

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2024.09.004

基于主客观赋权-TOPSIS法的县域指引 信息重要度评估方法

卫雨桐*, 周荣贵, 张巍汉, 冯移冬
(交通运输部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 目前仅参考行政等级的指路标志指引信息分层原则不能客观地反映县级行政区的交通需求。为了优化县级行政区指路标志指引信息设置策略, 增强路网功能, 提出了一种基于主客观赋权-TOPSIS法的县域指引信息重要度评估方法。首先, 结合中国县级行政区特点细化评价颗粒度, 构建了涵盖人口、面积、经济、旅游景区数量、路网规模等11项指标的评价体系; 其次, 采用量表分析法对主观指引信息重要度进行统计学分析得到主观权重; 然后, 采用主成分分析法基于指标内部客观特性进行赋权, 将累计解释方差率达到85%的主成分按照对应特征值加权求得重要度客观得分, 并采用TOPSIS法对主客观得分进行综合评价, 得到每个样本在主客观2项指标下的相对贴近度; 最后, 根据县级行政区相对贴近度在本省对应的z分数得到高指引信息重要度的县级行政区清单, 作为指引信息选取的决策依据。以2组高速枢纽立交为例, 根据主客观赋权-TOPSIS法的评估结果, 提出了对应转换节点处县级行政区的指路标志指引信息选取方案, 并结合实地调研结果验证了本研究提出的评估方法的合理性。结果表明: 所提出的方法优化了指路标志指引信息设置策略, 可为指路标志版面信息选取提供参考。

关键词: 智能交通; 指引信息重要度; 主成分分析; TOPSIS; 指路标志

中图分类号: U491

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2024) 09-0028-08

Assessment Method for County-level Guidance Information Importance Based on Subjective and Objective Empowerment-TOPSIS Approach

WEI Yu-tong*, ZHOU Rong-gui, ZHANG Wei-han, FENG Yi-dong

(Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: In county-level administrative regions of China, the hierarchical principle of signage guidance based solely on administrative rank sometimes fails to objectively reflect the transportation needs. To optimize the strategy for setting signage guidance in county-level administrative regions, and enhance the road network functionality, this study proposed the assessment method for guidance information importance based on subjective and objective empowerment-TOPSIS approach. First, tailored to the characteristics of county-level administrative regions in China, the evaluation system covering 11 indicators (i.e., population, area, economy, number of tourist attractions, road network size, etc.) was constructed. Second, the subjective guidance information importance was statistically analyzed by using the Likert scale method to obtain the subjective importance scores. Third, the principal component analysis was employed to objectively weight the indicators based on their internal characteristics. The principal components, which achieved the cumulative explained variance of 85%, were weighted according to the corresponding eigenvalues to obtain objective importance scores. Subsequently, the TOPSIS approach was used to comprehensively evaluate the subjective

收稿日期: 2024-05-28

基金项目: 安徽省交通运输重点科技项目 (2023-KJQD-018); 交通运输部公路科学研究所 (院) 交通强国建设试点任务项目 (QG2021-3-11-2)

作者简介 (* 通讯作者): 卫雨桐 (1999-), 男, 山西太原人, 硕士. (wyt_991024@163.com)

and objective scores, obtaining the relative closeness degree of each sample with both subjective and objective criteria. Finally, based on the relative closeness degrees of county-level administrative regions compared with corresponding z-scores within the province, the list of highly important county-level administrative regions was generated, serving as the basis for decision-making in signage guidance selection. Taking two expressway interchanges for examples, based on the assessment result with subjective and objective empowerment-TOPSIS approach, the signage guidance information selection schemes were proposed corresponding to the transformation nodes of county-level administrative regions. The rationale of proposed assessment method was verified through the field surveys. The result indicates that the proposed method optimizes the setting strategy for signage guidance information, which can provide the reference for signage layout information selection.

Key words: intelligent transport; guidance information importance; principal component analysis; TOPSIS; signage

0 引言

作为传递道路方向、地点和相交道路等信息的重要标志,指路标志为道路使用者提供导航和方向指引,可有效提高道路交通的畅通和安全。结合指路标志版面面积和驾驶员视认能力,《道路交通标志和标线第2部分:道路交通标志》(GB 5768.2—2022)规定:对于一般道路,同一横断面指路标志上指引信息数量不宜超过6个;对于高速公路与城市快速路,同一横断面指路标志上指引信息数量不宜超过3个^[1-2]。因此实际工程设计中,区域路网上指路标志上的目的地信息通常难以满足区域内的所有出行需求,需要对指引信息进行重要度分层,按照重要度从高到低对指引信息的传递一致性进行评价。现行规定中对指引地区分层仅依靠行政区划等级,其中A层信息为直辖市、省会、自治区首府和地级行政区等控制性城市;B层信息为县级行政区;C层信息为乡、镇、村。然而对于相同行政区划等级的地区,特别是全国范围内的县级行政区在规模、发展水平和路网连通性上存在显著的内部差异,因此这种单一按照行政等级的分层原则通常无法完全体现交通需求状况,容易忽略某些县级行政区,特别是在经济、旅游、人口等方面突出的县级行政区在道路指引中重要性,不利于路网功能性的发挥。综上所述,本研究重点应用于高速公路和普通国省干线公路,主要针对县、县级市和旗作为指引信息的重要度层级进行评估;市辖区间的道路以城市道路为主,很少涉及多层级信息选取,不是本研究的重点。

