

改进的正态灰云模型在物流路径选择中的应用

刘晓佳, 张可, 张艳艳

(集美大学航海学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 针对传统灰云评估模型中云理论数据“软”划分中存在的不足, 以及等级划分不规范, 评估时存在较大的随机性及模糊性等问题, 提出了改进的中心点正态灰云模型。该模型结合中心点三角白化权函数和云模型“软”划分的特点, 改进得到优化后的评估灰类, 克服了等级划分中数字特征偏离实际且不对称等问题。通过对应急物流路径方案评估分析, 验证了该模型的实用性和有效性。

[关键词] 三角白化权函数; 正态灰云模型; 聚类系数; 路径选择

[中图分类号] TP 301

The Application of Improved Normal Cloud Model Based on Grey System in the Selection of Logistics Paths

LIU Xiaojia, ZHANG Ke, ZHANG Yanyan

(Navigation College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: In view of the shortcomings of the ‘soft’ division of the cloud theory data in traditional grey cloud model and the lack of standardization of hierarchical division, as well as issues such as randomness and fuzziness in the evaluation, this paper proposes an improved central point normal gray cloud model. According to the characteristics of triangle whitening function and the “soft” division of the cloud model, it overcomes the problem of deviating from the actual and asymmetric digital features in the hierarchical division, and makes the evaluation clustering more standardized and effective. Through the analysis of the scheme of logistics routes, the validity and practicability of the model are verified.

Keywords: triangle whitening function; normal grey cloud model; clustering coefficient; route selection

0 引言

灰色模型就是通过少量的、不完全的信息建立的预测模型, 对事物发展规律进行模糊描述及预测^[1]。由于灰色模型具有样本数据要求低、计算工作量小及预测准确性高等特点, 被应用于具有灰色系统特点的社会系统、经济系统及生态系统等众多领域。陈昌源等^[2]利用灰色模型对海上交通综合安全指数进行预测, 得到了较为可靠的结果; 刘晓佳等^[3]利用灰色关联度评价法对交通运输方式可持续发展能力进行了研究。而在灰色模型基础上发展出来的灰云模型是结合云模型理论和灰色理论二者优点建立的^[4], 灰云白化权函数不仅能够实现定性向定量间的转化, 还能够综合刻画决策信息的不完全性和随机性问题。王健等^[5]把灰云模型应用到球载雷达模拟训练系统效能评估中, 得到了理想的效果; 丁远一^[6]

提出利用三角形灰云模型对银行客户的信用进行评估;李晗等^[7]把灰云模型应用到港口船舶应急疏散中,并以天津港为例进行了分析验证。而三角白化权函数的灰评估方法自提出至今,得到很多领域的评估实践。王化中等^[8]对原有三角白化权函数基础上进行改进得到一种混合制的中心点三角白化权函数;刘新卫^[9]将三角白化权函数的灰评估方法应用到农业生态环境质量评估中。汪弘等^[10]利用中心点三角白化权函数确定隶属度,结合模糊层次分析法确定指标权重对地表沉降进行评价。基于此,本文提出了在中心点三角白化权函数基础上的灰云评估模型,在中心点三角白化权函数和云模型“软”划分基础上得到优化后的评估灰类,该模型克服了云理论等级划分中数字特征过于呆板,偏离实际且不对称等问题,使评估聚类更加规范有效。最后通过对应急物流路径方案的评估分析,验证了模型的实用性。

1 正态灰云模型理论

1.1 灰云基本概念

灰云模型是在云理论基础上发展而来的,通常采用任意随机数 $U_x \in [0,1]$ 表示灰数的白化权,白化权模型可以用图 1 所示图形表示。

设 U 是一个论域,则白化权在论域上的分布称为白化权灰云,简称灰云。灰云的数字特征用峰值 C_x 、左右界值 (L_x,R_x) 、熵 E_n 以及超熵 H_e 等表征^[11]。峰值 C_x 是白化权等于 1 时的值,各数字特征间存在以下关系:

$$C_x = (L_x + R_x)/2; \tag{1}$$

$$E_n = (R_x - L_x)/6; \tag{2}$$

$$H_e = E_n/\alpha。 \tag{3}$$

其中: α 取 0.1。

正态灰云模型的数学期望为:

$$NGL(x) = \exp[-(x_i - C_x)^2/2E_n^2]。 \tag{4}$$

1.2 基于灰云的白化权函数模型

基于正态灰云的白化权函数的算法步骤:

