

基于 SBSC-改进折衷率 TOPSIS 模型的 智慧旅游城市绩效评价研究

高志方 周静妮 彭定洪¹

(昆明理工大学 管理与经济学院, 云南 昆明 650093;

昆明理工大学 质量发展研究院, 云南 昆明 650093)

【摘要】: 智慧旅游城市是旅游业和智慧城市融合发展的趋势, 对其绩效评价可以为管理措施优化提供理论依据。针对智慧旅游城市绩效评价, 在可持续平衡计分卡框架下, 综合考虑多方维度, 建立了可持续发展绩效指标体系。考虑评价判断的犹豫性, 引入犹豫模糊集作为信息载体, 并优化距离测度, 提高决策信息区分度。基于决策者风险态度, 构建了改进折衷率 TOPSIS 评价模型。选取云南省 4 座代表性智慧旅游城市分析, 结果显示: 昆明绩效水平最高, 能兼顾经济发展和智慧旅游建设, 丽江应加强管理平台建设, 迪庆与西双版纳需加强产业链上下游企业的多维度融合。论文提出的绩效评价体系兼顾经济和长期利益, 综合利用定量和定性信息, 评价区分度高且客观。

【关键词】: 智慧旅游城市 绩效评价 改进折衷率 TOPSIS 可持续平衡计分卡 犹豫模糊集

【中图分类号】: F590.1; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)07-153-07

自 2008 年 IBM 公司提出“智慧地球”, “智慧”欲借助大数据、互联网、云计算等新一代信息技术实现科技与生活的完美融合^[1,2]。随此理念的不断发展和智慧旅游和智慧城市等多种衍生理念。其中智慧旅游旨在集智慧服务、智慧管理、智慧营销、智慧体验于一体, 提高游客的旅游体验和感知, 增强旅游景区的市场竞争力, 提高对旅游景区的保护力度, 从而为旅游业转型升级提供一种全新的解决途径^[3,4]。随着景点旅游发展模式向全域旅游发展模式转变, “智慧旅游城市”应运而生^[5,6]。目前, 智慧旅游城市已成为世界各地旅游城市建设的风向标, 我国亦提出在旅游业发展基础较好和有条件的城市, 加大信息技术的推广力度, 建设一批数字化智慧旅游城市^[7]。但由于各旅游城市的智能化基础、资源禀赋和发展模式等不尽相同, 智慧旅游城市如何进行绩效评价, 是政府当局在知悉各旅游城市过去建设成果的基础上, 找寻目前建设管理中的缺陷, 推动未来可持续发展的关键一步。

目前, 智慧旅游城市绩效评价已成为热点问题, 受到诸多学者的关注, 形成了基于 Dematel-Kano 的智慧旅游服务需求评价模型^[8]、基于 BP 神经网络的智慧旅游城市评价模型^[9]、智慧旅游城市评价指标体系^[10]、基于 G1-熵值的智慧旅游城市建设水平评价模型^[11]、基于 TOPSIS 的旅游城市绩效评估^[12]等不同绩效评价方法。通过对相关文献的梳理发现, 以上方法虽然丰富了智慧旅游城市绩效评价问题的研究, 但仍存在三方面局限性有待突破: 一是, 目前过度依赖定量的统计指标而忽视软指标, 缺乏对智慧

作者简介: 高志方, 硕士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为质量管理。彭定洪, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为模糊决策。E-mail:18392376028@163.com

基金项目: 国家自然科学基金项目“支持多群组协同决策的广义犹豫模糊 TOPSIS 关键技术与求解途径及其应用”(71861018); 国家自然科学基金项目“基于 Archimedean 三角模的区间犹豫模糊平均型集结算子及其在决策中的应用”(61364016); 云南省哲学社会科学规划项目“多级 HF-TOPSIS-like 综合评价方法及其在云南智慧旅游城市发展中的应用研究”(YB2019067)

旅游城市的测评进行系统性探讨,致使智慧旅游城市建设考虑不全面,大多仅侧重于经济效益,而忽略对社会和生态环境等长远利益的考量^[13]。二是,由于我国智慧旅游城市建设奉行全域统筹规划,全要素综合调动,全社会共治共管、共建共享原则,因此智慧旅游城市建设需要工信委、发改委和生态环境部等多个部门的协同参与。这导致具有差异性价值取向的利益攸关方对智慧旅游城市绩效评估存在不同程度的价值感知或决策偏好,以往研究未能提供解决方案。三是,尽管逼近理想解(TOPSIS)直观且易于理解,其原理和灵魂源于妥协规划、参照解等理论,符合智慧旅游城市评价中常以一参照物(如期望等)进行比较的逻辑和习惯^[14]。然而,传统TOPSIS方法解决不同利益攸关方的智慧旅游城市绩效评价问题存在一定的局限性。杨姗姗和朱建明^[15]与Alsafwani等^[16]提出运用TOPSIS法对方案进行排序时,认为选择的最佳方案应该距离正理想点最近且距离负理想点最远。而Li^[17]提出运用TOPSIS法对方案进行排序时,既要考虑方案与正负理想点之间的距离,又需考虑相对距离的重要性。因此,考虑方案接近正理想点(或远离负理想点)的程度不同,得到的排序结果也可能不同,易对决策形成误导。

由于可持续平衡计分卡(SBSC)系统性整合竞争战略和可持续绩效管理,可以有效弥补传统决策体系忽略社会和生态环境等长远利益的缺陷^[18]。犹豫模糊集(HFE)^[19]的多隶属度能有效地描述评价问题中涉及的利益攸关方的信息。因此,本文基于SBSC框架系统构建了全面的智慧旅游城市绩效评价指标体系,并引入HFE作为信息载体,提出了犹豫模糊对数标准化方法和犹豫模糊混合加权Hellinger距离测度对TOPSIS折衷率改进,实现了定量与定性决策信息的充分利用。故所提出的智慧旅游城市建设绩效评价方法能够充分兼顾经济利益与长期利益,并且充分利用定量和定性问题,使决策更贴近其现实的决策环境。将该方法用于云南省丽江、昆明、西双版纳和迪庆4座具有代表性的智慧旅游城市进行算例分析,并与犹豫模糊TOPSIS方法和犹豫模糊集折衷比方法进行对比分析,以验证该方法的有效性和科学性。

