

灯塔管理模式模糊优选方法应用研究

付敬杰

(交通运输部东海航海保障中心宁波航标处, 浙江 宁波 315000)

摘要: 灯塔是一种常见的海上助航标志, 但随着我国航标管理部门财政资金的压缩、新老职工的更替及现有在编灯塔工作人员的不足、招录人员方式的改变等都导致了现有的灯塔管理模式难以为继, 我国海岸线漫长, 灯塔众多, 由于环境、各灯塔主管单位人员年龄结构等因素也有所不同, 目前还具备全部采用无人化值守的条件。为更好保障灯塔的正常运行, 现阶段针对不同的灯塔选取适合的管理模式是非常必要的。本文针对目前我国常见的三种灯塔管理模式进行分析, 基于模糊优选方法对三种管理模式进行优选方法研究。最后以我国某灯塔为实例, 验证基于模糊优选方法的灯塔管理模式优选方法有效可行。

关键词: 灯塔管理模式; 模糊评判模型; 模糊优选方法

中图分类号: U644.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 05—0040—03

灯塔是一种常见的海上助航标志, 一般建于航道关键位置, 用于引导船舶航行和指示危险海域。作为茫茫大海上的重要地标性建筑物, 随着航海科技和航海保障技术的发展, 灯塔衍生出了新的功能, 越来越多的航海保障装置被安装在灯塔之上。此外近年来, 灯塔的其他潜在价值如历史文化价值、旅游价值以及在争议海域宣誓主权作用逐渐得到重视。为了保障灯塔的这些功能, 灯塔职工一直默默地坚守灯塔, 保障灯塔及其他导航设备正常运行, 稳定地发挥效能。

因灯塔通常位于无人孤岛, 水电不通, 交通不便, 给岛上的职工生活和工作带来了极大的不便。并且随着航标管理部门财政资金的压缩、新老职工的更替及现有在编灯塔工作人员的不足、招录人员方式的改变等都导致了现有的灯塔管理模式难以为继。在国外, 灯塔管理模式向无人值守是一个趋势, 以美国为例, 目前全美国仅剩余一座有人值守的灯塔^[1]。目前, 我国的航标主管部门也逐步通过采用无人化值守方式进行管理模式代替现有的灯塔管理模式。

但是, 我国海岸线漫长, 灯塔众多, 由于环境、各灯塔主管单位人员年龄结构等因素也有所不同, 目前还不具备全部采用无人化值守的条件。我国的航标主管部门也对灯塔的管理模式进行了积极的探索, 例如在温州北麂山灯塔利用社会志愿者值守辅助进行灯塔的管理, 但很多管理模式具有一定的局限性, 无法在全国范围内推广。目前我国航标管理部门最常见的管理模式有三种, 分别是航标主管部门自有职工值守模式、外包人力资源值守模式、无人值守模式。为更好保障灯塔的正

常运行, 现阶段针对不同的灯塔选取适合的管理模式是非常必要的。为解决灯塔管理模式的优选问题, 本文基于模糊综合评判方法开展了灯塔管理模式优选方法的研究。

1 单元系统模糊优选理论模型

设系统有 n 个决策, 每个决策有 m 个目标特征值评价其优劣, 则有目标特征值矩阵^[2]:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} = (x_{ij}) \quad (1)$$

其中 X_{ij} 为决策 j 目标 i 的特征值。 $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ 。

为消除 m 个目标特征值量纲不同的影响, 需要将矩阵 X 规格化。即分别对越大越优、越小越优、中间型目标特征值采用不同的规格化公式, 将矩阵 X 转化为目标相对优属度矩阵 R :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \wedge_j x_{ij}}{\vee_j x_{ij} - \wedge_j x_{ij}}, r_{ij} = \frac{\vee_j x_{ij} - x_{ij}}{\vee_j x_{ij} - \wedge_j x_{ij}}$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} = (r_{ij}) \quad (2)$$

