# 基于区间数型多因素指派模型的多传感器优化分配方法

张 肃 [1] 程启月 [2] 申卯兴 [1]

**摘 要** 如何在不确定的复杂环境下优化分配有限的传感器资源是传感器管理系统中的一个关键问题. 在用区间数来描述这种不确定性研究思路的基础上, 提出了一种新的区间数型多因素指派模型的求解方法. 首先, 给出了拓展的区间数型多因素指派模型. 然后, 采用不确定有序加权平均 (Uncertain ordered weighted average, UOWA) 算子集结规范化后的区间数型效率矩阵, 通过逼近理想解的排序法 (Technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS) 确定综合效率矩阵. 进一步将其转化为标准型指派问题, 最后通过匈牙利法得到最优解. 通过算例说明了该方法解决多传感器优化分配问题的有效性.

**关键词** 多传感器, 优化分配, 不确定性, 区间数, 指派问题
**中图分类号** TP391.9, O221

## Optimization Assignment of Multi-sensor System Based on the Model of Multiple-attribute Assignment with Interval Number Information

ZHANG Su[1] CHENG Qi-Yue[2] SHEN Mao-Xing[1]

**Abstract** The optimization assignment of multi-sensors under uncertain complicated conditions is a key problem of multi-sensor management system. The uncertainty in the problem is expressed by the interval number information. Based on this thought, a new method for the multiple-attribute assignment problem with interval number information is put forward in this paper. Firstly, the extension model of multiple-attribute assignment problem with interval number information is defined. Secondly, the efficiency matrixes with interval number information are aggregated by uncertain ordered weighted average (UOWA) operator. The synthetic efficiency matrix is obtained by the method of technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS). Then, the extension assignment problem can be changed into a standard assignment problem. Finally, it is solved by the Hungary algorithm. The validity of this method to solve multi-sensor optimization assignment is demonstrated by an example.

**Key words** Multi-sensor, optimization assignment, uncertainty, interval number, assignment problem

为了增强作战体系的信息对抗能力, 一方面应提高各种单传感器的性能水平, 另一方面应该积极研究如何综合运用多传感器资源. 多传感器系统优化的目标是通过协调传感器之间的行动, 增强获取环境中信息的质量和可用性的能力. 传感器优化分配是指在动态、不确定的环境中, 为了充分利用有限的传感器资源, 对一组传感器资源进行自动或半自动的协调和控制, 满足对多个目标和扫描空间的需求, 以获得各个具体特性的最优值, 并以这个最优准则对传感器资源进行合理科学的分配, 最大限度地监视目标, 以取得最大的作战效能[1−3].

传感器资源优化分配的核心问题, 就是依据一定的准则, 建立一个易于量化的目标函数和若干传感器资源的约束条件, 然后对目标函数进行优化以获得传感器对目标的有效分配, 因此可以用运筹学中的指派问题求解. 但是标准型指派问题并不适用于描述复杂不确定条件下的问题, 主要是因为现代作战环境变得越来越复杂, 空天袭击可能来自太空、高空、中空、低空和超低空等不同空域, 而且目标类型有战术弹道导弹、轰炸机、直升机、空地导弹和巡航导弹等多种类型, 有时还伴随假目标、诱饵和干扰等[4−5]. 在这种多批次、多方向、多层次和连续饱和攻击等情况下, 获取的情报信息是不确定的, 因此如何在不确定的复杂环境下优化分配有限的传感器资源是传感器管理系统要解决的一个关键问题.

目前关于指派问题的拓展主要有: 具有语言评价信息的指派问题, 具有模糊信息的指派问题, 广义指派问题 (人、设备与任务数不等) 等, 基本思路均是通过一系列算法将其转化为标准型指派问题[6−9]. 本文针对以往研究传感器优化分配中未考虑不确定性影响的缺陷, 在采用区间数来描述这种不确定性研究思想的基础上, 提出了一种新的区间数型不确定多因素指派模型用于解决多传感器优化分配问题.

