

袁三明,黄林峰,向淑君,等. 贵州省生态环境和交通发展耦合协调研究[J]. 中低纬山地气象,2023,47(1): 90-95.

贵州省生态环境和交通发展耦合协调研究

袁三明¹,黄林峰¹,向淑君²,李典南³,刘 芸¹

(1. 贵州省生态气象和卫星遥感中心,贵州 贵阳 550002;2. 贵州省气候中心,
贵州 贵阳 550002;3. 贵州省气象台,贵州 贵阳 550002)

摘 要:为探究贵州省交通发展水平与生态环境质量的耦合协调关系,以全省 9 个市(州)为研究对象,基于贵州省统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报、高分系列卫星遥感影像等多元数据与 GIS 空间分析方法,定量分析与评价了 2015 年与 2020 年各市(州)的交通发展水平与生态环境质量以及二者之间的耦合协调关系。结果表明:(1)贵州省生态环境质量呈现下降趋势,空间分布特征从东北高西北低向南高北低、东高西低转变;(2)交通发展水平呈现上升趋势,空间分布由东高西低向中心—外围的结构特征转变;(3)耦合协调度的空间分布变化显著,由东部与北部高、西部低转变为中轴高两侧低。为保障贵州省生态环境与交通建设的持续协调发展,应加强生态环境保护,提高区域生态环境质量,同时根据各市(州)实际情况,进一步优化交通基础设施空间布局。

关键词:贵州省;生态;交通;耦合协调度

中图分类号:X22 **文献标识码:**B

Research on the Coupling Coordination of Ecological Environment and Transportation Development in Guizhou Province

YUAN Sanming¹,HUANG Linfeng¹,XIANGShujun²,LI Diannan³,LIU Yun¹

(1. Guizhou Ecological Meteorology and Satellite Remote Sensing Center,Guizhou 550002,China;2. Guizhou Climate Center,Guizhou 550002,China;3. Guizhou Meteorological Observatory, Guiyang 550002, China)

Abstract: This paper studies the coupling coordination relationship between transportation development level and ecological environment quality in 9 cities (prefectures) of Guizhou Province, based on the multivariate data of Guizhou Provincial Statistical Yearbook, Statistical Bulletin of National Economic and Social Development, and the high - scoring series of satellite remote sensing images. Using the GIS spatial analysis method, the quantitative analysis and evaluation of the transportation development level and ecological environment quality of each city (prefecture) in 2015 and 2020, as well as the coupling coordination relationship between them are conducted. The results show that: (1) the ecological environment quality in Guizhou Province is on a downward trend, and the spatial distribution characteristics have changed from high in the northeast and low in the northwest to high in the south and low in the north, high in the east and low in the west; (2) the level of transportation development shows an upward trend, and the spatial distribution changes from high in the east and low in the west to the structural characteristics of the center - periphery; (3) the spatial distribution of the coupling coordination degree changes significantly, from high in the east and north, low in the west to high on the central axis and low on both sides. In order to ensure the sustainable and coordinated development of the ecological environment and transportation construction in Guizhou Province, the ecological environment protection should be strengthened, the quality of the

收稿日期:2022-05-06

第一作者简介:袁三明(1995—),男,硕士,助工,主要从事卫星遥感数据处理与应用等工作,E-mail:741022687@qq.com。

通讯作者简介:黄林峰(1987—),男,博士,高工,主要从事卫星遥感应用与推广等工作,E-mail:lxq850808@126.com。

regional ecological environment should be improved, and the spatial layout of transportation infrastructure should be further optimized according to the actual conditions of each city (prefecture).

Key words: Guizhou Province; ecology; transportation; coupling coordination degree

0 引言

交通既是文化与经济的底层架构,其建设也是一项复杂的系统工程,始终是社会发展的核心问题之一^[1]。交通的快速发展,有助于推动经济增长,但也会对生态环境造成影响。而改善生态环境、推动绿色发展同样也会占用和限制交通建设所需资源,对交通发展造成影响^[2]。所以,交通与生态如何协调发展受到政府与相关学者的高度关注^[3]。

2010年以来,贵州省交通建设实现跨越式发展,同时生态文明建设也取得了丰硕成果^[4]。但生态发展的环境依赖性和交通发展的资源消耗性,必然导致部分地区出现交通发展迟滞,经济活力下降,生态环境恶化等问题,对地区的生产生活与可持续发展造成负面影响^[5]。而贵州省生态和交通的高质量协调发展是新时代所赋予的新方向与新要求。所以,探究贵州省各市(州)生态与交通的耦合协调关系,对于指导全省可持续发展有意义重大。

协调发展是一种强调可持续性的和谐状态,不仅要求区域内各要素和谐发展,也要求减少“当下”对未来的负面影响,也可以说这是一种良性“均衡”状态^[6]。在此发展理念的基础上,学者们以不同尺度、对象以及角度探讨了多种社会要素之间的协调关系。王峰等^[7]、何丽丽^[8]、CROUCH^[9]、MARTIN等^[10]、丁志伟等^[11]分别从交通评价模型优化、旅游与交通、经济与交通等角度探究了交通耦合协调发展的方向。在与生态耦合协调发展相关的研究中,耦合对象多为地区经济、城镇化以及人口等。从现有的研究来看,生态与交通的耦合研究较为缺乏,且省域尺度下各市(州)的对比研究也较少。因此,研究贵州省生态和交通发展相互作用机制,探究两大系统的协调和平衡发展是有必要的,不仅能够了解各市(州)生态和交通的优势和不足,也能为之后的生态与交通和谐发展提供研究数据和理论依据。