1 构建智慧旅游城市可持续绩效评价指标体系

平衡计分卡(BSC)由Kaplan^[20]与Dorf & Raitanen^[21]提出。其作为一种绩效评价和管理工具,弥补了传统绩效评价仅重视财务指标的缺陷。然而传统BSC忽略了对未来发展的考虑,Chai^[18]将可持续发展思想融入到BSC的评估框架,提出了SBSC的评估模型,见图1。

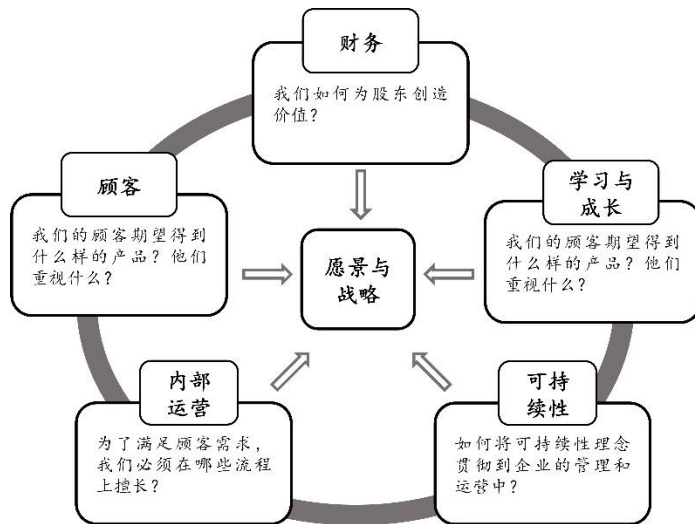


图1 可持续平衡计分卡示意图

SBSC在智慧旅游城市绩效评价中的适用性是由其自身具有的特点决定的:(1)SBSC注重平衡理念,与智慧旅游城市进行绩效评价时要考虑短期效益与长远效益、经济效益与环境效益、社会效益之间的平衡相契合。(2)在智慧旅游城市引进和推行SBSC既可作为一种绩效评价指标体系设计框架,更可作为一种组织愿景与发展战略工具,有助于提高智慧旅游城市绩效管理水。

(3) SBSC 的可衡量评价指标的设计为智慧旅游城市绩效评估提供了定量分析的途径。(4) 在我国 SBSC 不仅成功运用于企业之中, 也在政府绩效评估中得到广泛应用。而智慧旅游城市兼具了企业和公共部门的性质, 既有营利性又有公益性。在智慧旅游城市中推行 SBSC 具有重要的指导意义。

智慧旅游城市绩效评价体系的构建兼具城市效益的硬性指标与软性指标。首先, 依据我国智慧旅游城市建设的现状与特点, 对其进行全面且系统分析, 同时综合考量《智慧城市指标体系 2.0》和中国智慧工程研究会《中国智慧旅游城市(镇)建设指标体系》中的相关评价指标, 对评价指标体系进行初步构建。其次, 综合考量和分析相关领域研究人士的专业意见, 通过对初步评价体系不断地筛选修改进行完善。最后, 在 SBSC 框架下从智慧旅游城市财务、利益相关者、智慧旅游城市建设、学习与成长、社会与环境五个方面建立了智慧旅游城市绩效评价指标体系, 以达到公共利益的最大化^[18]。本文评价指标权重是通过邀请 10 位从事城市规划、经济学相关领域的专家和学者依据层次分析法对相关指标两两比较进行判断, 经过层次单排序、一致性检验和层次总排序得到了各指标权重, 如表 1 所示。

表 1 智慧旅游城市可持续绩效评价指标体系

一级指标(权重)	二级指标(权重)	三级指标(权重)
C ₁ 财务(21%)	C ₁₁ 产出(16%)	C ₁₁₁ 投资对经济增长的贡献率(6%)
		C ₁₁₂ 项目开发对旅游产业结构调整的贡献率(5%)
		C ₁₁₃ 产业在经济中的乘数效应及其关联作用(5%)
	C ₁₂ 投入(5%)	C ₁₂₁ 建设资金的投入程度(5%)
C ₂ 利益相关者(15%)	C ₂₁ 游客(7%)	C ₂₁₁ 智慧旅游客户数量增长的程度(3%) C ₂₁₂ 游客总体满意度(4%)
	C ₂₂ 居民(2%)	C ₂₂₁ 居民接受程度(2%)
	C ₂₃ 经营者(3%)	C ₂₃₁ 智慧旅游城市与旅游经营者的协调能力(3%)
	C ₂₄ 管理部门(3%)	C ₂₄₁ 智慧旅游城市为当地社会提供就业的程度(3%)
C ₃ 智慧旅游平台(30%)	C ₃₁ 智慧管理(8%)	C ₃₁₁ 旅游投诉处理水平(2%) C ₃₁₂ 旅游监督服务(3%) C ₃₁₃ 基础设施建设水平(3%)
	C ₃₂ 智慧游览(9%)	C ₃₂₁ 个性化旅游线路的服务水平(3%) C ₃₂₂ 导览服务便捷程度(3%) C ₃₂₃ 无线网络的覆盖程度(3%)
	C ₃₃ 智慧营销(6%)	C ₃₃₁ 虚拟旅游体验度(2%) C ₃₃₂ 旅游产品发布推广水平(2%) C ₃₃₃ 线下旅游服务系统(2%)
	C ₃₄ 智慧政务(7%)	C ₃₄₁ 在线应急指挥救援水平(5%) C ₃₄₂ 政务管理水平(2%)
C ₄ 学习与成长(21%)	C ₄₁ 信息化(13%)	C ₄₁₁ 智慧旅游门户网站建设水平(4%) C ₄₁₂ 信息化安全水平(5%) C ₄₁₃ 旅游信息资讯的准确性(4%)
	C ₄₂ 学习(8%)	C ₄₂₁ 对人力资源的培训水平(8%)
C ₅ 社会与环境(13%)	C ₅₁ 社会(7%)	C ₅₁₁ 旅游对当地文化的影响程度(7%)
	C ₅₂ 环境(6%)	C ₅₂₁ 旅游开发对当地自然环境的合理开发程度(6%)

