引文格式：薛展鹏,赵孜颖,易琳,等. 大熊猫国家公园建设成效综合动态评估与分析[J]. 地理空间信息, 2026, 24(5): 76-80. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.05.014

大熊猫国家公园建设成效综合动态评估与分析

薛展鹏[1]，赵孜颖[2]，易　琳[2*]，王琳璐[2]，邵怀勇[2]
（1. 成都理工大学 地球与行星科学学院，四川 成都 610000；2. 成都理工大学 地理与规划学院，四川 成都 610000）

摘　要：为支持大熊猫国家公园的建设发展，了解大熊猫国家公园多片区统一协调管理成效，结合大熊猫国家公园的区域特征和数据的可获取性等情况，从自然、社会和经济3个方面选取指标构建建设成效综合评价体系，初步探讨大熊猫国家公园统一管理成效。在像元尺度上将研究区的建设成效划分为显著、较显著、一般和不显著4个等级。研究结果揭示了大熊猫国家公园不同片区建设成效的空间分布特征，可为其优化统一协调管理提供基础条件。

关键词：大熊猫国家公园；建设成效；变化趋势；评价体系
中图分类号：TU986　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）05-0076-05

Comprehensive Dynamic Evaluation and Analysis of the Construction Effectiveness of Giant Panda National Park

XUE Zhanpeng[1], ZHAO Ziying[2], YI Lin[2], WANG Linlu[2], SHAO Huaiyong[2]
(1. College of Earth and Planetary Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610000, China;
2. College of Geography and Planning, Chengdu University of Technology, Chengdu 610000, China)

Abstract: To support the development of Giant Panda National Park and to understand the effectiveness of unified and coordinated management across its multiple zones, based on the regional characteristics of Giant Panda National Park and the availability of data, we constructed a comprehensive evaluation system by selecting indicators from natural, social, and economic aspects, and preliminarily explored the effectiveness of unified management. The construction effectiveness across the study area was categorized at the pixel scale into four levels, such as significant, relatively significant, general, and insignificant. The results reveal the spatial distribution characteristics of construction effectiveness across different zones of Giant Panda National Park, providing a foundation for optimizing unified and coordinated management.

Key words: Giant Panda National Park, construction effectiveness, change trend, evaluation system

大熊猫是中国独有、古老且珍稀的野生动物，也是世界生物多样性保护的旗舰物种[1]。受全球气候地质变化、人类生产生活等因素影响，大熊猫的分布范围由长江、黄河和珠江流域逐渐缩小至秦岭、四川盆地向青藏高原过渡的高山峡谷地带。2021年10月中国正式设立大熊猫国家公园[2]，旨在通过构建“国家统筹、省负总责、地方落实”的多部门、多区域协作管理体制[3]，促进大熊猫栖息地的连通性、协调性和完整性[4]，实现种群稳定繁衍，形成人与自然和谐共生的可持续发展模式。大熊猫国家公园的建设与管理作为中国生态保护领域的重要实践，尽管采取了加强生态廊道、修复栖息地、推动社区参与等措施[4-5]，但在实际推进中仍面临一些挑战。公园涉及陕西、四川和甘肃3个省份的多个行政区域和管理单位（林业、环保、农业、地方政府等）[4,6]，在职能整合和协调上存在挑战。同时，该公园是气候垂直分布带最明显的地区之一，地形地貌和生物多样性差异显著[7]，导致区域资源不平衡、地方利益和发展诉求差异[8-10]，跨区域协调难度大。

建设成效评估是衡量功能实现程度的关键环节[11-13]，能准确了解国家公园建设的实际效果和发展需求，动态优化管理决策、加强社会支持与资源配置。目前已开展不少大熊猫国家公园建设成效的评估研究，但仍存在显著局限。国内研究多聚焦于单一生态指标，尚未构建融合生态、社会与经济等多维度的综合性评估框架；美国黄石国家公园的评估体系虽在长期监测实践中积累了丰富经验，但其方法在我国独特且复杂的地理环境与社会经济背景下的适用性仍然存疑。具体来看，现有评估体系在多维度协同分析方面能力不足，较少深入分析生态保护与社会经济发展

