

# 农村中小型泵站工程综合评价的一种新途径

房 凯

(宿迁市水务局, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:** 农村中小型泵站是农村水利工程中结构最复杂的水工建筑物。传统的评价方法主要是模糊层次法, 应用十分广泛, 但是指标易受量纲影响, 指标权重受人为影响大。为避免这一问题, 在传统评价模型基础上, 建立了投影寻踪聚类评价模型, 通过加速遗传算法解决非线性规划问题。根据计算出的投影值确定老化程度, 为泵站工程改造提供依据。

**关键词:** 泵站; 投影寻踪聚类; 评价

中图分类号: TV675

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2018) 03-0055-04

## New way to solve the problem of comprehensive assessment for rural small and medium sized pumping station

FANG Kai

(Suqian Water Resources Bureau, Suqian 223800, Jiangsu)

**Abstract:** Rural pumping station is the most complex structure in rural water conservancy project. The traditional method of evaluation is the fuzzy hierarchy method, which it is widely used. In order to solve the impact of dimension and index weight of evaluation indexes, projection pursuit cluster model is used in the evaluation model. Combining with the accelerating genetic algorithm, aging degree of the pumping stations can be determined according to the projection value of each pumping station. Through the model calculation, compared with the traditional method, the method is feasible.

**Key words:** pumping stations; projection pursuit cluster; assessment

### 1 研究背景

当前, 我国很多农村中小型泵站由于建设年代早, 建设标准低, 机电设备老化, 装置效率低下, 运行管理不规范, 在农业灌溉、排涝时效益低下, 安全运行得不到保证<sup>[1-2]</sup>。为此, 各级政府为提高农业综合生产能力, 正在大力实施大中型灌区续建

配套和节水改造、小型农田水利重点县等农村水利工程, 对灌溉排涝的农村中小型泵站进行改造, 故亟需对这些农村中小型泵站进行综合评价, 为确定改造方案提供较为科学的依据。

传统的评价方法主要是模糊层次法, 应用十分广泛, 但是指标易受量纲影响, 指标权重受人为影响大。为避免这一问题, 本文采用投影寻踪

收稿日期: 2017-11-08

作者简介: 房凯 (1984-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事农村水利建设管理、系统工程优化研究工作。

聚类模型,寻求最佳投影方向,对最佳投影方向与评价指标的投影计算得到投影值<sup>[3-4]</sup>,投影值作为泵站工程综合评价结果。最佳投影方向求解是一个复杂的非线性优化问题,由于遗传算法是一种通过模拟自然进化过程搜索最优解的方法<sup>[5-6]</sup>,研究应用较广,可以得到最优解。本文以农村中小型泵站为例,阐述建立投影目标函数以及遗传算法求解等过程。

## 2 评价模型建立

### 2.1 评价指标确立

影响泵站工程综合评价的因素很多,从泵站工程规划设计、泵站设计参数与实际工况,再到泵站工程运行管理现状等几个方面进行分析,在参考已研究的泵站相关评价指标体系基础上,建立三层泵站工程综合评价指标体系。评价指标体系确定了4个一级指标:技术指标、运行状态、老化状态、管理状况;16个二级指标:装置效率、泵站运行状况、机电设备运行状况、配套设施情况、管理情况等;在二级指标下设立55个三级指标<sup>[1-2]</sup>,如工程完好率、设备完好率、泵站设计参数与工况一致性等。

### 2.2 评价指标处理

经前期调查分析,确定评价指标等级。评价等级分为“好、较好、中、较差、差”5个评价等级,对应量化值分别设置为1、2、3、4、5。这样,一个泵站工程各项指标得分就可以通过矩阵 $[1, 2, 3, 5, \dots, 5, 2, 3]$ 表示。 $n$ 个泵站工程各项指标得分就可以得到 $n$ 行55列指标矩阵。

模糊层次法中权重的确定,目前运用较多的方法有加权平均法、专家调查法、层次分析法以及Delphi法等。本文采用专家调查法,确定评价指标权重。

### 2.3 投影寻踪聚类评价模型

投影寻踪通过将高维数据向低维空间投影,通过分析低维空间的投影特性来研究高维数据的特征,是处理多因素复杂问题的统计方法<sup>[3]</sup>。主要有以下几个步骤:

一是评价指标归一化。归一化主要目的是解决评价指标量纲问题。评价指标赋分越高,表明泵站完好程度越高,采用如下归一方法:

$$x(i, j) = (x^*(i, j) - x_{\min}(j)) / (x_{\max}(j) - x_{\min}(j)) \quad (1)$$

式中: $x_{\max}(j)$ 、 $x_{\min}(j)$ 分别是第 $j$ 个评价指标的最大值和最小值, $x(i, j)$ 为第 $i$ 个样本第 $j$ 个评价指标归一后的值。

二是建立投影指标函数。将多维数据 $x(i, j)$ 反映在以 $a=[a_1, a_2, \dots, a_n]$ 为方向的投影值 $z(i)$ 。根据投影值分布特征,建立投影指标函数:

$$Q(a) = S_z D_z \quad (2)$$

式中: $S_z$ 、 $D_z$ 分别为投影值的标准差、局部密度。

其中:

$$S_z = \left[ \sum_{i=1}^n [z(i) - \bar{z}]^2 / (n-1) \right]^{0.5} \quad (3)$$

$$D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (R - r_{ij}) u(R - r_{ij}) \quad (4)$$