- 1) 以 E_n 为期望值, H_e 为标准差,生成正态随机数 E_n' 。
- 2) 计算白化权,其计算公式为:

$$U(x_i) = \exp[-(x - C_x)^2/2(E_n')^2]。 \tag{5}$$

式 (5) 求得的白化权值仅为白化权随机数中的一个,每次计算的白化权值都有差别,但是其服从一定的分布规律,为了尽可能消除由此带来的误差,取 100 次的均值作为最终的白化权值^[4]。

$$U'(x_i) = (U_1(x_i) + U_2(x_i) + \cdots + U_n(x_i))/n。 \tag{6}$$

式中: n 表示计算次数,此处 $n = 100$ 。

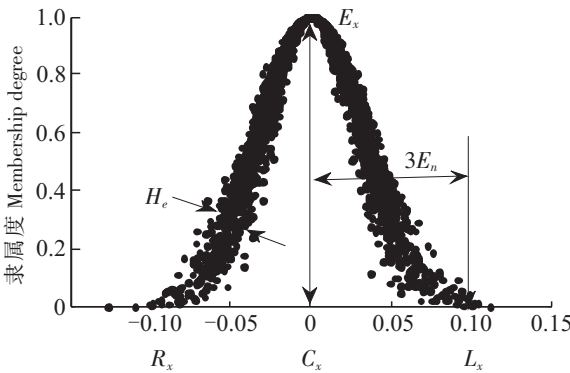


图 1 灰云模型及其数字特征
Fig 1 A diagram of grey cloud model

2 构造中心点正态灰云白化权模型

常规端点三角白化权函数在灰类划分时存在多重交叉的问题,而中心点白化权函数^[12]能够有效克服端点三角白化权函数在聚类时多重交叉的问题,因而在聚类评估时更具有优势。其实现步骤和端点三角白化权函数灰色评估基本一致,只是在端点处理时能够减少过度交叉的问题,其中心点三角白化权函数示意图如图 2 所示。由于改进中心点三角白化权函数能够有效消除灰类多重交叉,满足规范性,而正态灰云模型在解决模糊性、随机性问题具有一定的优势,因此,本文在两者基础上构建了基于改进中心点三角白化权函数的正态灰云白化权函数聚类模型,其具体实现步骤如下:

第 1 步 划分灰类数并左右延拓。根据需要确定待评估对象 a 需要划分的灰类数, 确定待评估对象各评估指标属于灰类 $1, 2, \dots, s$ 的点 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$ 作为该指标对应灰类 s 的中心点, 根据各个指标取值范围划分灰类。本文根据指标值具体情况向左向右进行适当延拓。

第 2 步 构造白化权函数。首先根据云模型等级划分方法及需要划分评估等级, 一般划分等级为奇数个 (3 个或者 5 个等级), 本文分为 5 个等级。根据求得的数字特征: 峰值 C_x 、左右界值 (L_x, R_x)、熵 E_n 以及超熵 H_e , 构造白化权函数。考虑到评价指标及划分等级的实际情况, 按照上述等级划分得到的数字特征明显与实际情况不相符合, 所以进行适当调整, 然后构造白化权函数。

第 3 步 计算综合聚类系数。选取 m 位专家对各个指标进行打分, 其评分记为 e_i^k (其中 $k = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n$)。对于指标 $V_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 对应 s 个灰类的评估系数记为 $x_{ij} (j = 1, 2, 3, 4, \dots, s)$, 依次求得各个指标对于 s 个灰类的评估系数, 记为:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^m U_j'(e_i^k) \quad (7)$$