本研究使用指引信息重要度的概念来对指引信息进行分层,指引信息重要度的定义为:路网中出

行者对该指引信息的总体需求程度^[3-5]。目前研究在进行交通标志信息重要度评估时,主要从驾驶人的主观角度出发探究视角的关注程度、视认距离等信息^[6-8],并从交通标志实际设置现状角度直接进行重要度的评估研究^[9-12]及采用层次分析法、模糊评价法等方法对重要度进行评估。然而这些方法面临评估指标不稳定、数据获取难及难以在大范围路网应用等问题。根据Sheffi^[13]和王炜^[14]提出的出行需求预测理论,交通需求主要影响因素包括经济发展水平、人口和区域内设施。在此基础上,吕鹏^[3]以行政级别、地方人均国内生产总值、交通量及包含的旅游景区等级作为指标,使用层次分析法结合专家打分建立了重要度评估模型。崔洪军等^[15]使用相对交通量代表指路标志地名重要度,以行政等级、人口数、城市规模、第1产值和第2产值为特征建立了线性回归模型对地名交通重要度进行预测。在上述指标的基础上,本研究对评估指标进行了优化:由于区县级地区交通量通常无法获取且在时间上的稳定性较差,难以在实际工程中应用,所以本研究未采用交通量指标,而采用经济、人口、面积、路网长度和旅游景区数量为评估指标,并进一步将其细化为第1产业生产总值、第2产业生产总值、第3产业生产总值、人口、面积、高速公路总长、国道总长、省道总长、5A级景区数量、4A级景区数量和3A级景区数量共11个主要影响交通重要度的指标进行评估。其中人口和面积可以体现该地区的整体规模,第1产业生产总值、第2产业生产总值、第3产业生产总值作为区域的经济指标代表当地的发展水平;高速公路总长、国道总长、省道总长作为路网长度指标强调了目的地在路网拓扑上的重要程度;5A级景区数量、4A级景区数量和3A

级景区数量为旅游景区指标，描述本地旅游业对于交通的吸引程度。本研究在确定上述 11 个指标的基础上完成了重要度的预测，从而使提出的方法更具普遍适用性。

在评价指标确定的基础上，评价方法可以分为主观定权法和客观定权法 2 类^[16-17]。主观定权法可以充分考虑实践经验，但存在稳定性差和忽略指标内部方差的问题。其中常用的层次分析法的评价因素一般不超过 9 个，且存在由于专家人数少产生较大误差的可能性^[18]，但由于主观的方法可以充分调动经验，因此主观的方法仍有存在的必要，主观评估部分本研究采用问卷量表测量的方法。客观定权法方面，考虑到没有可以较好反映交通重要度的标签用于建模，本研究仅考虑无监督方法，因为研究目的是给每个地区的特征赋予权重，所以应使用主成分分析（Principle Component Analysis, PCA）的方法对特征进行线性重组。主成分分析法是一种面向多维数据的无监督学习方法，对每一特征进行线性重组得到协方差为 0 的新变量^[19-22]。PCA 方法能够有效降低数据集的维度，捕捉包含方差的轴，因此，PCA 方法被应用于本研究。在交通工程领域，顾政华等^[23]提出按照累计方差贡献率选择主成分并按照特征值加权来计算各个指标的权重方法，但是这种客观定权法存在权重解释性不良的问题。综上所述，本研究结合主客观定权思想，提出了一种量表测量-主成分分析-逼近理想解排序的指引信息重要度评估模型，分别使用问卷量表和主成分分析的方法得到每一特征的权重，评估各个指标的主观重要程度和对总体的区分度贡献。对问卷调查得分和主成分分析权重分别进行标准化后使用逼近理想解排序（TOPSIS）法得到综合评价的权重。TOPSIS 法是一种面向多指标的决策评估方法，在交通工程中样本的评价与选择方面有广泛应用^[16,23]，使用这种方法对基于主客观指标的正理想解与负理想解进行对比，计算出每一样本的相对贴近度作为最终得分^[24]，最终根据 z 分数在每个省内对县级行政区地区进行分层，得到了全国范围内具有较高指引信息重要度的县或县级市清单，可作为指路标志版面信息选取的参考依据。