项目来源：自然资源调查国家专项资助项目。
第一作者简介：薛展鹏（1999—），硕士研究生，研究方向为资源与环境遥感，E-mail：3337167101@qq.com。
通信作者：易琳（1986—），博士，副研究员，研究方向为生态可持续发展，E-mail：yilin57@163.com。

之间复杂的互动关系；在空间化、动态化的监测手段上也有所欠缺，难以准确反映国家公园建设成效的空间格局特征及其动态演变趋势。大熊猫国家公园建设成效评价不仅要关注生态保护方面取得的成效，还要兼顾社会、经济和文化的可持续性，并推动全球合作和公众参与[14]。因此，本文在平衡生态保护与社会经济发展间矛盾的基础上，综合自然、社会和经济3个维度，利用遥感和GIS空间分析方法构建了指标数据易获取、易空间化的评价体系，提出了可系统、动态评估多片区、多部门协同管理综合成效的评估方法，以揭示大熊猫国家公园建设成效的空间分布特征，精准优化多部门协调管理机制，推动跨区域多部门共同管理、生态保护与社会经济共同发展目标。

1　研究区概况与数据来源

大熊猫国家公园涉及四川、甘肃和陕西3个省份，包含岷山、邛崃山—大相岭、秦岭和白水江片区，地理范围为28°51′03″~34°10′07″ N、102°11′10″~108°30′52″E，总面积达27 134 km²（图1）；区内山地地形海拔多在1 500~3 000 m；属大陆性北亚热带向暖温带过渡的季风气候区，年均气温为12~16℃，年降水量为500~1 200 mm，水系分布多，具有丰富的水能资源。根据全国第四次大熊猫调查数据显示：大熊猫国家公园内有野生大熊猫1 631只，占全国野生大熊猫总量的87.50%；大熊猫栖息地面积为18 056 km²，占全国大熊猫栖息地面积的70.08%。本文采用的土地覆盖数据来源于年度中国土地覆盖数据集，交通数据来源于全国地理信息资源目录服务系统，人口分布数据来源于LandScan人口数据集，植被覆盖度和$PM_{2.5}$数据来源于国家青藏高原科学数据中心，夜间灯光数据来源于Harvard Dataverse网站，统计数据来源于政府网站。

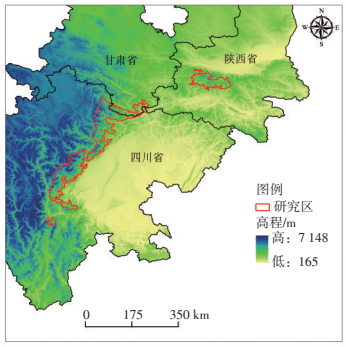


图1　研究区位置

审图号：GS(2025)4531

2　研究方法

由于大熊猫国家公园的环境复杂，指标数据的获取性、完整性差异较大，本文整合土地覆盖、人口分布、夜间灯光、植被覆盖度和社会经济统计等数据，从自然、社会和经济3个维度选择评价指标，通过投影寻踪模型对多指标数据集进行降维，再利用加权综合法对大熊猫国家公园建设成效进行综合评估。

参考相关文献[15-20]，本文构建了大熊猫国家公园建设成效评价指标体系，平衡了生态系统保护与社会经济发展目标，同时确保了空间化和数据采集的便利性（表1）。自然维度指标代表公园内栖息地生态系统的保护效果；经济维度指标衡量公园的旅游功能和经济发展情况，经济发展的可持续是公园建设的重要基础；社会维度指标反映公园内居民生活发展的可持续性，在合理减少公园内人口压力的同时保障居民的生活福祉。

表1　大熊猫国家公园成效评价体系

维度	评价指标	指标数据来源
自然	空气质量	统计数据
经济	旅游人数	
经济	旅游收入	
经济	GDP	
社会	物质生活指数	土地覆盖数据
自然	生态系统比例	
社会	土地利用强度	
自然	香农多样性指数	
自然	地表水	
自然	FVC	
社会	人口密度	对应数据集
经济	夜间灯光	