2 理论知识

2.1 犹豫模糊集

由于智慧旅游城市绩效评价过程中的复杂性、不确定以及建设过程中多部门协同参与的实际，可能导致被评对象无法精准刻画、评价意见难以达成共识。HFE 的隶属度并不是确定的值或服从某种分布，而是不同隶属度值的汇集。这一特点不仅有利于解决数据不具有明显规律性的智慧旅游城市评价问题，且在处理评价过程中的群体信息时可有效避免因集结算子导致的信息丢失。以下给出 HFE 的定义及计算法则：

定义 1^[22]：令 X 为一给定的集合， $M = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 为给定集合的 N 个隶属函数，则有关隶属函数的犹豫模糊集，即 H_M 定义为：

$$H_M = \{ \langle x, h_M(x) \rangle \mid x \in X \} \quad (1)$$

式中： $h_M(x) = \bigcup_{u \in M} \{u(x)\}$ 是值域位于 $[0, 1]$ 上的一个集合， M 表示集合中 X 的元素 x 属于集合 H_M 的若干种可能隶属度为表述方便，把有限论域 X 上的全体犹豫模糊集记为 $HFS(X)$ ，称 $h_A(x)$ 为 A 的犹豫模糊元，简写为 h_A 。

定义 2^[22]：对于任意的 3 个犹豫模糊元 h 、 h_1 和 h_2 ，它们的运算法则如下（其中， θ 为一个常数， γ 表示犹豫模糊元中的隶属度值）：

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \theta h &= \bigcup_{\gamma \in h} \{1 - (1 - \gamma)^\theta\}。 \\ \textcircled{2} h^\theta &= \bigcup_{\gamma \in h} \{1 - \gamma\}。 \\ \textcircled{3} h_1 \cap h_2 &= \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{\min(\gamma_1, \gamma_2)\}。 \\ \textcircled{4} h_1 \cup h_2 &= \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{\max(\gamma_1, \gamma_2)\}。 \\ \textcircled{5} h_1 \oplus h_2 &= \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_1 \gamma_2\}。 \\ \textcircled{6} h_1 \otimes h_2 &= \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{\gamma_1 \gamma_2\}。 \end{aligned}$$

2.2 犹豫模糊对数标准化

目前常用的标准化方法有最大/最小线性标准化方法和向量标准化方法。这些标准化方法都是基于线性变化假设，然而在处理非均匀分布的指标数据时，尤其是局部集中分布数据的处理缺乏辨识度。基于此，Palczewski & Saabun^[23]指出对指标数据进行非线性标准化处理，在不改变指标数据排布的情况下，对数据稠密的区间进行扩大，也可对数据稀疏的区间进行压缩，是一种有效的标准化方法，实现对指标数据的有效区分，近年来已引起了学者的关注。传统的对数标准化方法见定义 3。

定义 3^[24]：传统的对数标准化方法：

$$\text{收益型指标: } z_{ij} = \frac{\ln(\gamma_{ij} / \min\{\gamma_j\})}{\ln(\max\{\gamma_j\} / \min\{\gamma_j\})} \quad (2)$$

$$\text{成本型指标: } z_{ij} = \frac{\ln(\max\{\gamma_j\} / \gamma_{ij})}{\ln(\max\{\gamma_j\} / \min\{\gamma_j\})} \quad (3)$$

式(2)、式(3)中如果属性值为0,则此属性值不参与对数归一化方法。属性值为0的对数归一化值为0。相较于传统的线性标准化方法,不难看出对数标准化方法假设指标值达到一定程度时并未一味地线性增长,而是有所抑制。这一点恰好能够有效避免智慧旅游城市建设过程中可能存在一味追求财务统计结果的怪相,换言之,当某一指标达到一定程度时其发挥的作用便逐渐平缓。但现有对于犹豫模糊非线性标准化研究没有引起重视。基于此,本文提出了犹豫模糊对数标准方法见定义4。

定义4: 犹豫模糊对数标准化方法:

收益型指标:

$$h_{ij} = \bigcup_{\gamma_j \in h_j} \{\gamma_j\} = \bigcup_{\gamma_j \in h_j} \left\{ \frac{\ln \gamma_j - \ln(\min_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\})}{\ln(\max_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\}) - \ln(\min_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\})} \right\} \quad (4)$$

成本型指标:

$$h_{ij} = \bigcup_{\gamma_j \in h_j} \{\gamma_j\} = \bigcup_{\gamma_j \in h_j} \left\{ \frac{\ln(\max_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\}) - \ln \gamma_j}{\ln(\max_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\}) - \ln(\min_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\})} \right\} \quad (5)$$

式中: h_{ij} 表示为第 i 个方案第 j 个属性下的一个 HFE, $\max_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\}$ 表示第 j 个属性下的最大的犹豫模糊元, $\min_{1 \leq i \leq m, \gamma_i \in h_j} \{\gamma_i\}$ 表示第 j 个属性下的最小的犹豫模糊元。