1 模型构建

在上述研究^[3,15]选择人口数、国内生产总值、交通量和旅游景区等级的基础上，本研究对评估指标进行了优化：针对县级行政区交通量获取难度大、

时间稳定性较差等问题，本研究在指路标志指引信息重要度评估体系中未使用交通量指标，而基于数据的稳定性和可获取性采用了路网长度作为替代；考虑到经济、路网长度和旅游景区数量作为评估指标内部存在不同层级的问题，本研究对评价颗粒度进一步细化。最终确定出第 1 产业生产总值、第 2 产业生产总值、第 3 产业生产总值、人口、面积、高速公路总长、国道总长、省道总长、5A 级景区数量、4A 级景区数量和 3A 级景区数量共 11 个影响交通重要度的主要指标，具体评价指标及定义见表 1。

表 1 指引信息重要度的评估指标

Tab. 1 Evaluation indicators of guidance information importance

序号	指标名称	含义	符号
1	人口	境内人口总数	P
2	面积	行政区域面积	A
3	经济指标	第 1 产业生产总值 农林牧渔业的生产总值	G_1
4		第 2 产业生产总值 工业的生产总值	G_2
5		第 3 产业生产总值 服务业等第 1 和第 2 产业以外产业的的生产总值	G_3
6	路网长度指标	高速公路总长 境内高速公路长度之和	R_H
7		国道总长 境内国道长度之和	R_N
8		省道总长 境内省道长度之和	R_P
9	旅游景区指标	5A 级景区数量 境内全国 5A 级景区数量之和	S_{5A}
10		4A 级景区数量 境内全国 4A 级景区数量之和	S_{4A}
11		3A 级景区数量 境内全国 3A 级景区数量之和	S_{3A}

1.1 主观指标分析

主观定权法包括量表测量和层次分析法等，其中层次分析法可以充分调动相关领域专家的经验，但考虑到指标数量较多，层次分析法适用性不佳，因此本研究主观评价方面主要采用问卷量表测量的方法。调查仅限于有驾照的驾驶员，收集包括驾驶员基本信息和驾驶员被告知指引信息重要度定义的前提下对各项指标权重的 5 级量表评分，最终整理结果得到每一指标的主观得分。通过在全国范围内发放和回收线上问卷进行随机抽样，共计得到 456 份样本，根据设置问题和答卷时长共筛选出有效问卷 403 份，其中男性和女性占比分别为 52.9% 和

47.1%; 平均年龄为 33.8 岁; 驾龄主要分布在 3~5 a (32.8%), 1~3 a (25.5%), 5~10 a (21.4%)。81.2% 驾驶员的驾驶证类型为 C1 或 C2; 持有 B1 或 B2 类驾驶证的驾驶员占比为 10.7%; 持有驾驶证类型为 A1 或 A2 类的驾驶员占比为 6.5%; 其他类型驾驶证的驾驶员占比为 1.6%。平均每月跨县(或县级市)出行的次数主要分布在 1~3 次 (38.1%) 和 3~6 次 (31.5%); 在有过跨县(或县级市)出行的驾驶员中, 有 38.7% 驾驶员表示有过县或县级市指路标志指引信息选取不当导致的路径选择错误; 对于现存的县或县级市的指路标志指引信息选取, 平均满意度为得分为 3.77 (1 代表非常不满意, 5 代表非常满意), 其中有 11.8% 的驾驶员选择了“非常不满意”或“不满意”, 有 24.4% 的驾驶员选择了“一般”, 共计 36.2%, 因此有必要对县或县级市的

表 2 主观分析的评估指标权重

Tab. 2 Weights of evaluation indicators in subjective analysis

指标	P	A	G_1	G_2	G_3	R_H	R_N	R_P	S_{5A}	S_{4A}	S_{3A}
均值	4.08	4.03	3.80	3.89	3.87	4.03	3.99	3.98	3.75	3.69	3.27
标准误差	0.048	0.057	0.058	0.058	0.057	0.058	0.057	0.058	0.067	0.072	0.069
归一化	0.096	0.095	0.090	0.092	0.091	0.095	0.094	0.094	0.089	0.087	0.077

每项指标的标准误差均低于 0.1, 可以对总体均值进行有效估计。11 项评估指标的均值与标准误差对比如图 1 所示, 结果显示在驾驶员的主观判断中, 面积、人口和路网总长对指引信息选取更为重要, 其中 3 项路网总长评分里高速公路总长的得分最高; 国内生产总值相关的指标中, 第 1 产业(农林牧渔业)生产总值对指引信息重要度的影响权重略低于其余两产业(工业与服务业等)的生产总值, 旅游景区数量特别是 3A 级景区数量的重要度权重较低。