为空间化呈现大熊猫国家公园的建设成效评价结果，对原始空间数据进行处理、重采样，并结合辅助数据构建统计回归模型对统计数据进行空间化，确保所有空间化指标尺度一致。在行政单元尺度上统计空间化辅助数据，并将统计结果与统计数据进行回归分析，得到最佳回归曲线；再将确定的回归方程代入空间化辅助数据，从而将统计指标数据分配到格网单元上实现空间化。$PM_{2.5}$是制约我国环境空气质量达标的一个关键指标[21]，空气质量利用$PM_{2.5}$通过二次模型进行空间化，模型的R^2为0.735。交通状况的好坏影响着旅游的发展[22]，旅游人数利用路网密度通过三次模型进行空间化，模型的R^2为0.630。GDP利用夜间灯光[23]通过二次模型进行空间化，模型的R^2为0.608。物质生活指数为人均可支配收入，利用人口分布通过三次模型进行空间化，模型的R^2为0.464。旅游收入利用旅游人数[24]通过幂模型进行空间化，模型的R^2为0.718。

2.1　多维指标降维方法

与主成分分析、熵权法等方法相比，投影寻踪模

型在处理高维度、非线性数据方面具有优势，通过数据的分布规律确定权重，适合非线性、小样本、高维数据的处理，能对多维数据集进行降维以反映数据集的特征，从而分析数据集的结构特征[25-26]。本文根据评价指标体系构建评价指标数据集，利用投影寻踪模型对数据集进行降维处理，得出最佳投影方向，以此为权重进行综合评价。

1）指标数据集标准化。构建得到的评价指标数据集中各数据的单位不统一，需对数据进行标准化，从而消除不同量纲带来的影响。

2）线性投影与指标投影函数。对指标数据集进行线性投影，将其综合成一维空间内的投影值，并构造指标投影函数，计算公式为：

$$m_i=\sum_{j=1}n_jY(i,j) \tag{1}$$

$$P=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}\left(m_j-\bar{m}\right)^2}{K-1}}\sum_{a=1}\sum_{b=1}\left(r-d_{ab}\right)\ g(r-d_{ab}) \tag{2}$$

式中，n_j 为评价指标 j 对应的投影方向；m_i 为第 i 年评价指标 $Y(i,j)$ 计算得到的投影值；P 为指标投影函数；r 为估计投影局部密度的半径；$d_{ab}=\left|m_a-m_b\right|$；$g(t)$ 为计算函数，若 $r\geqslant d_{ab}$，$t=r-d_{ab}$，$g(t)$ 为1，反之则为0。

3）优化投影方向。本文采用遗传算法来优化求解 P 的最大值，其对应的投影方向即最佳投影方向。

2.2 空间综合评估

根据最佳投影方向和指标空间数据可得到反映大熊猫国家公园建设成效的综合信息。

$$E=\sum_{i=1}^{n}w_1x_1+w_2x_2+\cdots+w_nx_n \tag{3}$$

式中，w_n 为最佳投影方向；x_n 为归一化空间指标数据；E 越大，表示建设成效越显著，相反则需加强建设工作。

为便于综合分析评估结果，本文根据自然间断点分级法将建设成效分为不显著、一般、较显著和显著4个等级。

2.3 变化趋势

Theil-Sen Median是非参数统计趋势分析方法，Mann-Kendall是非参数检验方法，二者不受异常值影响，不要求数据服从特定分布[27]。Theil-Sen斜率估计的计算公式为：

$$S_E=\text{median}\left(\frac{E_j-E_i}{j-i}\right) \tag{4}$$

式中，E_i、E_j 分别为第 i、j 年的综合评价结果；$S_E>0$ 表示综合评价结果呈上升趋势，反之则呈下降趋势。

Mann-Kendall趋势检验的计算公式为：

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S>0\\ 0 & S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S<0\end{cases} \tag{5}$$

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\text{sgn}\left(E_j-E_i\right) \tag{6}$$

$$\text{sgn}\left(E_j-E_i\right)=\begin{cases}1 & E_j-E_i>0\\ 0 & E_j-E_i=0\\ -1 & E_j-E_i<0\end{cases} \tag{7}$$