2.3 犹豫模糊 Hellinger 距离

近期犹豫模糊距离度量研究十分活跃。学者们提出了犹豫模糊加权欧氏距离,犹豫模糊有序加权海明距离,犹豫模糊有序加权欧氏距离测度等^[25]。上述距离测度成为各类犹豫模糊信息测算的主要方式,将其运用到多属性决策中取得了良好效果。但 Rodríguez 等^[26]指出目前对犹豫模糊距离的研究方法较为单一,为使犹豫模糊距离测度具有更广阔的应用领域,发展更多种不同类型的距离测度非常必要和迫切。Hellinger 距离作为重要的距离测度,近来在多准则决策领域受到广泛关注^[27]。传统的 Hellinger 距离公式如定义5所示。

定义5^[27]: 传统的 Hellinger 距离:

设 f 和 g 为两个概率密度函数, f 和 g 之间的 Hellinger 距离公式为:

$$HD(f, g) = \sqrt{\frac{1}{2} \int_{\mathbb{R}} (\sqrt{f(x)} - \sqrt{g(x)})^2 dx} \quad (6)$$

设 f 和 g 为两个离散型概率函数， f 和 g 之间的 Hellinger 距离公式为：

$$HD(f, g) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (\sqrt{p(x_i)} - \sqrt{q(x_i)})^2} \quad (7)$$

其中，Hellinger 距离满足两个特性： $0 \leq HD(f, g) \leq 1$ ； $HD(f, g) = 0$ 当且仅当 $f = g$ 。

经典 Hellinger 距离通常用来计算两个概率分布之间距离完善的度量，近年来已被广泛应用。上述 Hellinger 距离公式中的平方根函数目的是有效分析分布之间存在的差异^[28]。Xia&Xu^[25]提出广义犹豫模糊加权距离(HFWD)测度和犹豫模糊有序加权测度(HFOWD)，但 HFWD 测度只关注测量距离本身的权重，而忽略了位置对测量距离的权重，而 HFOWD 测度只关注位置对测量距离的权重，而忽略测量距离本身的权重。因此，在 HFWD 和 HFOWD 测度中权重代表不同。由于 HFWD 和 HFOWD 措施都只考虑其中之一，为了克服这一缺点，Peng 等^[29,30]提出了犹豫模糊混合加权距离，可以降低将权重分配给有偏见的决策数据而对决策结果的不稳定影响。结合混合加权距离测度的优势以及 Hellinger 距离本身的特点，本文提出犹豫模糊混合加权 Hellinger 距离定义 6。

定义 6：犹豫模糊混合加权 Hellinger 距离：

$$HFSWHD(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i w_{(i)}}{\sum_{i=1}^n \omega_i w_{(i)}} \frac{\sum_{\gamma_A(x_i) \in h_A(x_i)} \sum_{\gamma_B(x_i) \in h_B(x_i)} \left(\frac{\gamma_A(x_i)}{\sum_{\gamma_A(x_i) \in h_A(x_i)} \gamma_A(x_i)} - \frac{\gamma_B(x_i)}{\sum_{\gamma_B(x_i) \in h_B(x_i)} \gamma_B(x_i)} \right)^2}{\#h_A(x_i) \#h_B(x_i)}} \quad (8)$$

式中： $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 为相对权重， $\omega_i \in [0, 1]$ 且 $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ ， $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为 $\frac{1}{\#h_A(x_i) \#h_B(x_i)}$

的相关权重向量， $w_i \in [0, 1]$ 且 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。 $\#h_A$ 为犹豫模糊元 h_A 中元素的个数， $\#h_B$ 为犹豫模糊元 h_B 中元素的个数， γ_A 是犹豫模糊元 h_A 的可能隶属值， γ_B 是犹豫模糊元 h_B 的可能隶属值。传统的 Hellinger 距离是测量两个分布之间的距离，需保证 $\sum_{i=1}^n p(x_i) = 1$ 和 $\sum_{i=1}^n q(x_i) = 1$ 且式中的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 目的是将 Hellinger 测度结果确定在 $[0, 1]$ 。因

此，改进后的犹豫模糊加权 Hellinger 距离也应遵循 $\sum_{\gamma_A(x_i) \in h_A(x_i)} \frac{\gamma_A(x_i)}{\sum_{\gamma_A(x_i) \in h_A(x_i)} \gamma_A(x_i)} = 1$ 和 $\frac{1}{\sqrt{2}} \sum_{\gamma_B(x_i) \in h_B(x_i)} \frac{\gamma_B(x_i)}{\sum_{\gamma_B(x_i) \in h_B(x_i)} \gamma_B(x_i)} = 1$ 。因式(8)的计算

结果在 $[0, 1]$ ，因此，改进后的犹豫模糊加权 Hellinger 距离未使用。本文提出的犹豫模糊距离测度不需主观增加隶属度值，避免了信息的失真。此外，本文在距离测度的权重既考虑了属性本身的权重，也考虑了位置权重，使得犹豫模糊加权 Hellinger 距离更具合理性。经验证该公式满足犹豫模糊距离测度的公理性。由于篇幅有限，不在此展开。

3 基于豫模糊混合加权 Hellinger 距离的改进折衷率 TOPSIS 方法决策模型

假设智慧旅游城市集 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ，属性集 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 。智慧旅游绩效评价问题用矩阵形式简明表示如下：

$$A = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \dots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \dots & h_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{m1} & h_{m2} & \dots & h_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bigcup_{\gamma_{11} \in h_{11}} \{y_{11}\} & \bigcup_{\gamma_{12} \in h_{12}} \{y_{12}\} & \dots & \bigcup_{\gamma_{1n} \in h_{1n}} \{y_{1n}\} \\ \bigcup_{\gamma_{21} \in h_{21}} \{y_{21}\} & \bigcup_{\gamma_{22} \in h_{22}} \{y_{22}\} & \dots & \bigcup_{\gamma_{2n} \in h_{2n}} \{y_{2n}\} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bigcup_{\gamma_{m1} \in h_{m1}} \{y_{m1}\} & \bigcup_{\gamma_{m2} \in h_{m2}} \{y_{m2}\} & \dots & \bigcup_{\gamma_{mn} \in h_{mn}} \{y_{mn}\} \end{bmatrix} \quad (9)$$