根据相对隶属度的定义, 劣与优分别处于参考连续统的两个极点, 则劣、优决策的目标相对劣属度与优

属度向量分别为:

$$b = (0, 0, \dots, 0)^T \quad (3)$$

$$g = (1, 1, \dots, 1)^T \quad (4)$$

若 m 个目标具有不同的权重, 设权向量为:

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T \quad (5)$$

w_i 须满足:

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (6)$$

由矩阵 R 可知决策 j 的目标相对优属度向量:

$$r_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T \quad (7)$$

则决策 j 与优、劣决策的广义权距离分别为:

$$d_{jg} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i (1 - r_{ij})]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$d_{jb} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i (r_{ij} - 0)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = \left[\sum_{i=1}^m (w_i r_{ij})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

设决策 j 对优的相对隶属度即决策 j 的相对优属度以 u_j 表示, 对劣的相对隶属度以 u_j^c 表示, 按对立模糊集定义, 有:

$$u_j^c = 1 - u_j \quad (10)$$

将相对隶属度定义为权重, 则决策 j 与优决策之间的加权广义权距离:

$$D_{jg} = u_j d_{jg} \quad (11)$$

决策 j 与劣决策间的加权广义权距离 (简称距劣距离) 为:

$$D_{jb} = u_j^c d_{jb} = (1 - u_j) d_{jb} \quad (12)$$

为求解决策 j 相对优属度的最优值, 建立目标函数为:

$$\min \{ F(u_j) = u_j^2 d_{jg}^2 + (1 - u_j)^2 d_{jb}^2 \} \quad (13)$$

解:

$$\frac{dF(u_j)}{du_j} = 0$$

则得到决策相对优属度计算模型,

$$u_j = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{jg}}{d_{jb}} \right)^2} \quad (14)$$

决策相对优属度模型是模糊优选方法中的一种重要模型。

把公式 (14) 变换为可变模型:

(1) 在公式 (8)、(9) 中引入距离参数 p 。

$$d_{jg} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i (1 - r_{ij})]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (15)$$

$$d_{jb} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i (r_{ij} - 0)]^p \right\}^{\frac{1}{p}} = \left[\sum_{i=1}^m (w_i r_{ij})^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (16)$$

$p=2$ 欧氏距离, $p=1$ 海明距离

(2) 在式 (14) 中引入优化准则参数 α 。

$$u_j = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{jg}}{d_{jb}} \right)^\alpha} \quad (17)$$

式 (17) 称为模糊概念的可变模型。

当 $\alpha=1, p=1$ 时, 式 (17) 变为:

$$u_j = \sum_{i=1}^m w_i r_{ij} \quad j=1, 2, \dots, n \quad (18)$$

用向量式表示:

$$\bar{u} = (w_1, w_2, \dots, w_m) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} = (u_1, u_2, \dots, u_n) \quad (19)$$

即式 (17) 变为模糊综合评价模型。

对比决策相对优属度模型和模糊综合评价模型, 由于模糊综合评价模型的评判值趋于均化, 常出现各方案的综合评判值相差不大, 难以作出决策与选择。取 $p=1$ 时的决策相对优属度模型是非线性函数, 在拐点两侧有更大的离散性, 即各方案的相对优属度有更大的分散性, 更于做出决策与选择。本文的灯塔管理模式优选方法将基于决策优属度模型进行。

2 灯塔管理模式优选方法研究

根据我国航标管理部门在灯塔管理方面的实际情况, 基于单元系统模糊优选理论模型, 将目标特征值分为成本 (包括维护成本、改造成本等)、灯塔运行效果 (包括导助航效果、历史文化价值发挥效果等)、运行风险 (包括人员安全风险、设备物资损失风险等)。确

定目标矩阵 X 如表 1 所示。

表 1 目标矩阵 X

	自有员工 值守	外包人力 资源值守	无人值守
成本	x_{11}	x_{12}	x_{13}
灯塔运 行效果	x_{21}	x_{22}	x_{23}
运行风 险	x_{31}	x_{32}	x_{33}