收稿日期 2007-05-31 收修改稿日期 2007-11-08
Received May 31, 2007; in revised form November 8, 2007
武器装备预研基金 (9140A0604306JB0503) 资助
Supported by Beforehand Research Foundation of Weapon Equipment (9140A0604306JB0503)
1. 空军工程大学导弹学院 三原 713800 2. 中国人民解放军国防大学 北京 100091
1. Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800 2. National Defense University, Beijing 100091
DOI: 10.3724/SP.J.1004.2008.00240

# 1　区间数信息及其排序方法

## 1.1　区间数信息

**定义 1.** 记 $\tilde{a}=[\,a_L,a_U\,]=x|a_L\le x\le a_U,\ a_L,\ a_U\in\mathbf{R}$, 称 $\tilde{a}$ 为一个区间数. 特别地, 若 $L=U$, 则 $\tilde{a}$ 退化为一个实数. 令 $\Omega$ 表示全体区间数的集合.

**定义 2.** 设 $\tilde{a}=[\,a_L,a_U\,]$ 和 $\tilde{b}=[\,b_L,b_U\,]$ 是两个区间数, 则两个区间数的距离 $d(\tilde{a},\tilde{b})$ 为[10]

$$d(\tilde{a},\tilde{b})=|b_L-a_L|+|b_U-a_U| \tag{1}$$

**定义 3.** 设 $\tilde{a}=[\,a_L,a_U\,]$ 和 $\tilde{b}=[\,b_L,b_U\,]$ 是两个区间数, 则区间数的运算法则为:

1) $\tilde{a}=\tilde{b}$ 当且仅当 $a_L=b_L,\ a_U=b_U$;

2) $\tilde{a}+\tilde{b}=[\,a_L+b_L,a_U+b_U\,]$;

3) $\beta\tilde{a}=[\,\beta a_L,\ \beta a_U\,],\ \beta\ge 0$.

## 1.2　区间数的排序方法

**定义 4.** 设 $\tilde{a}=[\,a_L,a_U\,]$ 和 $\tilde{b}=[\,b_L,b_U\,]$ 是两个区间数, 且记 $l_{\tilde{a}}=a_U-a_L,\ l_{\tilde{b}}=b_U-b_L$, 则 $\tilde{a}\ge\tilde{b}$ 的可能度定义为

$$p(\tilde{a}\ge\tilde{b})=\frac{\min\{l_{\tilde{a}}+l_{\tilde{b}},\max(a_U-a_L,0)\}}{l_{\tilde{a}}+l_{\tilde{b}}} \tag{2}$$

利用式 (2) 对一组区间数 $\tilde{a}_i=[\,a_{iL},a_{iU}\,]\,(i=1,\ 2,\cdots,n)$ 进行两两比较, 建立可能度矩阵 $P=(p_{ij})_{n\times n}$, 其中 $p_{ij}=p\,(\tilde{a}_i\ge\tilde{a}_j)$. 容易证明可能度矩阵为模糊互补判断矩阵, 所以利用模糊互补判断矩阵的排序方法可以对区间数进行排序. 模糊互补判断矩阵的排序方法较多, 选用较为简单实用的排序公式如下[10]

$$v_i=\frac{\sum\limits_{j=1}^{n}p_{ij}+\dfrac{n}{2}-1}{n(n-1)},\quad i=1,2,\cdots,n \tag{3}$$

由式 (3) 得到排序向量 $\boldsymbol{v}=(v_1,v_2,\cdots,v_n)$, 再按 $v_i\,(i=1,2,\cdots,n)$ 的大小对区间数 $\tilde{a}_i\ (i=1,\ 2,\ \cdots,\ n)$ 进行排序. 显然 $v_i$ 越大, 相应的区间数 $\tilde{a}_i$ 越大.

# 2　区间数型多因素指派问题的求解原理与步骤

## 2.1　区间数型多因素指派问题

**定义 5**[11]**.** 标准型指派问题的一般形式为

$$\min z=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}c_{ij}x_{ij}$$

$$\begin{cases}\sum\limits_{j=1}^{n}x_{ij}=1, & i=1,2,\cdots,n\\ \sum\limits_{i=1}^{n}x_{ij}=1, & j=1,2,\cdots,n\\ & x_{ij}=0,1\end{cases} \tag{4}$$

其中, $c_{ij}\ge 0\,(i=1,2,\cdots,n;\ j=1,2,\cdots,n)$, 表示第 $i$ 个人 (或设备) 去完成第 $j$ 项任务的费用. 第一个约束条件表示第 $i$ 个人 (或设备) 只能完成 1 项任务; 第二个约束条件表示第 $j$ 项任务只能由 1 个人 (或设备) 去完成. $x_{ij}=1$ 时, 表示第 $i$ 个人 (或设备) 去完成第 $j$ 项任务, $x_{ij}=0$ 时, 表示第 $i$ 个人 (或设备) 不去完成第 $j$ 项任务.