步骤一：对决策矩阵进行规范化处理。用定义 4 的犹豫模糊对数标准化方法处理，其中，收益型指标值越大评价越好，成本型指标值越小评价越好。

步骤二：确定正理想解决方案和负理想解决方案。

$$\text{正理想解} : A^+ = \{A_1^+, A_2^+, \dots, A_n^+\} \quad (10)$$

$$\text{其中 } A_j^+ = \bigcup_{i=1}^m h_{ij} = \bigcup_{\substack{\gamma_{ij} \in h_{ij} \\ i=1,2,\dots,m}} \max \{r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}\}, j = 1, 2, \dots, n.$$

$$\text{负理想解} : A^- = \{A_1^-, A_2^-, \dots, A_n^-\} \quad (11)$$

$$\text{其中 } A_j^- = \bigcup_{i=1}^m h_{ij} = \bigcup_{\substack{\gamma_{ij} \in h_{ij} \\ i=1,2,\dots,m}} \min \{r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj}\}, j = 1, 2, \dots, n.$$

步骤三：计算方案 A_i 到正理想解 A^+ 的距离 $HFSWHD(A^+, A_i)$ 与方案 A_i 到负理想解 A^- 的距离 $HFSWHD(A^-, A_i)$ 。

$$HFSWHD(A^+, A_i) = \left[\frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_j w_{jk} \frac{\sum_{r \in \{r_{ij}, \dots, r_{mj}\}} \left(\frac{\gamma_r(x_i)}{\sum_{r \in \{r_{ij}, \dots, r_{mj}\}} \gamma_r(x_i)} - \frac{\gamma_r(x_i)}{\sum_{r \in \{r_{1j}, \dots, r_{mj}\}} \gamma_r(x_i)} \right)^2}{\#h_r(x_i) \#h_k(x_i)}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_j w_{jk}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$

$$HFSWHD(A^-, A_i) = \left[\frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_j w_{jk} \frac{\sum_{r \in \{r_{ij}, \dots, r_{mj}\}} \left(\frac{\gamma_r(x_i)}{\sum_{r \in \{r_{ij}, \dots, r_{mj}\}} \gamma_r(x_i)} - \frac{\gamma_r(x_i)}{\sum_{r \in \{r_{1j}, \dots, r_{mj}\}} \gamma_r(x_i)} \right)^2}{\#h_r(x_i) \#h_k(x_i)}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_j w_{jk}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$

步骤四：计算折衷率 $\zeta(A_i)$ 。传统 TOPSIS 方法没有考虑评价对象对正负理想解相对的风险态度，所求得的最优解未必是最接近理想点的解。为有效克服上述问题，Li^[17] 提出考虑距离正理想解与负理想解的相对重要性以达到理想方案距离正理想方案尽可能的近，距离负理想方案尽可能的远。此方法有效解决了传统 TOPSIS 的局限。本文基于折衷比的思想对 TOPSIS 进行改进，充分考虑了决策者风险态度，更贴近现实决策环境。改进折衷率如公式 13 所示。

$$\zeta(A_i) = \frac{1}{2} \left\{ \varepsilon \left[1 - \frac{HFSWHD(A_i, A^+)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n HFSWHD(A_i, A^+)^2}} \right] + (1-\varepsilon) \frac{HFSWHD(A_i, A^-)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n HFSWHD(A_i, A^-)^2}} \right\}$$

$i = 1, 2, \dots, n$ (14)

式中： $\varepsilon \in (0, 1)$ 为决策态度系数，参数 ε 的值由决策者视具体的决策情况给出，使得决策结果更符合实际。当 $1/2 < \varepsilon < 1$ ，决策者为风险偏好且考虑备选方案 A_i 到正理想解的距离的重要性较高。当 $0 < \varepsilon < 1/2$ ，决策者为风险规避且考虑备选方案 A_i 到负理想解的距离的重要性较高。当 $\varepsilon = 1/2$ ，决策者为风险中立且考虑备选方案 A_i 到正理想解的距离和备选方案 A_i 到负理想解的距离具有相同的重要性。

$\zeta(A_i)$ 指标衡量备选方案与正理想解方案的接近程度和负理想解方案的远离程度。基于从决策者的态度出发，参数 ε 考虑了方案 A 距离正理想解决方案的最小化距离和方案 A 距离负理想解决方案的最大化距离的相对重要性。以此来选择最佳方案，在一定程度上可以有效避免的 TOPSIS 的缺点。在各智慧旅游城市绩效评估中，决策者风险偏好对评估结果影响较大。改进的犹豫模糊妥协率 TOPSIS 决策方法充分考虑了决策者的风险态度，更贴近现实决策环境，能更好地度量智慧旅游城市可持续发展的绩效。

步骤五：进行排序，确定最优方案。利用 $\zeta(A_i)$ 对各方案的综合属性值从大到小进行排序，得到最优方案。 $\zeta(A_i)$ 值越大，方案越优(图 2)。