$$\text{var}(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \tag{8}$$

式中，S 为检验值；Z 为标准化后的检验值；sgn()为计算函数；var()为方差。

3 研究结果与分析

3.1 权重计算结果

本文选取2018—2022年的5个样本和13个评价指标，通过循环运行，采用遗传算法计算得到指标投影函数的最大值。本文中遗传算法的种群规模为200，最大迭代次数为500，变异概率为0.01。利用投影寻踪模型计算各指标的最佳投影方向，并以此（表2）反映对大熊猫国家公园建设发展的贡献大小。自然维度指标权重能凸显大熊猫国家公园以栖息地完整性和生态功能维护为核心目标的发展状态；经济维度指标权重可说明公园经济发展活动状态，其经济贡献主要来源于生态旅游和外部财政支持，应在保护栖息地完整性的前提下合理开发区域资源；社会维度指标权重可揭示公园栖息地生态保护与社区发展的矛盾以及区域内居民活动对栖息地连通性产生的影响。结果表明，地表水、旅游人数、GDP和土地利用强度的最优投影方向分别为0.128、0.151、0.122和0.145，远高于其他指标，说明这4个指标对综合结果的影响较大，地表水作为生态系统的重要组成部分，影响着公园物种的活动空间和生态过程，是评估栖息地质量的关键因子，能反映公园生态系统的稳定性；旅游人数与GDP反映区域经济可持续发展情况，旅游人数是社区替代生计的重要指标，相较于旅游收入，人数数据获取更加精确；GDP能更全面反映社区可持续发展水平，高权重表明经济发展的重要性，但须通过生态限制和补偿机制控制其负面影响；土地利用强度直接关系到栖息地的破碎化程度，能反映公园内栖息地连通性，是衡量人类活动对生态干扰的敏感指标。这些结果与大熊猫国家公园的目标一致，即保护生态系统，同时在保护和发展之间实现平衡。

表2　最佳投影方向计算结果

评价指标	权重	评价指标	权重
空气质量	0.072	旅游收入	0.087
地表水	0.128	GDP	0.122
生态系统比例	0.106	夜间灯光	0.030
FVC	0.069	物质生活指数	0.006
香农多样性指数	0.006	土地利用强度	0.145
旅游人数	0.151	人口密度	0.079

3.2　指标趋势

本文将大熊猫国家公园陕西片区划分为A区，四川岷山片区和甘肃片区划分为B区，四川邛崃山—大相岭片区划分为C区，利用Theil-Sen Median方法对2018—2022年各指标结果进行趋势分析，结果见图2。在自然维度方面，3个区都以正向变化为主，体现出该公园在自然生态方面的保护作用，与A区相比，B、C区的空气质量较差，部分区域出现了下降趋势，但占比较小；生态系统比例指标整体稳定不变，B、C区的增长趋势尤为明显；地表水和FVC均呈正向变化趋势，A区植被覆盖改善情况优于B、C区；香农多样性指数总体保持稳定。在社会维度方面，公园的建立使得人口密度和物质生活指数呈减少趋势，且B、C区的减少更明显；土地利用强度以不变为主，部分区域的土地利用类型发生变化。在经济维度方面，3个区的变化趋势一致，旅游人数和旅游收入呈上升趋势，夜间灯光和GDP整体稳定不变。

整体上自然、社会和经济3个维度指标均呈正向发展趋势，体现了大熊猫国家公园在平衡保护生态与社会经济发展关系方面的积极作用，但也能看出部分指标在不同片区的变化存在差异。空气质量、生态系统比例、香农多样性指数等指标在公园边缘区域呈减少趋势，这些区域过渡属性明显，是人类活动与自然生态交错的区域，应强化生态缓冲区域的建设与连通性修复，推动生态搬迁与替代生计发展，加强跨区域协同管理、建立统一的边界生态监管机制等，提升边缘区域管理的稳定性。