**定义 6.** 拓展的区间数型多因素指派问题为

$$\max z=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\tilde{c}_{ij}^{t}x_{ij},\ t=1,2,\cdots,q$$

$$\begin{cases}\sum\limits_{j=1}^{n}x_{ij}\le a_i, & i=1,2,\cdots,m\\ \sum\limits_{i=1}^{m}x_{ij}=1, & j=1,2,\cdots,n\\ & x_{ij}=0,1\end{cases} \tag{5}$$

其中, $\tilde{c}_{ij}^{t}=[\,c_{ijL}^{t},c_{ijU}^{t}\,]$ 表示在第 $t\,(t=1,2,\cdots,q)$ 个因素下, 第 $i\,(i=1,2,\cdots,m)$ 个人 (或设备) 去完成第 $j\,(j=1,2,\cdots,n)$ 项任务的区间数型效率系数, $t$ 个因素的区间数型效率矩阵记为 $\tilde{C}^t=(\tilde{c}_{ij}^{t})_{m\times n},\ t=1,\ 2,\ \cdots,\ q$. 第一个约束条件表示第 $i$ 个人 (或设备) 承担的任务不超过其最大可承担的任务数 $a_i$, 即一个人有可能去完成几项任务. 第二个约束条件表示第 $j$ 项任务只能由 1 个人 (或设备) 去完成.

实际上, 由于问题的复杂性和不确定性, 完成任务的效率系数经常为区间数. 因此, 式 (5) 可以表示此类不确定条件下的指派问题.

## 2.2　区间数型指派效率矩阵的规范化方法

区间数型效率矩阵记为 $\tilde{C}^t=(\tilde{c}_{ij}^{t})_{m\times n},\ t=1,\ 2,\cdots,q$, 可用下列公式将 $\tilde{C}^t$ 转化为规范化的区间数型效率矩阵 $\tilde{R}^t=(\tilde{r}_{ij}^{t})_{m\times n},\ t=1,2,\cdots,q$, 其中 $\tilde{r}_{ij}^{t}=[\,r_{ijL}^{t},r_{ijU}^{t}\,],\ r_{ijL}^{t},r_{ijU}^{t}\in[0,1]$.

对于效益型指标, 规范化公式为

$$r_{ijL}^t=\frac{c_{ijL}^t}{\sqrt{\sum\limits_{i=1}^m\sum\limits_{j=1}^n(c_{ijU}^t)^2}}$$
$$r_{ijU}^t=\frac{c_{ijU}^t}{\sqrt{\sum\limits_{i=1}^m\sum\limits_{j=1}^n(c_{ijL}^t)^2}}\tag{6}$$

对于成本型指标, 规范化公式为

$$r_{ijL}^t=\frac{\frac{1}{c_{ijU}^t}}{\sqrt{\sum\limits_{i=1}^m\sum\limits_{j=1}^n(\frac{1}{c_{ijL}^t})^2}}$$
$$r_{ijU}^t=\frac{\frac{1}{c_{ijL}^t}}{\sqrt{\sum\limits_{i=1}^m\sum\limits_{j=1}^n(\frac{1}{c_{ijU}^t})^2}}\tag{7}$$

### 2.3 基于 UOWA 算子规范化的区间数型效率矩阵的集结方法

**定义 7**[10, 12]**.** 设 UOWA : $\Omega^m\rightarrow\mathbf{R}$, 若

$$\mathrm{UOWA}_w(\tilde\alpha_1,\tilde\alpha_2,\cdots,\tilde\alpha_m)=\sum_{j=1}^m w_j\tilde b_j\tag{8}$$

其中, $\Omega$ 表示区间数的集合, $\Omega^m$ 表示 $m$ 维区间数的集合, $\tilde\alpha_i\in\Omega$, $\tilde b_j$ 是一组数据 $(\tilde\alpha_1,\tilde\alpha_2,\cdots,\tilde\alpha_m)$ 中第 $j$ 大的元素 (根据式 (2), (3) 排序), 则称 UOWA 算子是不确定有序加权平均算子. 权向量 $\boldsymbol{w}=(w_1, w_2,\cdots,w_m)^{\mathrm T}$ 是与 UOWA 算子相关联的加权向量, $w_j\geq 0\,(j=1,2,\cdots,m)$, $\sum_{j=1}^m w_j=1$.