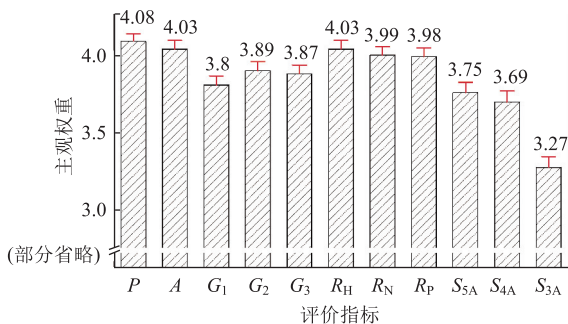


图 1 11 项评估指标的均值与标准误差对比

Fig. 1 Mean and standard error comparison among 11 evaluation indicators

1.2 主成分分析

客观定权法部分本研究采用主成分分析法对特征进行线性重构。用于主成分分析的数据中, 人口、

指引信息选取进行评估和优化。

对于 11 项指标的评价结果进行分析, 根据中心极限定理, 当样本量 $n \geq 30$ 时, 样本均值 $\bar{x}$ 服从均值为总体均值 μ , 标准差为标准误差 (SE) 的正态分布, 其中 SE 可以用于衡量在用样本估计总体均值结果的优劣程度, SE 越小说明对于总体均值的估计越准确^[25]。

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}, \quad (2)$$

式中, n 为有效样本量; μ 为样本均值; x_i 为第 i 个样本的值; s 为用于近似总体标准差的样本标准差^[25]。得到的对 11 个评价指标的均值进行归一标准化处理得到主观分析的评估指标权重 (见表 2)。

行政区域面积和 3 个产业的生产总值来自 2023 年中国城市统计年鉴^[26]; 不同等级旅游景区信息来自各省、直辖市或自治区文化旅游相关部门提供的旅游景区名录; 不同等级路网在县级行政区的总长来自使用 QGIS 对高德全国路网和地图的分析结果。

对用于分析的 1 752 组区县级行政区域数据进行标准化处理, 计算得到 KMO 值为 0.723, 大于 0.50; 巴特利特球形检验值为 0, 小于 0.05。这表明上述样本数据的不同特征之间存在显著的共线性, 适合进行主成分分析。客观指标方面, 主成分分析法通过对数据特征之间的协方差矩阵进行对角化来实现新生成变量之间的线性无关。主成分分析中, 可以选择 85% 累计解释方差的主成分并依据特征值大小进行加权, 得到每一个特征区分度的权重。对县级地区进行分析的具体步骤如下。

(1) 将样本数据放入 $n \times 11$ 的矩阵 $A_{n \times 11}$, 其中 n 为样本量:

$$A = \begin{pmatrix} a_{1P} & a_{1A} & \cdots & a_{1S_{3A}} \\ a_{2P} & a_{2A} & \cdots & a_{2S_{3A}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{nP} & a_{nA} & \cdots & a_{nS_{3A}} \end{pmatrix}_{n \times 11} \quad (3)$$

矩阵中每一行代表一条样本, 每一列代表一个

特征。

(2) 对 $A_{n \times 11}$ 中的数据减去各列的平均值并去量纲, 得到去中心化的矩阵 $X_{n \times 11}$, 其中:

$$x_{ij} = \frac{(a_{ij} - \mu_j)}{\sigma_j}, \quad (4)$$

式中, x_{ij} 为去中心化的数据; a_{ij} 为 $A_{n \times 11}$ 中第 i 行第 j 列的数据; μ_j 为第 j 列的均值; σ_j 为第 j 列数据的标准差。

(3) 去中心化后, 计算出 $X_{n \times 11}$ 对应的协方差矩阵 $C_{11 \times 11}$:

$$C_{11 \times 11} = \frac{1}{n-1} X^T X. \quad (5)$$

(4) 正定矩阵 $C_{11 \times 11}$ 必然存在 11 个非负特征值和相互正交的特征向量使其对角化, 计算得到重构后的特征:

$$P^T C P = \Lambda_{11 \times 11}, \quad (6)$$

式中 $\Lambda_{11 \times 11}$ 为 $C_{11 \times 11}$ 的特征值从大到小排列的对角阵:

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & & \\ & \lambda_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & \lambda_{11} \end{pmatrix}_{11 \times 11}, \quad (7)$$

$$Y = X P_{11 \times 11}, \quad (8)$$

式中, $P_{11 \times 11}$ 为 $\Lambda_{11 \times 11}$ 中特征值对应的单位特征向量构成的矩阵; X 与 $P_{11 \times 11}$ 每一列相乘得到一个主成分值。主成分的方差解释率如图 2 所示, 选取累计解释方差率 85% 的前 6 个主成分并按照特征值加权后归一, 主成分的组成如表 3 所示, 其中绝对值小于 0.1 的载荷已省略。