对得到的灰评估系数归一化处理后得到的矩阵记为 $(F_{ij})_{n \times m}$ 。

第 4 步 确定指标权重。采用改进的层次分析法^[13]确定指标权重, 该方法与传统层次分析法^[14-15]相比, 能准确判断传递性与标度值的合理性, 有利于决策者在两两比较判断过程中提高准确率。

第 5 步 确定综合评价等级。根据改进层次分析法确定的权重 ω 及灰评估系数矩阵 F_{ij} 得到综合聚类系数, 其公式为:

$$\sigma_j = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot F_{ij} \quad (8)$$

综合评价结果取值为 σ_j 中最大值, 记为 σ_j^* , 则最大值 σ_j^* 对应的评估灰类等级即为最终评价等级结果。

3 实例分析

针对应急物流路径选择问题, 笔者选定 7 个指标, 建立应急物流路径评价指标体系。1) 通信状况, 指道路上的通信网络覆盖状况, 包括 GSM、CDMA 等无线通信网络覆盖情况, 特别是灾害情况下通信网络基站完备率; 2) 行驶时间, 指从应急物资集结点到事故点运送的时间; 3) 道路拥挤程度, 指运输各环节的衔接合理程度及运输路径的拥挤状况; 4) 行驶困难度, 指突发事件发生后对运输网络造成的破坏, 主要是道路阻断对车辆行驶的影响程度; 5) 运输组织协调性, 主要是运输工具组织调度的及时性, 以及运输各环节的衔接合理程度、各运输方式之间的组织协调性; 6) 运输安全性, 主要是指运输过程中保证货物完整 (货差率与货损率); 7) 运输距离, 指从应急物资集结点到事故点的整个运送距离。

假设厦门沿海某区域发生一起海上事故, 有 4 条相对合理的路径可用于应急物资调度运输。根据本文确定的评价指标体系, 对各评价指标进行量化, 由专家根据等级进行打分, 利用构建的类型对其进行评价, 选择出最优路径。以路径 1 为例进行具体分析。

1) 划分灰类和构造白化模型

云模型等级划分生成有两种方法, 分别是数据的云变换和黄金分割率^[16]。显然按照定义性质知, 本文更适合黄金分割率的模型进行等级划分。按照 5 个等级得到等级模型数字特征为: $C_1'(1,$

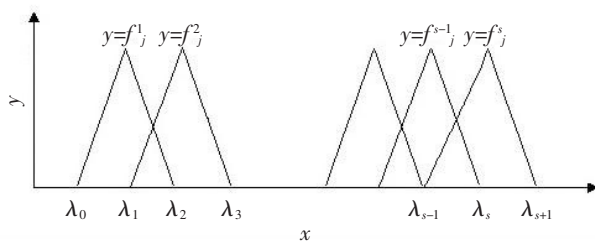


图 2 中心点三角白化权函数示意图

Fig.2 A graph of the white power function of the central triangle

$0.103\ 1, 0.013)$; $C_2'(0.691, 0.064, 0.008)$; $C_3'(0.5, 0.039, 0.005)$; $C_4'(0.309, 0.064, 0.008)$; $C_5'(0, 0.103\ 1, 0.013)$ 。但是考虑到现实情况及评价指标定义知, 按照上述等级划分得到的数字特征明显与实际情况不相符合, 所以需要根据实际评价对象及评价指标进行适当调整。

考虑到端点评价值的实际情况, 这里对于 C_1 右侧即专家评价值大于 0.95 时, 其隶属度取值为 1 ; 对于 C_5 左侧即专家评价值小于 0.15 时, 其隶属度取值也为 1 。最终对应的 5 个评估等级分别记作“优”、“良”、“中”、“差”、“很差”。按照云模型的“软”划分方法调整得到的云模型为: $C_1(0.95, 0.086\ 3, 0.005)$; $C_2(0.691, 0.075, 0.005)$; $C_3(0.5, 0.063\ 7, 0.005)$; $C_4(0.309, 0.058\ 3, 0.005)$; $C_5(0.15, 0.066\ 7, 0.005)$ 。得到灰云白化权模型图如图 3 所示。