4 案例分析

4.1 样本选择与数据采集

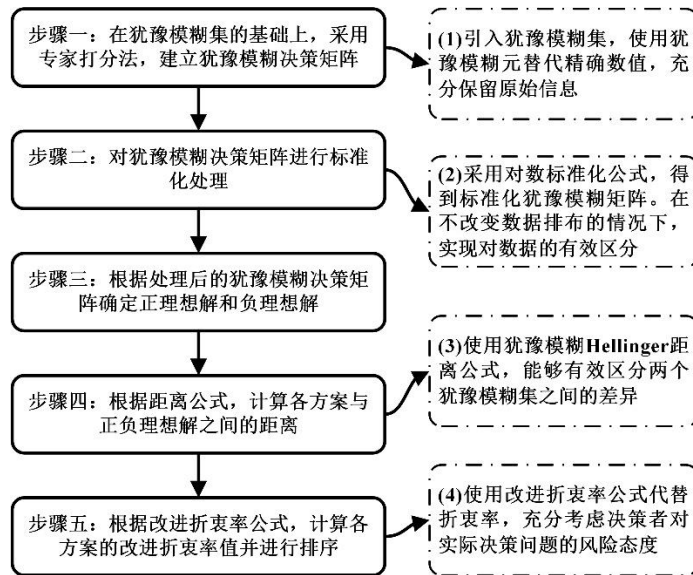


图 2 犹豫模糊改进折衷率 TOPSIS 决策模型阶段图

作为旅游大省的云南，旅游业是其支柱性产业，其得天独厚的自然风光和多年旅游业的发展基础和经验，为智慧旅游城市建设提供了优良的条件。目前云南多地包括昆明、丽江、西双版纳和迪庆等州市已积极推动旅游产业智慧化的建设和应用，以期提

升云南旅游服务质量水平，推进旅游强省建设步伐，提升城市品牌和知名度。本文选取云南省四个代表性智慧旅游城市 $A=[A_1 \text{ 丽江}, A_2 \text{ 迪庆}, A_3 \text{ 西双版纳}, A_4 \text{ 昆明}]^T$ 从财务、利益相关者、智慧旅游平台、学习与成长和社会与环境五个层面 26 个评价指标评价其建设效益情况。本次评价指标数据除了投资对经济增长的贡献率、项目开发对经济产业结构调整的贡献率评估、产业在经济中的乘数效应及其关联作用等客观数值由 2015—2019 年的《云南统计年鉴》给出外，其余数值为主观评价价值。为了保证主观评价价值的客观性与真实性，邀请了来自旅游学、经济管理学、城市建设和政府部门等机构中的 5 位专家参与本次评价活动，建立犹豫模糊决策矩阵(表 2)。由于专家来自不同的行业背景，知识、工作经验各不相同，获取的评价值难以用精确数来表示。以昆明 A_4 评价指标 C_{231} 下的评估值为例，5 位专家的评估值为 0.7、0.6、0.9、0.6、0.7，且专家们都认为自己打分最为合理，谁也无法说服谁。为完整保留专家意见，该昆明智慧旅游城市在评价指标 C_{231} 下的得分则用犹豫模糊元(0.9, 0.7, 0.6)表示。

由于本文除建设资金的投入程度属性指标为成本型，其余属性均为效益型，根据式(4)、式(5)的犹豫模糊对数标准化方法可得标准化决策矩阵，并通过式(10)、式(11)计算出标准化后决策矩阵的正理想解与负理想解。并通过式(12)、式(13)计算各备选方案到正负理想解的犹豫模糊混合加权 Hellinger 距离。其中相对权重向量如下所示：

$$\omega=(0.06, 0.05, 0.05, 0.05, 0.03, 0.04, 0.02, 0.03, 0.03, 0.02, 0.03, 0.03, 0.03, 0.03, 0.03, 0.02, 0.02, 0.02, 0.05, 0.02, 0.04, 0.05, 0.04, 0.08, 0.07, 0.06)$$

相关权重向量如下所示：

$$\eta=(0.08, 0.08, 0.08, 0.08, 0.07, 0.07, 0.07, 0.06, 0.06, 0.06, 0.06, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.04, 0.04, 0.04, 0.04, 0.03, 0.03, 0.03, 0.03, 0.02, 0.02, 0.02)$$

通过式(14)计算各智慧旅游城市绩效的折衷率，由于智慧旅游的建设处于稳步发展的阶段，故假设决策者为风险中立，取 $\varepsilon =1/2$ 。即考虑备选方案 A_i 到正理想解的距离和备选方案 A_i 到负理想解的距离具有相同的重要性。

经计算得出各城市的妥协率： $\zeta(A_1)=0.531$ 、 $\zeta(A_2)=0.348$ 、 $\zeta(A_3)=0.386$ 、 $\zeta(A_4)=0.569$ 由于 $\zeta(A_4) > \zeta(A_1) > \zeta(A_3) > \zeta(A_2)$ ，因此昆明是可持续绩效最好的智慧旅游城市。

通过对以上评价结果的分析可以得出：(1) 昆明市智慧旅游各项指标数据均遥遥领先于其他城市，排名第一，接近良好水平，成为云南省智慧旅游城市旅游建设的标杆城市。(2) 通过计算过程与原始数据来看，丽江利益相关者与智慧旅游建设等维度指标得分值与昆明不相上下，而迪庆和西双版纳与其存在差距。之所以在排名上存在差距，主要是丽江的经济发展和信息化建设相较于昆明比较弱势，综合之下昆明的绩效水平领先于其他三市。(3) 从四个城市的绩效评估水平排序可知：昆明>丽江>西双版纳>迪庆，昆明作为云南省智慧旅游建设的标杆城市，丽江应着重加强智慧旅游管理平台的建设，以提高其绩效水平。制约西双版纳和迪庆智慧旅游绩效水平主要原因其经济发展的迟缓。在不损坏环境的基础上使智慧旅游建设成为经济增长的动力是迪庆和西双版纳乐于为之建设的目标。迪庆与西双版纳可打造全产业链模式，加强智慧旅游城市产业链上下游企业的多维度融合，提高两地的旅游绩效。(4) 四个智慧旅游城市的总体得分均不高，主要是基于 SBSC 的智慧旅游城市建设是一项系统工程，需要旅游业上下的协同配合，在建设和实施中要坚持量身定做、全民参与、反复沟通、不断修正，以提升智慧旅游的可持续发展。(5) 构建的智慧旅游城市绩效评价 SBSC-改进折衷率模型具有较好的科学性、普适性和可操作性，根据评价价值的大小判断智慧旅游城市绩效水