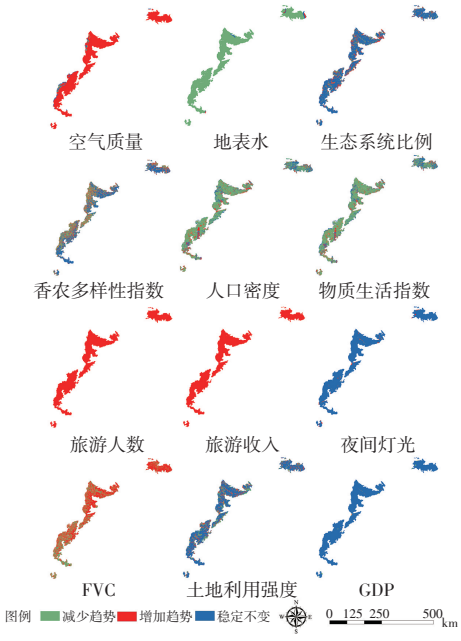


图2　指标变化趋势

审图号：GS(2025)4531

3.3　不同片区建设成效等级空间分布

根据建设成效评价体系得出的综合结果，按照分级标准将其分为4个等级，不同片区建设成效等级分布见图3，可以看出，2018—2022年3个区的建设成效等级变化趋势是一致的，建设成效显著和较显著区域占比不断上升，建设成效一般和不显著区域占比不断下降。2018—2020年A区建设成效较显著和显著区域的占比较高，分别为17.53%、24.05%和24.33%，在空间分布方面，建设成效一般和不显著区域占主导地位；B、C区建设成效较显著和显著区域的占比接近，2020年分别为11.49%和9.10%。2021—2022年A、B、C区建设成效较显著及以上的区域占比显著增加，2022年分别达到55.35%、51.19%和54.59%。其中，建设成效较显著区域在3个区的占比最高，空间分布上较均匀。建设成效较显著区域的占比在A区最高，C区次之。A、B、C区建设成效显著区域占比分别为1.32%、1.42%和1.11%；建设成效一般和不显著区域的占比分别为44.65%、48.81%和45.41%。

整体上3个区的建设措施均已取得了较好的效果。根据2022年不同建设成效等级的占比情况，A区的建设成效最好，B、C区的建设成效相似，C区的表现略优于B区。大熊猫国家公园建立了统一的管理机构，明确了部门职责边界，形成了联动管理体系，A区范围较小，在管理过程中呈现较好的效果，相比之下B、C区范围广、协调任务重，部分地区仍存在资

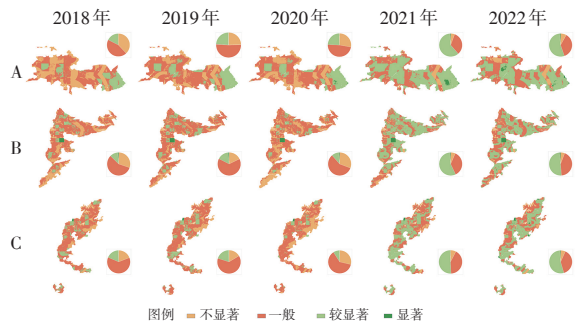


图3　不同片区建设成效空间分布与占比

审图号：GS(2025)4531

金分配不均、管理职能较差等问题，影响管理效果。总体而言，2018—2022年大熊猫国家公园的建设成效有所提高，反映了园区发展过程中实施的各种措施的有效性。对于不同片区的成效差异，A区管理成效较显著，应注重已有的管控成果，保持并优化管理措施，为其他片区提供示范作用；B、C区范围广、环境差异更大，应更加注重社区参与国家公园建设，优化生态旅游等措施，促进当地经济发展，形成相互促进的发展模式。

4 结 论

本文根据区域特征选取评价指标，从自然、社会和经济3个维度构建建设成效评价指标体系，利用投影寻踪模型对指标进行降维处理，通过综合指数法对大熊猫国家公园的建设成效进行空间化评估，分析了大熊猫国家公园不同片区的建设成效变化特征。结果表明，地表水、旅游人数、GDP和土地利用强度对综合建设成效的影响较大，说明公园在生态保护的基础上需实现生态旅游和经济发展的有效协同。从空间分布来看，A、B、C区的建设成效等级总体呈现向好趋势，建设成效较显著及以上区域占比逐年上升，其中A区的建设效果最优，C区略优于B区。整体上园区在推动栖息地保护、生态功能提升和社区协同发展方面取得了积极成效，展示出大熊猫国家公园在生态保护与区域协调发展之间实现良性互动的潜力。研究结果可为公园空间管理的决策优化提供建议。遥感数据的精度、统计数据的空间化误差等将对结果产生影响，在未来允许的条件下可进行完善。