在模糊多数情况下, 权向量 $\boldsymbol{w}=(w_1,\ w_2,\ \cdots,\ w_m)^{\mathrm T}$ 中的元素 $w_t$ 由下式给出

$$w_t=F(\frac{t}{m})-F(\frac{t-1}{m}),\quad t=1,2,\cdots,m\tag{9}$$

其中, $F(u)$ 为模糊量化算子, 它由下式给出

$$F(u)=\begin{cases}0, & u<c\\ \dfrac{u-c}{e-c}, & c\leq u\leq e\\ 1, & u>e\end{cases}\tag{10}$$

这里, $c,e,u\in[0,1]$, 采取 "至少一半"、"大多数"、和 "尽可能多" 的原则, 它们对应的参数 $(c,\ e)$ 分别是 $(0,0.5)$, $(0.3,0.8)$, $(0.5,1)$.

根据式 (2) 对规范化的区间数型效率系数 $r_{ij}^1$, $r_{ij}^2$, $\cdots$, $r_{ij}^q$ $(i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n)$ 进行两两比较, 建立可能度矩阵, 根据式 (3) 求得排序向量, 并按其分量大小对其进行排序, 得到 $\tilde b_{ij}^1$, $\tilde b_{ij}^2$, $\cdots$, $\tilde b_{ij}^q$.

利用 UOWA 算子对各因素下规范化的区间数型效率矩阵 $\tilde R^t=(\tilde r_{ij}^t)_{m\times n}$, $t=1,2,\cdots,q$ 进行集结, 可以得到区间数型综合效率矩阵 $\tilde R^t=(\tilde r_{ij})_{m\times n}$, 其中 $\tilde r_{ij}$ 为

$$\tilde r_{ij}=\mathrm{UOWA}_w(r_{ij}^1,r_{ij}^2,\cdots,r_{ij}^q)=\sum_{t=1}^q w_t\tilde b_{ij}^t\tag{11}$$

### 2.4 确定综合效率矩阵的逼近理想点法

对于规范化的区间数型综合效率矩阵 $\tilde R=(\tilde r_{ij})_{m\times n}$, 确定其正、负理想点分别为

$$r^+=[r_L^+,r_U^+]=[\max_i\max_j\tilde r_{ijL},\max_i\max_j\tilde r_{ijU}]$$
$$r^-=[r_L^-,r_U^-]=[\min_i\min_j\tilde r_{ijL},\min_i\min_j\tilde r_{ijU}]\tag{12}$$

则实数型综合效率矩阵 $D=(d_{ij})_{m\times n}$ 的计算方法为

$$d_{ij}=\frac{|r_{ijL}-r_L^-|+|r_{ijU}-r_U^-|}{|r_{ijL}-r_L^+|+|r_{ijU}-r_U^+|+|r_{ijL}-r_L^-|+|r_{ijU}-r_U^-|}\tag{13}$$

由式 (13) 可得到实数型人 (或设备) 与任务数不等的最大化指派问题为

$$\max z=\sum_{i=1}^m\sum_{j=1}^n d_{ij}x_{ij}$$
$$\begin{cases}\sum\limits_{j=1}^n x_{ij}\leq a_i, & i=1,2,\cdots,m\\ \sum\limits_{i=1}^m x_{ij}=1, & j=1,2,\cdots,n\\ & x_{ij}=0,1\end{cases}\tag{14}$$

令 $D=(d_{ij})_{m\times n}$ 中最大的元素为 $Q$, 则相应的最小化指派问题的综合效率矩阵记为 $D'=(d'_{ij})_{m\times n}$, $d'_{ij}=Q-d_{ij}$, 并可得到实数型人 (或设备) 与任务数不等的最小化指派问题为

$$\min z=\sum_{i=1}^m\sum_{j=1}^n d'_{ij}x_{ij}$$
$$\begin{cases}\sum\limits_{j=1}^n x_{ij}\leq a_i, & i=1,2,\cdots,m\\ \sum\limits_{i=1}^m x_{ij}=1, & j=1,2,\cdots,n\\ & x_{ij}=0,1\end{cases}\tag{15}$$