平的优劣，比照指标体系寻找差距并加以完善，同时对评价指标进行动态监测，将是智慧旅游城市建设发展研究的重要发展方向。

表 2 犹豫模糊决策矩阵

城市	C_{111}	C_{112}	C_{113}	C_{121}	C_{211}	C_{212}	C_{221}	C_{231}	C_{241}
A_1	(0.6)	(0.9)	(0.8)	(0.7)	(0.7)	(0.9, 0.8)	(0.7)	(0.8)	(0.9, 0.7)
A_2	(0.4)	(0.6)	(0.6)	(0.4)	(0.5)	(0.6)	(0.6)	(0.5)	(0.8)
A_3	(0.3)	(0.5)	(0.4)	(0.5)	(0.6)	(0.6, 0.4)	(0.7, 0.5)	(0.6)	(0.8, 0.6)
A_4	(0.7)	(0.6)	(0.7)	(0.6)	(0.8)	(0.7)	(0.8, 0.6)	(0.9, 0.7, 0.6)	(0.9)
城市	C_{311}	C_{312}	C_{313}	C_{321}	C_{322}	C_{323}	C_{331}	C_{332}	C_{333}
A_1	(0.8)	(0.8)	(0.7)	(0.9, 0.8, 0.6)	(0.8)	(0.7)	(0.9, 0.7)	(0.8, 0.7)	(0.8, 0.7)
A_2	(0.6, 0.4)	(0.7, 0.5)	(0.8, 0.4)	(0.4)	(0.6, 0.5)	(0.6, 0.4)	(0.6, 0.4)	(0.5)	(0.9)
A_3	(0.7, 0.5)	(0.8, 0.6)	(0.5)	(0.6, 0.5)	(0.7)	(0.5)	(0.8)	(0.6, 0.4, 0.3)	(0.7, 0.6)
A_4	(0.7)	(0.9)	(0.9, 0.8)	(0.7)	(0.9, 0.6)	(0.9)	(0.8, 0.7)	(0.9)	(0.8)
城市	C_{341}	C_{342}	C_{411}	C_{412}	C_{413}	C_{421}	C_{511}	C_{512}	—
A_1	(0.6)	(0.7, 0.6)	(0.9, 0.8)	(0.9)	(0.9, 0.8)	(0.7)	(0.8, 0.7)	(0.9)	—
A_2	(0.6)	(0.5)	(0.5)	(0.5, 0.4)	(0.7)	(0.6, 0.5)	(0.4)	(0.7)	—
A_3	(0.7, 0.5)	(0.9, 0.8)	(0.6, 0.4)	(0.6)	(0.7, 0.6)	(0.7, 0.6, 0.4)	(0.5, 0.6, 0.7)	(0.5)	—
A_4	(0.8)	(0.7)	(0.8)	(0.7)	(0.7)	(0.9)	(0.8)	(0.8, 0.6)	—

4.2 对比分析

本文提出的犹豫模糊改进折衷率 TOPSIS 方法是在经典的犹豫模糊 TOPSIS 的基础上使用系数 ϵ 代表决策者对正负理想解的相对风险态度, 进一步体现妥协思想, 使决策结果更具合理性。本文将改进折衷率 TOPSIS 方法与 Xia&Xu^[25] 的犹豫模糊 TOPSIS 方法和 Li^[17] 的犹豫模糊集折衷比方法进行对比, 对比结果如图 3 所示。

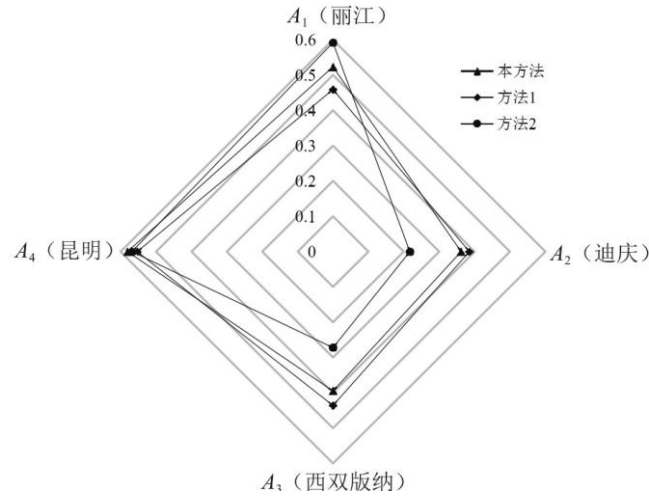


图 3 评价结果对比分析图

分析发现, 第一种方法对比结果较理想, 但主观性波动太强, 需要主观添加隶属度值, 因此可能会导致隶属值重复等信息失真, 与犹豫模糊集原始定义相违背。相较于第二种方法, 本文方法的结果是昆明最优, 其次是丽江, 而第二种方法的结果是丽江最优, 其次是昆明。由图 2 可知, 第二种方法获得的丽江和昆明的评分相差很小, 说明该方法的区分度差, 可能决策微弱的差别造成误判, 无法给出决策者科学和稳定的参考信息。本文提出的评价排序模型具有最高的评价区分度, 不仅考虑决策者的风险态度能够较好地解决群体的决策排序问题, 保障了评价结果的可行性和有效性, 而且它的操作流程考虑了全部决策信息, 避免了主观添加隶属度值可能造成的隶属度值重复和主观性太强等问题, 更符合犹豫模糊原始性质。

