

模型识别在日本遗弃化学武器销毁设施选址中的应用

Application of Model Identification for Site Selection of the Destruction Facility of Abandoned Chemical Weapons by Japanese

贺亚兰/HE Ya-lan

北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081

School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

[摘要] 以日本遗弃化学武器销毁设施选址为例, 通过综合分析, 提出了化学武器销毁设施选址的 10 个特征指标, 包括距 10 万人口城市的安全距离、距居民区的安全距离、距重要目标区的安全距离等 3 个定量指标, 以及避开少数民族聚居地情况、避开饮用水源保护区情况、避开自然保护区情况、场地环境、地质条件、气候条件、应急救援条件等 7 个定性指标。采用专家评估法将定性指标量化, 并将量化后的定性指标和定量指标结合, 应用模糊集理论优选了日本遗弃化学武器销毁设施地址方案, 为决策者提供了科学依据。

[关键词] 模型识别, 日本遗弃化学武器, 销毁设施, 方案择优

[中图分类号] F205, TJ92

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)01-0067-03

Abstract: Seven qualitative and three quantitative indications were put forward through system analysis for the selection of the site of the destruction facility of chemical weapons abandoned by Japanese. The three quantitative indicators are the distance to cities of more than 100,000 citizens, to residential areas and to important objects. The seven qualitative indicators include avoiding the inhabiting area for national minority, avoiding the protected area of water resource, avoiding the natural protected areas, the ground environment, the geology, the climate and the first-aid, which are quantified using expert-evaluation method. Combined with a multi-target system fuzzy optimization model, these ten indicators are applied to select the site of the destruction facility of abandoned chemical weapons by Japanese and provide the scientific foundations to make policy.

Key Words: model identification, chemical weapons abandoned by Japanese, destruction of facility, optimal project selection

CLC Numbers: F205, TJ92

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)01-0067-03

1 问题的提出

日本侵华战争失败后, 在中国遗弃了大量化学武器。目前在中国境内 19 个省、市、自治区的 30 多个县市先后发现了遗弃化学武器, 约有 200 万枚化学炮弹、400 万枚毒气筒和 150 余吨散装毒剂^[1]。这些遗弃化学武器数量多, 散落范围广, 埋藏地下 60 余年, 锈蚀破损严重, 毒剂泄漏, 弹中炸药性能变得很不稳定, 不仅污染着环境, 而且严重威胁着中国人民的生命健康和安全以及生态环境安全, 挖掘、回收并彻底销毁日本遗弃化学武器刻不容缓^[2]。

1997 年 4 月生效的《禁止化学武器公约》规定, 禁止缔约国发展、生产、储存和使用化学武器, 并要求在公约生效后 10~15 年内销毁所拥有的全部化学武器。据此, 1999 年 7 月 30 日, 中日双方签署了《关于销毁中国境内日本遗弃化学武器的备忘录》。日方在备忘录中承认在华遗弃化学武器的事实, 承诺履行销毁义务。中方同意在最优先确保生态环境及人员安全的基础上在中国境内实施销毁^[3]。

销毁设施选址是一项多因素、多目标、多层次的复杂系统工程。根据国际公约和中日双边协定的总体目标要求, 针对已经探知的日本遗弃化学武器的埋藏状况和销毁工程风险巨大的特点, 在选址条件论证、区域筛选和调查、场址初选和地址确定等基础

上, 初步拟定了多个备选方案。这些方案各有优缺点, 但不同指标的优劣程度又可能是互相交错的。因此, 如何根据多方面、多角度的综合考虑, 全面衡量, 从多个备选方案中找出相对合理的方案, 以作为销毁设施最合适的建设地址, 就成为日本遗弃化学武器销毁工程的重要内容之一, 也称为销毁设施地址方案的择优问题。