其中灯塔运行效果及运行风险评价方法主要以定性评价为主，难于用量化的指标来表示灯塔运行效果及运行风险两个目标特征值的实际情况。

2.1 灯塔运行效果及运行风险量化评估

灯塔运行效果及运行风险是灯塔管理中最重要评价指标，但由于缺乏评判标志，目前对于这两项指标的评判仍具有较大的主观性。为量化这两项指标，本文首先根据灯塔实际情况对各影响因素建立评价指标如表 2 所示。

表 2 灯塔影响因素评价指标

目标特征 值	评价指标	详细内容
灯塔运行 效果	助航效能评 价	灯塔主灯失常修复时间(小时/ 年)
		灯塔主灯失常频率(次/年)
		灯塔主灯失常后备灯切换成功 率
		其他设备失常修复时间(小时/ 年)
		其他设备失常频率(次/年)
	其他潜在价 值评价	游客参观人次(人次/年)
		文保单位考核情况
灯塔养护效 果评价	养护质量考核情况	
	环境卫生保持情况	
运行风险	人员安全风险	人员遇到安全隐患的可能性 (次/年)
	设备安全风险	设备被盗损失(元/年)
		设备受恶劣环境影响损失(元/ 年)

3 应用实例

本文以我国沿海某灯塔为例，该灯塔位于无人孤岛，水电不通，交通不便，海岛上毒蛇蚊虫较多，灯塔职工生活条件较差，且岛上现有职工四人（1 个在编职工和 3 个外聘职工）中在编职工和另一外聘职工也将于近两年内退休，因此有必要选择合适的灯塔管理模式代替现行的灯塔管理模式。

该灯塔目前主要设备为灯塔内的旋转航标灯，灯器供电采用太阳能。灯塔职工生活用电采用柴油发电机组及太阳能光伏发电共同进行。若后续采用无人化值守方

式，需要新增防盗报警系统、监控安防等设备，同时对围墙进行加高。通过统计估算，自有职工值守模式、外包人力资源值守模式、无人值守模式改造及后续费用(按两年费用计算)如表 3 所示。

表 3 三种灯塔管理模式费用(万元)

项目内容	自有职 工值守 模式	外包人力 资源值守 模式	无人 值守 模式
硬件改造费用(围墙封 闭、监控安防系统等)	0	6	20
补给及人员上下岛交通 费用	12	12	3
人员工资	70	48	0
日常费用(管道线路门 窗修理,绿化修剪,油 机维护等)	10	10	6
管理费及税费等	0	20	0
合计	92	90	29

通过判断矩阵标度方法对灯塔运行效果、其他风险两个目标特征值和权向量进行评判，为使权向量满足模糊综合评判方法的要求，对其进行等比换算，经换算，权向量 $w = (0.4, 0.3, 0.3)^T$ 。

综上，确定目标矩阵 X，

$$X = \begin{Bmatrix} 1/92 & 1/90 & 1/29 \\ 9 & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \end{Bmatrix}, \text{ 则相对优属度模型}$$

$$R = \begin{Bmatrix} 1 & 1.02 & 4.38 \\ 9 & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \end{Bmatrix}。 \text{ 模糊综合评价模型为}$$

$$\bar{U} = (0.4, 0.3, 0.3) \bullet \begin{Bmatrix} 1 & 1.02 & 4.38 \\ 9 & 8 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \end{Bmatrix} = (3.70, 3.71, 2.35)$$

因此，对于此灯塔，现阶段采用外包人力资源值守的灯塔管理模式更为适合。

4 结论

本文针对目前我国常见的三种灯塔管理模式进行分析，基于模糊优选方法对三种灯塔管理模式进行优选。最后以我国某灯塔作为实例，验证模糊优选方法在灯塔管理模式优选中有效可行。

参考文献：

- [1] 任万里. 灯塔值守服务中志愿者参与的管理研究 [D]. 西北农林科技大学, 2018.
- [2] 陈守煜. 可变模糊集理论与模型及其应用 [M]. 大连理工大学出版社, 2009
- [3] 周永林. 基于模糊综合评判的可信度评估模型及方法研究 [D]. 电子科技大学, 2016.