$,覆盖 1,2,7,8,10 这 5 个点。

下面,用 GMCLP 模型确定 A 设施的位置。

Global optimal solution found.

| | |
|---|---|
| Objective value: | 4.667 100 |
| Extended solver steps: | 0 |
| Total solver iterations: | 0 |

| Variable | Value | Reduced Cost | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H1 | 1.000 000 | -0.4 300 000 | H9 | 1.000 000 | -0.8 700 000 |
| H2 | 1.000 000 | -0.6 300 000 | H10 | 1.000 000 | -0.5 100 000 |
| H3 | 1.000 000 | -0.8 000 000 | XA3 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H4 | 1.000 000 | -0.5 000 000E-01 | XA4 | 0.000 000 | 0.000 000 |
| H5 | 1.000 000 | -0.9 400 000 | XA6 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H6 | 1.000 000 | -0.1 014 000 | XA7 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H7 | 1.000 000 | -0.8 570 000E-01 | XA8 | 1.000 000 | 0.000 000 |
| H8 | 1.000 000 | -0.2 500 000 | XA9 | 0.000 000 | 0.000 000 |

A 设施的位置变为 C,F,G,H,全部点都被覆盖,最优目标值为 4.667 1。C 可覆盖点 1,7,8,9,10;F 可覆盖点 2,6;G 可覆盖点 1,5;H 覆盖点 3,4。与 4.1 节得到的结果相比,该结果中每个设施点都至少覆盖两个应急点,这样提高了应急设施的使用率。由于 C 点设施覆盖的应急点较多,且点 5 的权重最大,那么在建立设施时就应给 C 和 G 的设施以较大的设备、资金投入。

(说明:矩阵 $T$ 中的元素 $t_{5G}=11$,$t_{5I}=9$,并且点 5 没有被某一 B 设施覆盖,所以必须有一 A 设施在

10 min内赶到。而点 5 之所以被 G 覆盖是因为所取的覆盖度函数的形式 $a_{5G}=\frac{1}{t_{5G}-10}=\frac{1}{11-10}=1$，也说明当响应时间超出 1 min 的时候，可以忽略不计。取 G 点建立 A 设施而不取 I 点，是照顾了整体上的最优，因为选 G 可以同时覆盖点 1 和 5，$t_{1G}=9$，但如果选 I，只能覆盖到点 5，I 到其他点的时间都比较长。）

## 5 结　论

在应急设施选址问题的研究中，要综合考虑响应时间和设施的处理能力两方面的条件，因为不同的应急设施其处理能力是不同的，反应速度是衡量应急服务设施好坏的一个标准，但同时不能忽略其处理灾害事故能力的高低。针对不同类型设施的特点采用不同的选址方式，使其两种设施的使用效率均达到最大。当然，应急服务设施选址问题涉及的因素还有很多，如经济因素、技术因素、社会因素、安全因素等，这些影响因素又可以分成定性因素和定量因素，因此如果要想考虑得更为全面，应综合运用定性和定量分析相结合的方法。如采用多个数量指标进行测量、分析和评估，并综合 AHP 方法、基于偏好 DEA 的方法[6]等等使客观分析与主观评价相结合。

**参考文献：**

[1] ODED B, DMITRY K. The generalized maximal covering location problem[J]. Computers & Operations Research, 2002(29): 563-581

[2] DASKIN S. A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment [J]. Transportation Science, 1981(15): 137-152

[3] MARVIN B, MANDEL L. Covering models for two-tiered emergency medical services systems[J]. Location Science, 1998(6): 355-368

[4] REVELLE C, MARIANOV V. A probabilistic FLEET model with individual vehicle reliability requirements[J]. European Journal of Operational Research, 1991(53): 93-105

[5] MOORE G C, REVELLE C. The hierarchical service location problem[J]. Mana-gement Science, 1982(28): 775-780

[6] 方磊. 基于偏好 DEA 的应急系统选址模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2006(8): 35-38

# On Emergency Facility Location Based on Treatment Ability

**YIN Dai-jun[1], GUO Hong-zheng[2]**

(1. School of Mathematics and Information Technology, Xinjiang Education University, Urumqi 830043;
2. School of Geology and Exploration Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China)

**Abstract**: On the basis of only considering response time, this paper comprehensively considers the treatment ability of the facilities, sets up double-goal programming model of emergency facility location which includes double-goal MCLP model and double-goal MCLP-GMCLP model, and, finally, gives examples to compare the advantages and disadvantages of the two models.

**Key words**: emergency facility location; response time; covering level; treatment ability; double-goal programming

**责任编辑：李翠薇**