本文使用模糊集理论在模型识别中应用广泛的贴近度概念与择近原则, 为上述日本遗弃化学武器销毁设施地址方案优选问题提供一个有效的方法。

2 模型识别、贴近度与择近原则

在科学分析与决策中, 为了使用和管理, 需要将搜集到的历史资料归纳并分类整理。在新样本出现时, 需要判断它与历史资料的关系并对它归类; 如果它与历史资料的类别不符, 则需要判断它是否为新类别。这就是模型识别问题^[4]。

本文仅考虑“集对集”的模型识别问题, 即一个模糊集对标准模糊集的识别问题。为此, 引入“贴近度”概念^[5], 用它来刻画 2 个模糊集的接近程度。

设 $F(X)$ 为 X 上的模糊子集全体所成之集, R^n 为 n 维实数空间,

收稿日期: 2005-10-21

作者简介: 贺亚兰, 女, 北京理工大学管理科学与工程学科博士研究生, 副研究员, 主要从事组织行为模式与设计研究;

E-mail: yalanhe@bit.edu.cn

$$\text{令 } d_p(x, y) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{1/p}$$

式中 $P > 0$ 是固定的参数, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$
 R^n 。

设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是一个有限论域, $A, B \in F(X)$, 令 $\tau(A, B) = 1 - c_d(A, B)^\alpha$, 其中 c, α 为适当选择的参数, 并保证 $0 \leq \tau(A, B) \leq 1$, $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ 。

取 $\alpha = 1$, $c = \frac{1}{n}$, $P = 2$ 欧氏距离, 则有基于距离 d_p 的贴近度:

$$\tau(A, B) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |a_i - b_i| \quad (2-1)$$

依据贴近度, 可以给出模糊集相互识别的择近原则。

设 $A_i \in F(X)$, $i = 1, 2, \dots, n$, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 构成一个标准模型库。对于待识别的 $B \in F(X)$, 若 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, 使

$$\tau(B, A_i) = \max_{1 \leq j \leq n} \tau(B, A_j) \quad (2-2)$$

则称在 τ 的意义下 B 在 A 中最贴近 A_i , 或者说 B 在 A 中相对取作标准模型 A_i 。

3 备选方案的择优模型

设日本遗弃化学武器销毁设施地址有 m 个备选方案: $A_1, A_2, \dots, A_m$; n 个评价指标, 这些指标是与销毁设施选址有关的各种因素, 既有自然的, 又有社会的, 既有定量的, 又有定性的, 它们从不同侧面反映了备选方案的优劣程度。记第 i 个方案的评价指标值为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$; $i = 1, 2, \dots, m$; $x_{ij} \geq 0$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。

由于销毁设施地址备选方案的评价指标物理涵义明确, 除了其值越大越好的指标外, 就是其值越小越好的指标, 不存在不能比较的问题。加之方案选择是从已有的 m 个方案中挑选“较好”的, 而不是在未知的范围内寻求“最优”的, 所以可以取备选方案中各项指标的最佳数值作为基准方案的指标值, 也可以根据历史经验制定基准方案的指标值。

令基准方案为 A_0 , 它对应的指标值为 $x_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$, 式中 x_0 的数值可以根据以前的经验给出, 也可以对备选方案中数值越大越好的指标 j 取 $x_{0j} = \max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$; 而对数值越小越好的指标 k 取 $x_{0k} = \min(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{mk})$ 。

本文将方案 A_i 所对应的模糊集仍记作 A_i , 其隶属度为: 当 x_0 的数值是根据以前经验确定的基准方案值时,

$$\text{令 } a_j = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x_{ij}}{x_{0j}} + \frac{x_{0j}}{x_{ij}} \right) \right]^{-1}, j = 1, 2, \dots, n; \quad (3-1)$$