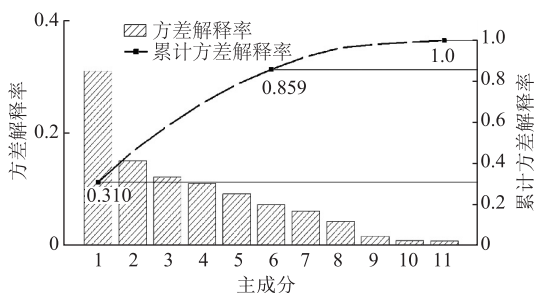


图2 主成分方差解释率

Fig. 2 Percentage of explained variance of principal components

1.3 TOPSIS 综合评价

TOPSIS 是一种在交通工程中样本的评价与选择方面有广泛应用的多指标的评估方法。得到主客观权重后使用 TOPSIS 综合评价法对主客观 2 个维度的

表3 区县级行政区域分析的主成分组成

Tab. 3 Principal components composition of county-level region analysis

指标	主成分						归一化
	1	2	3	4	5	6	
特征值	3.21	1.49	1.27	1.22	1.04	0.85	—
P	0.44	-0.22	—	0.15	-0.27	0.22	0.087
A	-0.12	0.55	—	0.55	—	—	0.080
G_1	0.40	-0.19	—	0.25	-0.42	0.25	0.081
G_2	0.43	—	—	—	0.57	-0.16	0.135
G_3	0.48	—	—	—	0.45	—	0.148
R_H	0.31	—	0.38	—	-0.12	0.12	0.108
R_N	—	0.33	0.72	0.20	—	—	0.121
R_P	0.19	0.33	-0.55	0.36	0.13	—	0.070
S_{5A}	—	0.38	—	-0.40	0.13	0.80	0.065
S_{4A}	0.16	0.44	0.13	-0.38	0.19	-0.24	0.062
S_{3A}	0.23	0.23	—	-0.36	0.36	-0.37	0.050

结果进行综合评价, 分别计算每一特征的正负理想点和每一样本到最优和最劣解的距离, 从而得到相对贴近度, 以此作为综合评价主客观指标的依据^[24], 步骤如下。

(1) 构建对主客观指标的 TOPSIS 评价矩阵 $T_{n \times 2}$:

$$T = \begin{pmatrix} t_{o1} & t_{s1} \\ \dots & \dots \\ t_{on} & t_{sn} \end{pmatrix}_{n \times 2}, \quad (9)$$

式中, t_{oi} 为第 i 个样本的客观得分; t_{si} 为第 i 个样本的主观得分。

(2) 此问题中主客观分数都是关于指引信息重要度的正向指标, 因此选择每个指标的最大值生成正理想点, 相应的最小值为负理想点:

$$t^+ = [\max t_{oi}, \max t_{si}], \quad (10)$$

$$t^- = [\min t_{oi}, \min t_{si}]. \quad (11)$$

(3) 在 (2) 的基础上计算每一样本到正负理想解的距离, 并得到相对贴近度:

$$D_i^+ = \|t_i - t^+\|_2, \quad (12)$$

$$D_i^- = \|t_i - t^-\|_2, \quad (13)$$

$$D_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}, \quad (14)$$

式中, t_i 为 $T_{n \times 2}$ 中第 i 个样本对应的行向量; D_i^+ 和 D_i^- 为样本 i 到最优和最劣解的距离; D_i 为样本 i 的相对贴近度。

2 结果分析

z 分数也称为标准分数, 可以反映单个数据在一组数据中的相对位置, 计算为:

$$Z_i = \frac{X_i - \mu}{\sigma}, \quad (15)$$

式中, Z_i 为第 i 个样本的 z 分数; X_i 为第 i 个样本值; μ 和 σ 分别为省内该组样本的均值与标准差。统计学中 z 分数大于 2 的数据可以视为数值显著高。考虑到县或县级市的指引信息重要度仅在本地有比较意义, 因此本研究取每个省内同一级别地区中相对贴适度对应 z 分数大于 3 的地区为重要度显著高的地区, 即相对贴适度得分超过省内均值 3 个标准差的地区作为重要指引信息, 在指引信息选取时根据实际情况和要求可以考虑作为 A 层信息使用 (见表 4)。