参考文献

[1] 秦青,刘晶茹,于强,等. 四川省大熊猫保护地生态安全及其时空演变[J]. 生态学报,2020,40(20):7255-7266

[2] 刘亦文,袁琳,颜子腾. 大熊猫国家公园碳储量时空演化特征及其驱动因素[J]. 国家公园(中英文),2025,3(4):207-223

[3] 邹统钎,韩全,常东芳. 中国国家公园与国家文化公园管理体制机制比较及其启示[J]. 自然资源学报,2023,38(9):2283-2295

[4] 李天满,张旭晨,郑重,等. 稳步推进大熊猫国家公园高质量发展[J]. 国家公园(中英文),2023,1(2):126-134

[5] 王伟,高吉喜. 我国以国家公园为主体的自然保护地体系建设进展与展望[J]. 环境科学研究,2024,37(10):2100-2109

[6] 孙继琼,王建英,封宇琴. 大熊猫国家公园体制试点:成效、困境及对策建议[J]. 四川行政学院学报,2021(2):88-95

[7] 李晟,冯杰,李彬彬,等. 大熊猫国家公园体制试点的经验与挑战[J]. 生物多样性,2021,29(3): 307-311

[8] 陆相钱,沈兴菊. 大熊猫国家公园旅游经营者碳补偿行为影响因素[J]. 自然保护地,2024,4(2):1-19

[9] 庞鑫,王雨欣,孙松林. 大熊猫国家公园周边地区的聚落景观多样性及其演变趋势:以四川岷山片区为例[J]. 自然保护地,2024,4(1):42-57

[10] 林玲,王卫红,冉茂莹,等. 王朗自然保护区大熊猫生境适宜性及潜在活动区域[J]. 东北林业大学学报,2022,50(1):87-92

[11] 王伟,辛利娟,杜金鸿,等. 自然保护地保护成效评估:进展与展望[J]. 生物多样性,2016,24(10):1177-1188

[12] 杨子江,朱勇. 梅里雪山国家公园分区管理成效评价与对策研究[J]. 生态经济,2016,32(10):201-204

[13] Zhang X, Zhong L, Zhang H. Using Propensity Score Matching Models to Assess the Protection Effectiveness in Pudacuo National Park, China[J]. Ecological Indicators, 2023,150(10):110222

[14] Shan S, Xu H, Qi X, et al. Evaluation and Prediction of Ecological Carrying Capacity in the Qilian Mountain National Park,China[J]. Journal of Environmental Management,2023,339:117856

[15] 付梦娣,刘伟玮,李博炎,等. 国家公园生态环境保护成效评估指标体系构建与应用[J]. 生态学杂志,2021,40(12):4109-4118

[16] 张洛也,王雪宏,佟守正,等. 宁夏阅海国家湿地公园生态系统健康评价[J]. 环境科学与技术,2022,45(增刊1):247-253

[17] 张晓宇,宁晓刚,王浩,等. 人类足迹对东北虎豹国家公园景观破碎化的影响[J]. 生态学报,2022,42(11):4688-4702

[18] 唐芳林,张金池,杨宇明,等. 国家公园效果评价体系研究[J]. 生态环境学报,2010,19(12):2993-2999

[19] 张晓瑶,虞虎,张潇,等. 基于多源数据的三江源国家公园土地生态安全综合评价[J]. 生态学报,2022,42(14):5665-5676

[20] 张华,宋金岳,李明,等. 基于GEE的祁连山国家公园生态环境质量评价及成因分析[J]. 生态学杂志,2021,40(6):1883-1894

[21] 王宗爽,郭敏,谭玉菲,等. 关于我国环境空气质量标准未来发展的建议[J]. 环境保护,2023,51(15):33-40

[22] 刘敏,郝炜. 山西省国家A级旅游景区空间分布影响因素研究[J]. 地理学报,2020,75(4):878-888

[23] 徐嘉源,陈美招,郑荣宝,等. 基于珞珈一号的珠三角地区GDP空间化研究[J]. 生态与农村环境学报,2021,37(6):689-697

[24] 李国兵. 珠三角城市旅游收入影响因素分析:基于旅游收入的定义[J]. 地域研究与开发,2019,38(5):91-96

[25] 李小双,冷亚军,吴坚. 基于多目标投影寻踪模型的电力发展水平评价方法[J]. 电力科学与技术学报,2024,39(5):46-57

[26] 于晓虹,吴芹,李养卿. 基于投影寻踪模型的印刷色彩质量综合评价研究[J]. 信息记录材料,2024,25(9):228-231

[27] 张唯,张振泽,刘福江,等. 大九湖泥炭藓沼泽植被指数时空变化研究[J]. 地理空间信息,2024,22(4):106-110