当 x_0 的数值是根据备选方案中各项指标的最佳数值作为基准方案的指标值时, 对数值越大越好的指标 j , 令

$$a_j = \frac{x_{ij}}{x_{0j}} \quad (3-2)$$

$$\text{对数值越小越好的指标 } k, \text{ 令 } a_k = \frac{x_{0k}}{x_{ik}} \quad (3-3)$$

这样可以得到 m 个模糊集

$$A_1 = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}),$$

$$A_2 = (a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}),$$

$$\dots \dots \dots$$

$$A_m = (a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn}),$$

它们是各备选方案的指标值标准化后所对应的模糊向量。显然, 基准方案 A_0 所对应的模糊集(仍记作 A_0)为: $A_0 = (a_{01}, a_{02}, \dots, a_{0n}) = (1, 1, \dots, 1)$, 它就是前面介绍的模型识别中的标准模糊集。

现在在给定的贴近度下, 就可以根据贴近度的大小, 排出备选方案的优先顺序, 或依据择近原则确定“最优”方案了。

由于方案选择是一个主观决策过程, 因此除了考虑客观评价

指标外, 还需要考虑决策者的主观偏好, 这可以通过给各指标赋予不同的权重系数来解决^[9]。本文将这种考虑体现在贴近度中, 将式(2-1)确定的贴近度稍加改动, 以便适应要求:

$$\tau(A, B) = 1 - \sum_{j=1}^n w_j |a_j - b_j| \quad (3-4)$$

其中 w_{j0} 为第 j 个评价指标的权重, 且满足 $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 。注意到

$a_{j0} = 1$, $j = 1, 2, \dots, n$, 则由式(3-4), 方案择优贴近度计算公式可写为:

$$\tau(A_0, A_i) = 1 - \sum_{j=1}^n w_j |1 - a_{ij}| = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (3-5)$$

4 日本遗弃化学武器销毁设施地址优选

根据日本遗弃化学武器销毁工程的要求, 在确定了选址要达到的总目标“安全、稳定、环保”和建立了判断准则之后, 认真分析并综合考虑了影响销毁设施选址的社会环境条件、自然环境条件、场地环境条件、水文地质条件、气象条件、应急救援条件等 6 项因素, 初步拟定了 4 个备选方案: A_1, A_2, A_3 和 A_4 。

由于销毁设施选址是一个十分复杂的大系统, 涉及因素繁多。为了便于本文计算, 通过综合分析, 并结合遗弃化学武器的分布情况, 在初选因素集的基础上采用特尔斐法请有关专家对各因素进行了反复筛选, 本文选取了以下 10 项指标来进行方案的评价和选择: 距 10 万人口城市的安全距离是否达到要求; 距居民区的安全距离是否达到要求, 能够避免销毁发生爆炸时产生的冲击波、碎片及化学毒气的传播发生伤害事件; 距重要目标区(比如重要的军事设施、大型水利电力设施、交通通讯主要干线、核电站、飞机场、重要桥梁、易燃易爆危险设施等重要建设目标)的安全距离是否达到要求; 是否根据中国有关法律法规, 为避免激发民族和宗教矛盾避开了少数民族聚居地; 是否按照中国有关湿地生态环境保护的要求避开了属于河流溯源地、饮用水源保护区的地点; 是否按照中国有关自然保护区以及文物保护单位的规定避开了自然保护区及文物保护区; 是否避开了现有或规划中的设施, 场地是否开阔, 是否具备一定的水电、交通、通讯、医疗等基础设施, 运输风险如何; 地质条件避开湿地、避开自然灾害多发区的情况以及土壤的渗透性是否达标; 是否有明显的主导风向, 静风全年出现频率等气候条件是否符合要求; 是否有实施应急救援的水电、通讯、交通、医疗等条件。

根据专家咨询和分析计算, 得到各指标的权重及 4 个方案的各项指标如表 1 所示, 其中 * 为定性分析指标。按前述方法取定的基准方案的各项指标数值亦列于表 1 中。

表 1 拟定方案的各项指标值 x_{ij} 及权重 w_j
 Tbl.1 The targets x_{ij} and weight w_j of formulated projects