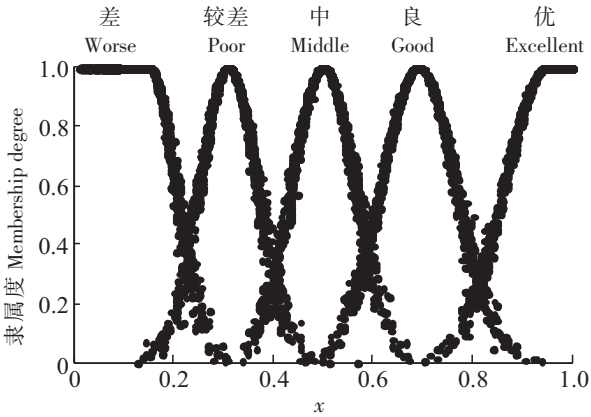


图 3 构造的白化权模型图

2) 确定指标权重及专家打分

根据改进的层次分析法求得应急物流路径各个指标权重。邀请五位业内专家按照文献 [15] 中步骤得到指标权重为 $\omega = (0.217\ 4, 0.173\ 9, 0.130\ 4, 0.104\ 3, 0.156\ 5, 0.130\ 4, 0.087\ 1)$ 。同时由 5 位专家对各个指标进行打分, 分值见表 1。

3) 计算综合聚类系数

基于构造的白化权模型, 将指标进行量化最后得到综合评估系数。将 5 位专家对指标 $V_i(i = 1, 2, \cdots, 7)$ 的打分分值分别代入式 (5)、式 (6), 得

Fig.3 Function of cloud based on grey cloud whitening weight

表 1 专家评分值

Tab. 1 The Evaluation scores of 5 experts						
专家评分	The scores	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
	V_1	0.80	0.85	0.90	0.85	0.85
	V_2	0.70	0.75	0.70	0.65	0.70
	V_3	0.80	0.80	0.85	0.75	0.90
	V_4	0.75	0.80	0.80	0.80	0.85
	V_5	0.70	0.65	0.65	0.75	0.70
	V_6	0.85	0.85	0.90	0.85	0.85
	V_7	0.80	0.80	0.85	0.90	0.90

到的数值作为最终白化权值。例如对于指标 V_1 , 评估系数 $x_{15} = \sum_{k=1}^5 f_j'(e_i^k)$, 令 $n = 100$, 利用 MATLAB 软件得到 $U_5'(0.80) = 0.224\ 5$, $U_5'(0.85) = 0.509\ 7$, $U_5'(0.90) = 0.844\ 6$, 由此得到评估系数 $x_{15} = 2.598\ 2$ 。同理得到 $x_{11} = x_{12} = x_{13} = 0$, $x_{14} = 0.6965$, 归一化处理后 $U_1 = (0, 0, 0, 0.214\ 4, 0.788\ 6)$ 。按照上述方法得到其他指标归一化后评估系数, 组成的评估系数矩阵 F 如下:

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.211\ 4 & 0.788\ 6 \\ 0 & 0 & 0.018\ 9 & 0.955\ 5 & 0.025\ 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0.076\ 9 & 0.923\ 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.592\ 4 & 0.407\ 6 \\ 0 & 0 & 0.028\ 8 & 0.948\ 7 & 0.022\ 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0.130\ 0 & 0.869\ 9 \\ 0 & 0 & 0 & 0.242\ 8 & 0.757\ 2 \end{bmatrix}。$$

4) 计算最终评价等级

根据式 (8), 计算得到最终评估系数 $\sigma_s = \omega * F = (0, 0, 0.0078, 0.4705, 0.5216)$ 。由聚类规则知 $\sigma_s^* = \max(\sigma_s) = 0.5216$ 。