三是求解投影指标函数。数据结构特征通过投影方向表现。最大可能暴露高维数据特征结构的投影方向往往由最佳投影方向反映<sup>[3]</sup>。利用计算模型求解投影指标函数最大化来反映最佳投影方向<sup>[4]</sup>。最佳投影方向通过下式计算:

$$\text{目标函数: } \max Q(a) = S_z D_z \quad (5)$$

$$\text{约束条件: } \sum_{j=1}^m a^2(j) = 1 \quad (6)$$

目标函数求解属于复杂的非线性优化问题,本文利用加速遗传算法求解,可以得到最佳投影方向。

四是综合评价。将第三步计算出的最佳投影方向 $a^*$ 代入后,可以计算出评价对象的最优投影值。

### 2.4 加速遗传算法求解

加速遗传算法研究较多,求解步骤如下<sup>[5-6]</sup>:

一是进行变量编码。首先生成 $n$ 个 $[0, 1]$ 上的随机数 $y_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )作为初始个体,通过线性变换,可以将优化变量取值范围设置在 $[0, 1]$ 区间内,这样可以实现对优化变量的基因形式进行各种遗传操作。

二是进行父代群体的初始化。通过生成 $n$ 组 $[0, 1]$ 区间上的均匀随机数,即 $u_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ;  $j=1, 2$ ),将 $u_{ij}$ 作为初始群体的父代个体值 $y_i$ ,代入第一步计算出优化变量值,再代入计算出对应的目标函数值,并从小到大排列。

三是进行父代群体的适应度评价。通过前两个步骤,个体的适应度与目标函数值有一定关系。目标函数值越小,个体的适应度越高,最优解越接近。

四是进行子代个体生成。通过函数求解算出各个体的选择、杂交和变异概率。同时，选择、杂交和变异操作也在初始个体进行，这样就可以得到  $3n$  个子代个体。

五是进行演化迭代。将新生成的  $3n$  个子代个体，代入公式求解出  $3n$  个目标函数值，继续按照从小到大排序，新的父代群体从排在最前面的  $n$  个子代个体中选取，算法转到第三步，再继续下一次计算。

六是进行加速循环。变量新的初始变化区间采取前 2 次演化迭代所计算出的优秀个体这一子群体对应的变量变化区间，计算再从第一步开始，当达到设定的加速次数时计算停止。

3 综合评价实现

3.1 工程实例

以江苏省某一地区为例，该地区地貌大部分属山区，地势北高南低，北部为丘陵山岗地区，中南部为河谷平原地区，南部为平原圩区。境内有低矮山丘 60 多座，形成岗、塝、冲多种奇特地形。现有耕地面积  $6.27\text{万 hm}^2$ ，有效灌溉面积  $4.47\text{万 hm}^2$ ，境内固定灌溉排涝农村泵站 780 多处，农村泵站在保

障农业生产方面发挥了巨大作用。

3.2 泵站工程综合评价

传统的模糊层次法主要有 3 个步骤：一是二级指标得分。根据评价标准，对被评价泵站的各项指标科学打分，然后依据评价指标权重，计算出对应的二级指标得分。二是一级指标得分。根据第一步的二级指标得分以及对应的二级指标权重，得到对应的一级指标得分。三是评价总得分。根据第二步的一级指标得分以及对应的一级指标权重，得到泵站评价总得分。

投影寻踪聚类评价计算过程：一是对泵站评价样本进行归一化处理，然后代入公式，得到投影指标函数。二是利用加速遗传算法进行求解，选取父代种群数为 400，迭代次数为 50。通过进行父代群体的适应度评价和子代个体生成、演化迭代、加速循环等步骤得到最佳投影方向值  $a=[0.215, 0.226, 0.187, \cdots, 0.091, 0.124]$ 。三是将投影方向值代入投影指标函数得到投影值。根据投影值可以进行泵站综合评价分类，得分越低说明泵站工程老化越严重，也说明亟需进行改造。

经过计算，模糊层次法和投影寻踪法综合评价结果对比如表 1。

表 1 模糊层次法和投影寻踪法评价结果对比

泵站名称	模糊综合评判		投影寻踪评价	
	得分	老化排序	投影值	老化排序
董庄排涝站	55.62	1	1.22	1
三元顾家站	55.83	2	1.27	2
前湖站	58.68	3	1.74	4
新荡泵站	59.44	4	1.70	3
康庄东站	59.64	5	1.91	6
横沟东排涝	60.18	6	1.89	5
刘庄蔡塘泵	60.60	7	1.93	7
鹤湾北排涝	60.78	8	2.00	8
通江东泵站	61.78	9	2.40	12
九龙闸翻水	62.32	10	2.48	13
南河站	62.42	11	2.37	11
塘田电灌站	62.63	12	2.26	10
严桥街南排	62.78	13	2.15	9
团结二站	63.71	14	2.71	16