指标	权重与方案 w_j	A_1	A_2	A_3	A_4	A_0
距 10 万人口城市的安全距离: x_1	0.077 6	25	27	20	14	100
距居民区安全距离是否达到要求: x_2	0.027 1	2	1	3	1	3
距重要目标区的安全距离: x_3	0.014 1	5	8	13	7	13
* 避开少数民族聚居地情况: x_4	0.027 1	2.24	2.24	1.27	1.27	2.24
* 不属于河流溯源地、饮用水源保护区: x_5	0.020 0	5	5	5	10	10
* 避开自然保护区及文物保护单位情况: x_6	0.008 2	6	8	10	10	10
* 场地环境情况: x_7	0.249 4	5	4	4	4	10
* 地质条件避开湿地的情况: x_8	0.453 1	6	6	8	8	10
* 气候符合要求的情况: x_9	0.054 2	26	26	26	26	0
* 实施应急救援的条件: x_{10}	0.087 4	5	4	4	4	10

由基准方案的指标值以及式(3-2)、(3-3)、(3-5)计算得到的隶

属度和贴近度列于表 2。

表 2 4 个方案的模糊向量 a_i 和贴近度
Tbl. 2 The fuzzy vectors a_i and the similarity of the four projects

隶属度 方案	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	$\tau(i)$
A_1	0.87	0.5	0.67	1	0.83	1	0.56	0.5	1	0.56	0.576 4
A_2	0.85	1	0.42	1	0.83	0.5	0.67	0.5	1	0.67	0.653 3
A_3	0.93	0	0	0	0.83	0.5	0.67	1	1	0.67	0.821 8
A_4	1	1	0.50	0	0	0	0.67	1	1	0.67	0.844 8
A_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

由表 2 中的数字可知, 4 个方案贴近度的大小顺序为:

$$\tau(A_0, A_4)=0.844\ 8 > \tau(A_0, A_3)=0.821\ 8 > \tau(A_0, A_2)=0.653\ 3 > \tau(A_0, A_1)=0.576\ 4$$

这说明方案 A_4 比方案 A_3 、方案 A_2 、方案 A_1 更加贴近基准方案, 即方案 A_4 优于其它 3 个方案。

5 结论

日本遗弃化学武器销毁设施地址的选择是一个全新而复杂的问题, 牵涉范围很广, 目前在国际及国内尚没有可以参考的成熟经验, 也没有固定的评价指标。本文通过综合分析, 选取了 10 个评价指标: 距 10 万人口城市的安全距离; 距居民区的安全距离; 距重要目标区的安全距离; 避开少数民族聚居地情况; 不属于河流溯源地、饮用水源保护区; 避开自然保护区及文物保护单位情况; 场地环境情况; 地质条件避开湿地的情况; 气候符合要求的情况; 实施应急救援的条件。这些指标基本上满足了日本遗弃化学武器销毁设施选址的要求。

通过专家评估方法, 解决了定性指标量化的问题。由于定性

指标本身就有模糊性、不确定性, 定性指标的量化只能反映其大概的优劣趋势或次序。评价指标的权重也是一种模糊概念, 反映的也是一种模糊权重, 而其权重对计算结果有一定影响, 确定评价指标的权重与人们对问题的认识有很大关系, 不同的认识得到的权重会不同, 从而会影响到计算结果, 影响到目标的决策。

日本遗弃化学武器销毁工程销毁设施的选址结果是基于研究者对日本遗弃化学武器销毁设施选址要求认识的基础上, 通过模糊集优选理论计算得到的结果, 从结果来看, 最优方案的选取比较符合目前日本遗弃化学武器销毁工程对销毁设施地址的要求, 计算结果是可靠的, 它为主管部门的决策提供了参考依据。模型识别是一个实用的优选决策理论, 应用范围较广, 本文尝试将该理论应用到日本遗弃化学武器销毁设施的选址问题上, 取得了较好的应用效果。

参考文献 (References)