### 2.5　进一步转化为标准型指派问题的方法

实数型人 (或设备) 与任务数不等的最小化指派问题 (15) 转化为标准型指派问题的方法为:

当 $\sum_{i=1}^{m} a_i = n$ 时, 表示总的任务数等于总的实际完成能力; 当 $\sum_{i=1}^{m} a_i \neq n$ 时, 表示人 (或设备) 与任务数不等的情况, 此时需要将其转化为人 (或设备) 与任务数相等的形式, 方法如下:

1) $\sum_{i=1}^{m} a_i < n$ 时, 表示总的任务数大于总的实际完成能力, 此时可以通过添加虚拟的 "人 (或设备)" 使得二者相等, 此虚拟的 "人 (或设备)" 完成任务的效率系数取 0 即可.

2) $\sum_{i=1}^{m} a_i > n$ 时, 表示总的任务数小于总的实际完成能力, 此时可以通过添加虚拟的 "任务" 使得二者相等, 此虚拟的 "任务" 被完成的效率系数也取 0 即可.

令 $n' = \max(n, \sum_{i=1}^{m} a_i)$, 并有相应的综合效率矩阵为 $D'' = (d''_{ij})_{n' \times n'}$, 则可将人 (或设备) 与任务数不等的指派问题转化为人 (或设备) 与任务数相等的标准型指派问题

$$\min z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} d'_{ij} x_{ij}$$

$$\left\{\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le a_i, \quad i = 1,2,\cdots,m \\ &\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1, \quad j = 1,2,\cdots,n \\ &x_{ij} = 0,1 \end{aligned}\right. \Longrightarrow$$

$$\min z = \sum_{i=1}^{n'}\sum_{j=1}^{n'} d''_{ij} x_{ij}$$

$$\left\{\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{n'} x_{ij} = 1, \quad i = 1,2,\cdots,n' \\ &\sum_{i=1}^{n'} x_{ij} = 1, \quad j = 1,2,\cdots,n' \\ &x_{ij} = 0,1 \end{aligned}\right. \tag{16}$$

### 2.6　求解步骤

根据以上分析, 拓展的区间数型多因素指派问题的求解步骤为:

**Step 1.** 根据式 (6) 和 (7) 确定规范化的区间数型效率矩阵;

**Step 2.** 根据式 (8) ∼ (11) 集结出规范化的区间数型综合效率矩阵;

**Step 3.** 根据式 (12) 确定规范化的区间数型综合效率矩阵的正、负理想点;

**Step 4.** 根据式 (13) 可以得到实数型人 (或设备) 与任务数不等的最大化指派问题, 然后得到实数型人 (或设备) 与任务数不等的最小化指派问题;

**Step 5.** 将实数型人 (或设备) 与任务数不等的最小化指派问题转化为标准型指派问题;

**Step 6.** 根据匈牙利法求解式 (16) 中的标准型指派问题, 可得最优方案.

## 3　不确定条件下的多传感器优化分配

设有 5 批目标 (分别记为 01、02、03、04、05) 进入由 3 种类型的传感器 (分别记为 I、II、III) 构成的探测空间, 考虑包括跟踪能力、可靠性、抗干扰能力在内的 3 个因素. 由于受各种不确定因素的影响, 按照 1 分 (最差) 到 10 分 (最好) 之间的标度方法评估, 给出各因素下的区间数型指数效率矩阵分别为

$$\tilde{C}^1 = \begin{pmatrix} [2,3] & [4,9] & [2,5] & [8,10] & [7,8] \\ [5,6] & [4,7] & [5,8] & [5,6] & [3,8] \\ [7,8] & [6,8] & [3,7] & [4,7] & [2,6] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{C}^2 = \begin{pmatrix} [6,7] & [6,9] & [7,9] & [6,10] & [7,9] \\ [3,6] & [5,7] & [4,7] & [3,6] & [3,4] \\ [4,8] & [3,8] & [2,7] & [6,7] & [5,7] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{C}^3 = \begin{pmatrix} [3,8] & [4,8] & [5,8] & [5,9] & [2,7] \\ [5,8] & [6,9] & [3,9] & [2,6] & [5,7] \\ [6,10] & [2,7] & [6,10] & [3,9] & [4,6] \end{pmatrix}$$

假设其中每种类型的传感器都可跟踪其中的 2 种目标, 问如何分配传感器对目标进行跟踪, 才能使我方的效能达到最大?