根据评价结果得知该应急物流路径评价等级为“优”, 用同样方法对其他应急物流路径进行评价得出最终评价等级, 具体结果如表 2 所示。

表 2 所有路径评价等级
Tab. 2 All Path Evaluation Levels

所有路径 All paths	评估系数 x_s Evaluation coefficient	x_s^*	评价等级 Evaluation grade
路径 1 Path 1	(0,0,0.007 8,0.470 5,0.521 6)	0.521 6	优 Excellent
路径 2 Path 2	(0,0.209 4,0.354 4,0.187 7,0)	0.354 4	中 Middle
路径 3 Path 3	(0.012 6,0.219 1,0.434 4,0.180 3,0)	0.434 4	中 Middle
路径 4 Path 4	(0,0,0.212 1,0.435 2,0.241 6)	0.435 2	良 Good

由表 2 得知，4 条可调度路径中，路径 1 评价等级为“优”，最为可靠，故选择路径 1 为应急物资调度路径。

4 结论

本文在中心点三角白化权函数和正态云模型基础上，构建了改进的中心点正态灰云模型。首先介绍灰云模型及中心点三角白化权函数的基本理论，然后在云理论“软”划分基础上，利用黄金分割率法，并结合中心点三角白化权函数，优化得到评估聚类等级。最后给出评估实现步骤，并以应急物流路径的选择为例，进行了验证。构建的中心点正态灰云模型，等级划分对称且更加直观，能够有效处理评估中存在的随机性和模糊性问题，为多定性指标的应急物流路径选择提供了一个新方法。

[参 考 文 献]

[1] 邓聚龙. 灰色系统理论教程 [M]. 武汉：华中理工大学出版社，1990.

[2] 陈昌源，戴冉，冯纪军，等. 改进灰色模型在海上交通综合安全指数预测应用 [J]. 中国航海，2017，40(1)：58-63.

[3] 刘晓佳，兰培真，郑高哲. 可持续发展的综合交通运输系统构成模型研究 [J]. 武汉理工大学学报（交通科学与工程版），2011，35(1)：122-125.

[4] 王洪利，冯玉强. 基于灰云的改进白化模型及其在灰色决策中应用 [J]. 黑龙江大学学报（自然科学版），2006，23(6)：740-745.

[5] 王健，肖文杰，盛文，等. 一种改进灰云模型的效能评估方法 [J]. 微计算机信息，2009，25(12)：277-278.

[6] 丁远一，DINGYuanyi. 三角形灰云模型及其在银行信用评价中的应用 [J]. 征信，2014，32(3)：43-47.

[7] 李晗，章文俊，李国帅，等. 基于灰云和改进 AHP 的港口船舶应急疏散模型 [J]. 上海海事大学学报，2017，38(3)：25-30.

[8] 王化中，强凤娇，贺宝成. 基于改进的中心点三角白化权函数灰评估新方法 [J]. 统计与决策，2014(8)：69-72.

[9] 刘新卫. 长江三角洲典型县域农业生态环境质量评价 [J]. 系统工程理论与实践，2005，25(6)：133-138.

[10] 汪弘，李向阳，余修武，等. 基于中心点三角白化权函数的地表沉降模糊综合评价模型及应用 [J]. 南华大学学报（自然科学版），2016，30(3)：44-48.

[11] 王洪利. 灰色不确定性白化模型的扩展补充 [J]. 数学的实践与认识，2013，43(16)：231-236.

[12] 刘思峰，谢乃明. 基于改进三角白化权函数的灰评估新方法 [J]. 系统工程学报，2011，26(2)：244-250.

[13] 熊振南，周世波，柴田. 层次分析法在雷达模拟器标绘评估中的应用 [J]. 集美大学学报（自然科学版），2009，14(2)：156-159.

[14] 李耿达. 高校现代食堂招标管理中的模糊决策研究 [J]. 集美大学学报（自然科学版），2013，18(4)：314-320.

[15] 刘自发，韦涛，李梦渔，等. 基于改进层次分析法的交、直流微电网综合评估 [J]. 电力自动化设备，2016，36(3)：60-66.

[16] 邸凯昌. 空间数据发掘与知识发现 [M]. 武汉：武汉大学出版社，2001：41-100.

(责任编辑 陈 敏 英文审校 周云龙)