表 4 高指引重要度县级行政区域预测结果

Tab. 4 Prediction results for county-level region with high guidance importance

序号	指引信息	主观权重	客观权重	相对贴适度	z 分数
1	神木市	1.53	1.85	0.50	5.61
2	南昌县	1.61	2.14	0.53	4.77
3	格尔木市	2.30	2.37	0.63	4.66
4	浏阳市	1.99	2.24	0.58	4.25
5	长沙县	1.72	2.19	0.55	3.89
6	腾冲市	1.57	1.06	0.44	3.78
7	晋江市	1.97	2.73	0.62	3.67
8	仁怀市	1.03	1.27	0.39	3.57
9	昆山市	3.60	4.96	1.00	3.55
10	平度市	2.10	2.15	0.59	3.47
11	泽州县	0.50	0.59	0.27	3.43
12	瓜州县	0.65	0.75	0.31	3.30
13	会泽县	1.11	1.21	0.40	3.28
14	盘州市	1.01	1.04	0.37	3.26
15	武安市	0.87	0.93	0.34	3.22
16	宁乡市	1.51	1.57	0.47	3.16
17	瓦房店市	1.40	1.52	0.45	3.11
18	西昌市	0.84	0.82	0.33	3.08
19	大理市	1.01	1.00	0.37	3.03
20	江阴市	3.05	4.37	0.89	3.01
21	嫩江市	0.79	0.64	0.31	3.0

基于主客观评价-TOPSIS 法的县或县级市指引信息重要度评估的结果表明, 昆山市、江阴市、长沙县、晋江市等高度发达地区的指引信息重要度非常高。其中昆山市在 TOPSIS 评价中的相对贴适度是 1, 代表其主客观方面的评分都是最高值, 即昆山市的主客观得分向量等于正理想解。考虑到指路标志信息选取过程中昆山市与中国国内遥远同等级地区的指引信息重要度对比没有实际意义, 外加昆山市周围县或县级市的相对贴适度都较高, 因此昆山市对应的 z 分数并非最高。神木市、泽州县、盘州市、瓜州县等地区虽然不属于全国范围内的综合排名前列地区, 但是

由于其在本地是人口经济密集地区或交通枢纽, 所以也具备高指引信息重要度。旅游景区影响方面, 腾冲市、格尔木市等地幅员辽阔, 旅游景区资源丰富, 因此在综合重要度上也具备很高的权重。

根据《道路交通标志和标线第 2 部分: 道路交通标志》(GB5768.2—2022), 不同等级公路交叉口处路径指引标志应按照图 3 所示的方式进行分层设置, 即在转换节点处从左至右、从上至下依次指引距离转换节点最近的 A 层或 B 层目的地及最近的 A 层目的地, 因此确定目的地的指引信息重要度评估和层级选取在工程中有重要意义。本研究以 G78 汕昆高速与 G77 水兴高速的转换节点及 S59 呼北高速与 S1812 沧榆高速的转换节点为例, 运用重要度评估方法对转换节点处指引信息的选择进行分析。

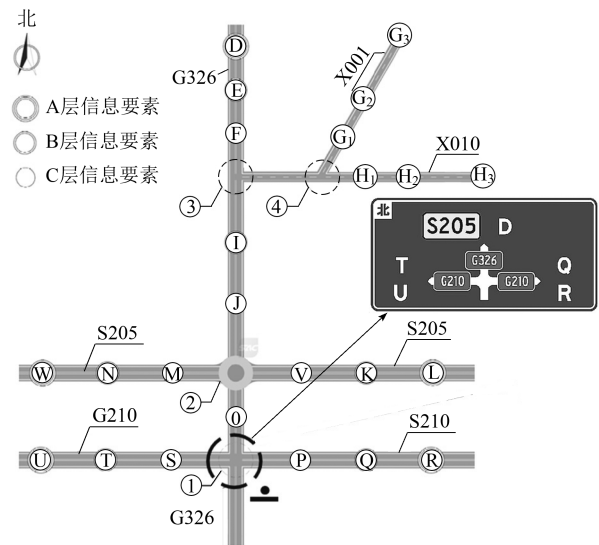


图 3 路网指路标志设置示例

Fig. 3 Example for road network signage setting

S77 水兴高速方向上有盘州市与六盘水市 2 个地区可以作为转换节点处的指路标志指引信息, 其中六盘水市属于地级市, 盘州市属于县级市, 因此在现行的指路标志信息分层原则中, 六盘水市应属于 A 层信息, 盘州市应属于 B 层信息。上述的重要度预测结果中, 盘州市的 z 分数为 3.26, 属于重要区县级行政区域, 可以考虑作为 A 层信息设置于转换节点前的路径指引标志。根据调研结果, 盘州市是毕水兴 (毕节市、六盘水市、兴义市) 经济带的中心腹地及云贵交通、能源、商贸、物流、旅游的重要节点和全国重点产煤县, 为区域重要的交通行为吸引地, 与本研究获得的指路标志中指路信息的重要度相符合。

G59 呼北高速与 G1812 沧榆高速的转换节点前存在府谷县和神木市 2 个县级区域可以作为指路标志指

引信息。在上述的重要度预测结果中,神木市的 z 分数远高于府谷县,因此可以优先考虑将神木市作为A层路径指引信息设置在此处的转换节点前。根据调研结果,神木市是陕西省面积最大的县级市,同时也是西部地区生产总值最高的县级市和重要煤炭生产地,对于道路交通运输的需求高,这证明了提出的县级行政区指路标志指引信息重要度评估方法的合理性。