显然, 这是一个可用拓展的区间数型多因素指派问题求解的传感器优化分配问题, 模型为

$$\max z = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{5} \tilde{c}^t_{ij} x_{ij},\ t = 1,2,3$$

$$\left\{\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{5} x_{ij} \le 2, \quad i = 1,2,3 \\ &\sum_{i=1}^{3} x_{ij} = 1, \quad j = 1,2,\cdots,5 \\ &x_{ij} = 0,1 \end{aligned}\right. \tag{17}$$

规范化后为

$$\tilde{R}^1=\begin{pmatrix} [0.071,0.16] & [0.142,0.481] & [0.071,0.267] & [0.285,0.535] & [0.249,0.428] \\ [0.178,0.321] & [0.142,0.374] & [0.178,0.428] & [0.178,0.321] & [0.107,0.428] \\ [0.249,0.428] & [0.241,0.428] & [0.107,0.374] & [0.142,0.374] & [0.071,0.321] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{R}^2=\begin{pmatrix} [0.034,0.367] & [0.034,0.471] & [0.039,0.471] & [0.034,0.524] & [0.039,0.471] \\ [0.017,0.314] & [0.028,0.367] & [0.023,0.367] & [0.017,0.314] & [0.017,0.209] \\ [0.023,0.419] & [0.017,0.419] & [0.011,0.367] & [0.034,0.367] & [0.028,0.367] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{R}^3=\begin{pmatrix} [0.095,0.479] & [0.127,0.479] & [0.158,0.479] & [0.158,0.539] & [0.063,0.419] \\ [0.158,0.479] & [0.19,0.539] & [0.095,0.539] & [0.063,0.359] & [0.158,0.419] \\ [0.19,0.599] & [0.063,0.419] & [0.19,0.599] & [0.095,0.539] & [0.127,0.359] \end{pmatrix}$$

取 $(c,e)=(0.5,1)$, 则 $\boldsymbol{w}=(0,0.34,0.66)^{\mathrm{T}}$, 利用 UOWA 算子可得区间数型综合效率矩阵为

$$\tilde{R}=\begin{pmatrix} [0.036,0.348] & [0.055,0.627] & [0.037,0.487] & [0.066,0.702] & [0.035,0.587] \\ [0.066,0.419] & [0.058,0.489] & [0.068,0.525] & [0.027,0.444] & [0.042,0.42] \\ [0.093,0.559] & [0.027,0.553] & [0.04,0.489] & [0.06,0.741] & [0.034,0.454] \end{pmatrix}$$

确定其正、负理想点分别为

$$r^+=[r_L^+,r_U^+]=[0.093,0.741]$$

$$r^-=[r_L^-,r_U^-]=[0.027,0.348]$$

实数型人 (或设备) 与任务数不等的最大化指派问题的综合效率矩阵为

$$D=\begin{pmatrix} 0.02 & 0.669 & 0.325 & 0.856 & 0.538 \\ 0.24 & 0.375 & 0.475 & 0.209 & 0.19 \\ 0.604 & 0.447 & 0.336 & 0.928 & 0.246 \end{pmatrix}$$

实数型人 (或设备) 与任务数不等的最小化指派问题的综合效率矩阵为

$$D'=\begin{pmatrix} 0.908 & 0.259 & 0.603 & 0.072 & 0.39 \\ 0.688 & 0.553 & 0.453 & 0.719 & 0.738 \\ 0.324 & 0.481 & 0.592 & 0 & 0.682 \end{pmatrix}$$

通过引入虚拟的 "目标", 可得标准型指派问题的综合效率矩阵为

$$D''=\begin{pmatrix} 0.908 & 0.259 & 0.603 & 0.702 & 0.39 & 0 \\ 0.908 & 0.259 & 0.603 & 0.702 & 0.39 & 0 \\ 0.688 & 0.553 & 0.453 & 0.719 & 0.738 & 0 \\ 0.688 & 0.553 & 0.453 & 0.719 & 0.738 & 0 \\ 0.324 & 0.481 & 0.592 & 0 & 0.682 & 0 \\ 0.324 & 0.481 & 0.592 & 0 & 0.682 & 0 \end{pmatrix}$$

根据匈牙利算法可得到最优分配方案为: 传感器 I 跟踪 02、05 批目标, 传感器 II 跟踪 03 批目标, 传感器 III 跟踪 01、04 批目标, 并可使我方的总体效能达到最大.