- [1] 韩世峰, 王茜. 侵华日军遗弃毒弹伤人揭密[J]. 瞭望, 2003(25): 44-45.
- [2] 鲁义. 日本遗弃化学武器销毁工作的进展与现状[J]. 国际关系学院学报, 2005(1): 33-37.
- [3] 彭德明, 吴银彪, 王永杰, 等. 日本遗弃化学武器的危害及其销毁过程中的环境保护[J]. 环境保护 2004(2): 48-51.
- [4] 张强, 李金林. 模型识别在交通规划方案选择中的应用[C]. 北京: 第四届中国青年运筹与管理学者大会论文集, 2001: 341-345.
- [5] 韩立岩, 汪培庄. 应用模糊数学[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 1998.
- [6] 黎坤, 陈晓宏, 江涛, 等. 多目标系统模糊优选理论在城市饮用水源地选址中的应用[J]. 中山大学学报 2005(4): 120-123.
- [7] 马鹤龄. 道路交通系统工程基础[M]. 北京: 人民交通出版社, 1995.

(责任编辑 胡春华)

·科技智力游戏·

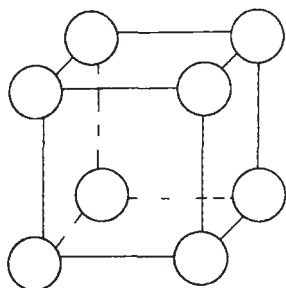
好玩的数学——神奇的幻方

所谓幻方(magic square), 就是一个 $n \times n$ 阶的方阵, 在其中填入自然数 $1 \sim n^2$, 恰使每行、每列和 2 条对角线上 n 个数字之和都相等, 其值为

$$S = \frac{1}{2} n(n^2 + 1)$$

S 称为 n 阶幻方的幻方常数或幻和。显然, $n=1$ 或 2 的幻方是不存在的, 只有 $n \geq 3$ 的方阵才能构成幻方。

在数学史上, 幻方的发明权属于中国。相传在公元前 2200 年, 大禹治理洛水的时候, 有一只神龟献给大禹一本《洛书》, 书中的一幅图用今天的数学符号翻译出来, 就是一个 3 阶幻方。这个 3 阶幻方就是现今在经济、军事等各领域有着广泛应用的组合数学的起源。



下面我们给出的问题是幻方的一种变形, 叫幻立方体, 请你在如左图所示的立方体的 8 个顶点上分布 1~8, 使每面 4 数之和都相等。

上期“奇妙的循环数”答案
设要求的数是
 $N = a_1 a_2 a_3 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n$, 则经过

$$\text{变换以后的数是 } 3 \frac{N}{2} = a_1 a_2 a_3 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n$$

现在我们考虑如下循环小数:

$$x = a_1 a_2 a_3 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n$$

把 x 除以 10 (也就是把小数点左移一位):

$$\frac{x}{10} = a_1 a_2 a_3 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n \text{ 从 } x \text{ 中减去 } a_n$$

$$x - \frac{x}{10} = a_1 a_2 a_3 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n a_1 a_2 \dots a_n$$

上述第一个小数 $\frac{x}{10}$ 是一个纯循环小数, 其中的数正是 N 中

的数; 第二个小数 $x - \frac{x}{10}$, 也是一个纯循环小数, 其中的数正是 $3 \frac{N}{2}$

中的数。因此,

$$x - \frac{x}{10} = \frac{3}{2} \cdot \frac{x}{10}$$

$$\text{化简得 } 17x = 20a_n$$

因为要求的是最小整数, 所以应取 $a_n=1$, 这样 $x = \frac{20}{17} = 1 \frac{3}{17}$,

$\frac{3}{17}$ 也是一个循环小数, 因此 $x = 1.1764705882352941$ 。根据 x 的定义, 可知 $N = 1176470588235294$, 这就是所要求的数。

(供稿 吴鹤龄 责任编辑 黄永明)