3 结论

本研究针对现行指路标志指引信息中存在的问题,对以往主观方法和基于有监督学习的客观方法进行了指标和方法上的优化,选取了可实际应用且更加细化的有效指标。综合主观法可以结合实践经验和客观法可以挖掘数据内部特性的优点,提出了一种基于主客观赋权-TOPSIS法的县级行政区指路标志指引信息重要度评估方法。通过结果分析证明其合理性。

(1) 针对县级行政区交通量获取难度大、时间稳定性较差等问题,基于评估指标的有效性和可获取性,细化评价颗粒度,构建了涵盖人口、面积、经济、旅游景区数量、路网规模等11项指标的评价体系。

(2) 对11项指引信息重要度相关变量进行主客观评价,结果表明通过随机采样的主观量表可对总体均值进行较好的估计。客观法通过PCA选取累计解释方差率85%以上的主成分得到了可对数据进行有效区分的轴方向,得到主客观分数后用TOPSIS法对相对贴近度计算,得到了1752个地区的综合指标。最后在所属省换算为 z 分数对其进行排序,提取出了高交通重要度的地区清单。

(3) 以G77水兴高速与G78汕昆高速枢纽立交及S59呼北高速与S1812沧榆高速的枢纽立交为例,结合实地调研结果,验证了本研究提出的县级行政区指路标志指引信息重要度评估方法的合理性,可为指路标志版面信息选取提供决策依据。

虽然本研究提出的方法优化了指路标志指引信息设置策略,增强了路网功能性,但由于方法和数据的限制,仍存在少量信息损失,缺乏可以准确反映交通重要度的量化指标等问题。下一步研究中,可通过补充对节假日、季节天气等因素更好地进行特殊区域或位置的指路标志设置。

参考文献:

References:

[1] 杨艳群, 樵婷, 郑新夷. 基于数据包络分析的高速公

路指路标志地名数研究[J]. 中国公路学报, 2020, 33(6): 137-146.

YANG Yan-qun, QIAO Ting, ZHENG Xin-yi. Number of Place Names of Freeway Guide Signs Based on Data Envelopment Analysis [J]. China Journal of Highway and Transport, 2020, 33(6): 137-146.

[2] 刘坤. 城市干路交通标志提示失效分析与冗余设置策略研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2023.

LIU Kun. Research on Cue Failure Analysis and Redundancy Setting Strategy of Traffic Signs on Urban Arterial Roads [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2023.

[3] 吕鹏. 公路网指路标志信息选取与设置方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.

LÜ Peng. Research on Selection and Setting Method of Directional Sign Information in the Road Net [D]. Changchun: Jilin University, 2017.

[4] 朱荔, 熊坚. 驾驶人对城市指路标志认知需求研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2019, 44(4): 143-150.

ZHU Li, XIONG Jian. A Research on Driver's Cognitive Demand for Urban Traffic Guide Signs [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2019, 44(4): 143-150.

[5] 郭旺达, 张金喜, 张阳光, 等. 基于IFS-TOPSIS的预防性养护投资效益评价研究[J]. 中外公路, 2022, 42(5): 246-251.

GUO Wang-da, ZHANG Jin-xi, ZHANG Yang-guang, et al. Study on Evaluation of Investment Benefit of Preventive Maintenance Based on IFS-TOPSIS [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2022, 42(5): 246-251.

[6] 赵谦. 基于驾驶员注视行为的草原公路禁令标志信息量化研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.

ZHAO Qian. Quantitative Research on Banner Sign Information of Grassland Highway Based on Driver's Gazing Behavior [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2020.

[7] 李俊衡. 基于版面布局的交叉口指路标志信息有效性研究[D]. 西安: 长安大学, 2021.

LI Jun-heng. A Study on the Effectiveness of Road Sign Information at Intersection Based on Layout [D]. Xi'an: Chang'an University, 2021.

[8] 陈国龙. 公路交通指路标志信息可用性研究与评价[D]. 长春: 吉林大学, 2007.

CHEN Guo-long. Study and Evaluation on the Information's Usability of Traffic Guide Signs [D]. Changchun: Jilin University, 2007.