5 结语

本文通过构建犹豫模糊环境下 SBSC-改进折衷率 TOPSIS 法的多属性决策模型, 对于现阶段我国智慧旅游城市绩效评价研究主要解决了以下三个问题: (1) 科学性。本文基于 SBSC 框架下构建的智慧旅游城市可持续绩效评价指标体系充分体现科学发展观的核心要求, 兼顾了经济、社会、环境三大效益的统一。该指标体系全面系统科学地反映了智慧旅游城市可持续绩效, 考虑了智慧旅游城市短期绩效与长远绩效、效率与公平、发展与稳定之间的平衡, 以达到公共利益的最大化。(2) 适用性。智慧旅游城市绩效评价问题的复杂性和专家自身认知能力的缺陷, 造成了专家对智慧旅游绩效评价标准认识的不确定性和犹豫不决, 最终导致专家的意见不能达成一致。而犹豫模糊集通过不同隶属值的汇集非常适用于描述此问题且具有更加灵活和更易操作的优点。(3) 创新性。本文立足于实际, 创新性提出了犹豫模糊改进折衷率 TOPSIS 方法, 充分考虑到不完整信息下决策的优缺点以及决策者的风险态度, 并通过实例研究更好地说明了该决策模型的客观合理性。

参考文献:

- [1] 杜鹏, 杨蕾. 智慧旅游系统建设体系与发展策略研究[J]. 科技管理研究, 2013(23): 44-49.
- [2] 赵博烽, 王玲. “互联网+”背景下大连市乡村旅游营销策略研究[J]. 对外经贸, 2020(6): 106-108.

-
- [3]张红梅, 梁昌勇, 徐健. “旅游+互联网”背景下的智慧旅游云服务体系创新[J]. 旅游学刊, 2016(6): 12-15.
- [4]张秀英. 信息生态视角下智慧旅游构建与发展路径研究[J]. 经济问题, 2018(5): 124-128.
- [5]韩玲华, 姚国章. 智慧旅游公共服务平台评价研究——以江苏省为例[J]. 南京邮电大学学报(社会科学版), 2014(3): 72-80.
- [6]孔俊婷, 杨森. 基于低碳理念的智慧景区规划设计研究——以乌村景区为例[J]. 生态经济, 2018(9): 231-236.
- [7]张凌云, 黎巛, 刘敏. 智慧旅游的基本概念与理论体系[J]. 旅游学刊, 2012(5): 66-73.
- [8]高志方, 杨惠, 彭定洪. 基于犹豫模糊 Dematel-Kano 方法的云南省智慧旅游服务需求分类研究[J]. 生态经济, 2021(1): 116-123.
- [9]黄松, 李燕林, 戴平娟. 智慧旅游城市旅游竞争力评价[J]. 地理学报, 2017(2): 242-255.
- [10]刘利宁. 智慧旅游评价指标体系研究[J]. 科技管理研究, 2013(6): 67-71.
- [11]王恩旭. 基于 G1-熵值的智慧旅游城市建设水平评价模型及实证研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2014(2): 68-73.
- [12]王忠, 阎友兵. 基于 TOPSIS 方法的红色旅游绩效评价——以领袖故里红三角为例[J]. 经济地理, 2009(3): 516-520.
- [13]杨放. 基于平衡计分卡的低碳政府评价体系构建[J]. 科学决策, 2016(3): 69-81.
- [14]俞立平, 伍蓓, 刘骏. 协调发展视角下的学术期刊评价——协调 TOPSIS[J]. 情报杂志, 2018(10): 189-193.
- [15]杨姗姗, 朱建明. 基于 TOPSIS 的信息安全风险评估应用研究[J]. 现代管理科学, 2014(2): 24-26.
- [16]Alsafwani N, Hassan S, Katuk N. A Multiple attribute decision making for improving information security control assessment[J]. International Journal of Computer Applications, 2014, 89(3):19-24.
- [17]Li D. Compromise ratio method for fuzzy multi-attribute group decision making[J]. Applied Soft Computing, 2007, 7(3):807-817.
- [18]Chai N. Sustainability performance evaluation system in government:A balanced scorecard approach towards sustainable development[M]. Amsterdam:Springer Netherlands, 2009:35-80.
- [19]Torra V, Narukawa Y. On hesitant fuzzy sets and decision[R]. Jeju Island:IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2009.
- [20]Kaplan R. The balanced scorecard—measures that drive performance[J]. Harvard Business Review, 1992, 70(1): 71-79.

-
- [21]Dorf R,Raitanen M.The balanced scorecard:Translating strategy into action[J].Proceedings of the IEEE,1997,85(9):1509-1510.
- [22]Torra V.Hesitant fuzzy sets[J].International Journal of Intelligent Systems,2010,25(6):529-539.
- [23]Palczewski K,Saabun W.Influence of various normalization methods in PROMETHEE II:An empirical study on the selection of the airport location[J].Procedia Computer Science,2019,159:2051-2060.
- [24]Zavadskas E,Turskis Z.A new logarithmic normalization method in games theory[J].Informatica,2008,19(2):303-314.
- [25]Xia M,Xu Z.Hesitant fuzzy information aggregation in decision making[J].International Journal of Approximate Reasoning,2011,52(3):395-407.
- [26]Rodríguez R,Bedregal B,Bustince H,et al.A position and perspective analysis of hesitant fuzzy sets on information fusion in decision making:Towards high quality progress[J].Information Fusion,2016,29:89-97.
- [27]Lourenzutti R,Krohling R.The hellinger distance in multicriteria decision making:An illustration to the TOPSIS and TODIM methods[J].Expert Systems with Applications,2014,41(9):4414-4421.
- [28]Krohling R,Lourenzutti R,Campos M,et al.Ranking and comparing evolutionary algorithms with Hellinger-TOPSIS[J].Applied Soft Computing,2015(37):217-226.
- [29]Peng D,Gao C,Gao Z.Generalized hesitant fuzzy synergetic weighted distance measures and their application to multiple criteria decision-making[J].Applied Mathematical Modelling,2013,37(8):5837-5850.
- [30]Peng D,Wang H.Dynamic hesitant fuzzy aggregation operators in multi-period decision making[J].Kybernetes,2014,43(5):715-736.