## 4 结束语

多传感器管理系统所讨论的问题不仅仅是从数据中提取需要的信息, 而且要合理地选择需要用到的数据. 它已经超出了有效利用来自多传感器数据的范围, 是属于检测资源的有效分配问题. 本文所提出的区间数型多因素指派模型, 适用于不确定条件下的多传感器优化分配问题, 并且对其他类似的资源分配问题也有一定的应用价值.

## References

1 Yang Xiu-Zhen, He You, Ju Chuan-Wen. Present situation and development of multisensor management system. *Journal of Transducer Technology*, 2004, **23**(1): 5−8
(杨秀珍, 何友, 鞠传文. 多传感器管理系统研究现状与发展趋势. 传感器技术, 2004, **23**(1): 5−8)

2 Yang Xiu-Zhen, Ju Chuan-Wen, He You. Simulation management of multi-sensor system based on the effectiveness function. *Journal of System Simulation*, 2003, **15**(2): 251−253
(杨秀珍, 鞠传文, 何友. 基于效能函数的传感器管理系统仿真. 系统仿真学报, 2003, **15**(2): 251−253)

3 Kastella K. Discrimination gain to optimize detection and classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 1997, **27**(1): 112−116

4 Yang Wan-Hai. *Multi-sensor Data Fusion and Applications*. Xi′an: Xidian University Press, 2004
(杨万海. 多传感器数据融合及其应用. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004)

5 Xu Pin-Gao. *Overall Design of the System of Ground-to-air Missile*. Beijing: Astronautics Press, 1996
(徐品高. 防空导弹体系总体设计. 北京: 宇航出版社, 1996)

6 Fan Zhi-Ping, Wang Xin-Rong. Approach to solve assignment problems with linguistic assessment information. *Journal of Systems Engineering*, 2004, **19**(1): 14−19
(樊治平, 王欣荣. 具有语言评价信息的指派问题的求解方法. 系统工程学报, 2004, **19**(1): 14−19)

7 Song Ye-Xin, Wu Xiao-Ping, Chen Mian-Yun. A approach to solve multi-object assignment problems with fuzzy information. *Systems Engineering*, 2001, **19**(1): 28−33
(宋业新, 吴晓平, 陈绵云. 具有模糊信息的多目标指派问题求解. 系统工程, 2001, **19**(1): 28−33)

8 Herrera F, Lopez E, Mendana C, Rodrguez M A. Solving an assignment-selection problem with verbal information and using genetic algorithms. *European Journal of Operational Research*, 1999, **119**(2): 326−337

9 Huang De-Cai. An efficiency algorithm for solving the optimal solution of a generalized assignment problem. *Control and Decision*, 1999, **14**(3): 272−275
(黄德才. 求广义指派决策问题最优解的有效算法. 控制与决策, 1999, **14**(3): 272−275)

10 Xu Ze-Shui. *Uncertain Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Beijing: Tsinghua University Press, 2004
(徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用. 北京: 清华大学出版社, 2004)

11 Qian Song-Di. *Operational Research*. Beijing: Tsinghua University Press, 1990
(钱颂迪. 运筹学. 北京: 清华大学出版社, 1990)

12 Yager R R. Applications and extensions of OWA aggregations. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1992, **37**(1): 103−122

**张 肃**　空军工程大学博士研究生. 主要研究方向为决策分析, 效能评估与智能信息处理. 本文通信作者.
E-mail: zslytg@yahoo.com.cn
(**ZHANG Su**　Ph. D. candidate at Air Force Engineering University. His research interest covers decision making analysis, efficiency evaluating, and intelligent information analysis. Corresponding author of this paper.)

**程启月**　国防大学教授. 主要研究方向为作战指挥决策理论, 指挥信息系统.
(**CHENG Qi-Yue**　Professor at National Defense University. Her research interest covers military command decision making and command information system.)

**申卯兴**　空军工程大学教授. 主要研究方向为作战指挥决策理论.
(**SHEN Mao-Xing**　Professor at Air Force Engineering University. His research interest covers military command decision making.)