[9] 赵妮娜, 赵晓华, 林展州, 等. 基于驾驶行为的高速公路出口标志形式研究[J]. 中国公路学报, 2020, 33

- (4): 137-145.
- ZHAO Ni-na, ZHAO Xiao-hua, LIN Zhan-zhou, et al. Exit Gore Sign Forms for Freeway Based on Driving Behavior [J]. China Journal of Highway and Transport, 2020, 33 (4): 137-145.
- [10] 陈岳峰, 陈礼彪, 黄键, 等. 考虑驾驶行为稳定性与交通状态稳定性的路标效用评价模型 [J]. 公路交通科技, 2019, 36 (10): 137-143.
- CHEN Yue-feng, CHEN Li-biao, HUANG Jian, et al. A Model for Evaluating Effect of Guide Sign Considering Stability of Driving Behavior and Traffic Flow State [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2019, 36 (10): 137-143.
- [11] 王宏然. 基于模糊理论的道路交通标志设置效果评价研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- WANG Hong-ran. Study on the Evaluation of Traffic Signs Based on Fuzzy Theory [D]. Changchun: Jilin University, 2017.
- [12] 李智意. 路网条件下交通枢纽指路标志设置优化研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2021.
- LI Zhi-yi. Setting Optimization of Guide Signs for Traffic Hubs Under the Network Condition [D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2021.
- [13] SHEFFI Y. Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematic Programming Model [M]. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1985.
- [14] 王伟. 交通规划 [M]. 南京: 东南大学出版社, 1999.
- WANG Wei. Transportation Planning [M]. Nanjing: Southeast University Press, 1999.
- [15] 崔洪军, 郭一晴, 李霞, 等. 以相对流量为媒介的指路标志地名重要度研究 [J]. 河北工业大学学报, 2018, 47 (2): 67-72.
- CUI Hong-jun, GUO Yi-qing, LI Xia, et al. A Study on Importance of Location on Guide Sign in the Medium of the Relative Export Traffic Volume [J]. Journal of Hebei University of Technology, 2018, 47 (2): 67-72.
- [16] 卓亚娟, 贾志绚, 韩智强, 等. 基于组合赋权-TOPSIS法的城市平面立交交通组织评价研究 [J]. 公路交通科技, 2022, 39 (9): 140-148.
- ZHUO Ya-juan, JIA Zhi-xuan, HAN Zhi-qiang, et al. Study on Evaluation of Urban Plane Interchange Traffic Organization Based on Combined Weighting-TOPSIS Method [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2022, 36 (9): 140-148.
- [17] 李美玲, 陈雅楠, 冉晋, 等. 高速公路指路标志系统研究进展 [J]. 中外公路, 2023, 43 (6): 328-335.
- LI Mei-ling, CHEN Ya-nan, RAN Jin, et al. Research Progresses on Guide Sign System of Highways [J]. Journal of China & Foreign Highway, 2023, 43 (6): 328-335.
- [18] 闫明, 王红武, 刘志刚, 等. 城镇排水系统运行效能评价指标体系的构建与研究 [J]. 环境工程学报, 2023, 17 (10): 3124-3136.
- YAN Ming, WANG Hong-wu, LIU Zhi-gang, et al. Establishment and Study on the Evaluation Index System for Operational Efficiency of Urban Drainagesystems [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2023, 17 (10): 3124-3136.
- [19] JOLLIFFE I T, CADIMA J. Principal Component Analysis: A Review and Recent Developments [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society Mathematical Physical & Engineering Sciences, 2016, 47 (3): 239-247.
- [20] LIU W M, CHANG C I. Variants of Principal Components Analysis [C] // IEEE. Proceedings of 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Barcelona: IEEE, 2008, 1 (12): 1083-1086.
- [21] ILIN A, RAIKO T. Practical Approaches to Principal Component Analysis in the Presence of Missing Values [J]. Journal of Machine Learning Research, 2010, 11: 1957-2000.
- [22] 于祥阁, 张敬磊, 孙龙祥, 等. 基于二源异构数据特征融合的驾驶人愤怒识别 [J]. 公路交通科技, 2023, 40 (3): 193-201.
- YU Xiang-ge, ZHANG Jing-lei, SUN Long-xiang, et al. Driver's Anger Recognition Based on Feature Fusion of Two-source Heterogeneous Data [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2023, 40 (3): 193-201.
- [23] 顾政华, 李旭宏. 主成分分析法在公路网综合评价中的应用 [J]. 公路交通科技, 2003, 20 (5): 71-74.
- GU Zheng-hua, LI Xu-hong. Application of Principal Component Analysis Method in Comprehensive Evaluation for Road Network [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2003, 20 (5): 71-74.
- [24] 范泽. 基于层次分析法的互通方案多目标优选研究 [J]. 公路交通科技, 2023, 40 (5): 202-210.
- FAN Ze. Study on Multi-objective Optimization of Interchange Scheme Based on AHP [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2023, 40 (5): 202-210.
- [25] MENDENHALL W M, SINCICH T L. Statistics for Engineering and Science [M]. [S. l.]: Chapman and Hall, CRC Press, 2019.
- [26] 国家统计局. 中国城市统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2023.
- National Bureau of Statistics of China. China City Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2023.