1 研究区域概况

贵州省位于我国西南部,下辖6个地级市、3个自治州,国土总面积17.62 km²。全省地貌绝大部分面积为山地与丘陵,地势西高东低,平均海拔约1100 m,是国内唯一没有平原支撑的省份。全省年

平均气温约15℃,常年相对湿度在70%以上^[12]。

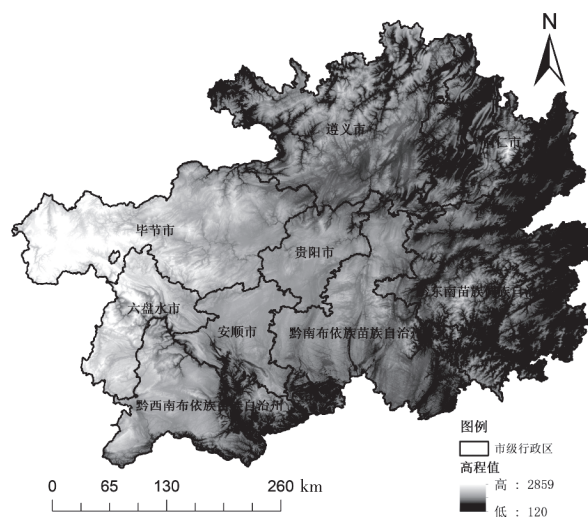


图1 贵州省 DEM 地图

Fig. 1 DEM map of Guizhou Province

贵州是世界知名的山地旅游大省,国家生态文明试验区。2020年,9个中心城市AQI优良天数比例平均为99.2%,主要河流监测断面99%以上达到III类及以上水质类别,森林覆盖率接近62%^[13]。

2012年以来,为了加快西南公路交通枢纽的建设,贵州开展了为期3a的高速公路建设攻坚战。于2015年实现了高速“县县通”的目标。截至2020年,全省等级公路通车里程为18.3万km,等外公路2.3万km,共20.7万km的公路组成了贵州路网体系,其中高速公路通车里程已达到0.76万km^[14]。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本文数据主要来源于2015—2020年贵州省各市(州)统计年鉴与国民经济和社会发展统计公报^[15],以及高分一号、二号与六号等卫星影像与其他相关文献资料。如“三废”排放量、人口数量、交通客运量等数据主要从统计年鉴与公报中获取,卫星遥感影像则用于提取全省河流矢量数据。

2.2 研究方法

首先,以省域和市域为研究尺度,基于高分卫星影像和统计年鉴,提取生态和交通评价指标数据并构建价指标体系^[16]。然后,在前人研究结果的基础上结合熵权法确定权重,计算各市(州)交通发展

指数与生态环境指数。最后,通过耦合协调模型获得各市(州)交通发展与生态环境之间的耦合关系。

2.2.1 数据标准化 由于生态环境指标之间存在量纲差异,同时存在正、负向指标,为使计算结果具有可比性,采用极值法标准化^[17],公式如下:

$$\text{正向指标: } X_{ij} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中, i 和 j 为第 i 行、第 j 列, X_{ij} 为标准化数据, $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 分别代表某个指标的最大值和最小值。由于后期需要进行熵值法测算,需要对数据进行平

移,本文平移 0.000001。

2.2.2 评价指标体系构建 以科学性为前提,可操作性为基础,用熵值法确定权重。在已有研究基础上,考虑到研究数据可获得的程度,结合实际情况,构建贵州省生态环境指数与交通发展指数评价体系。本文将评价指标体系分为 2 大系统,6 个子系统,共选取 19 个评价指标。考虑到水系对自然环境的影响,将水网密度作为生态环境的重要指标纳入研究体系;而交通发展指数除了从路网密度、道路等级等方面阐述,还将平均通达时间作为可达性的重要衡量指标。

表 1 评价指标体系及其权重

Tab. 1 Evaluation index system and its weight

系统	子系统	评价指标	单位	权重/%	性质
生态环境	污染指数	工业废水排放总量	万 t	7	逆向
		废气中 SO ₂ 总排放量	万 t	8	逆向
		烟(粉)尘排放量	万 t	6	逆向
		工业固体废物产生量	万 t	6	逆向
		工业废气排放量	亿 m ³	7	逆向
	承载指数	建成区绿化覆盖率	%	11	正向
		建成区人均公园绿地面积	m ² /人	14	正向
		森林覆盖率	%	10	正向
		河流密度	km/平方 km ²	12	正向
	保护指数	工业固体废物综合利用率	%	9	正向
		生活垃圾无害化处理率	%	10	正向
交通发展	道路指数	公路总里程	km	15	正向
		高速公路里程	km	12	正向
		铁路长度	km	12	正向
	工具指数	民用汽车量	辆	10	正向
	运输指数	航空旅客运量	万人	20	正向
		公路旅客运量	万人	11	正向
		水运旅客运量	万人	8	正向
		平均通达时间	min	12	逆向

2.2.3 熵值法 将所得结果 X_{ij} 与 X'_{ij} 记作 y_{ij} 计算信息熵:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n (y_{ij} \ln y_{ij}) \quad (3)$$

$$\text{式中, } y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}, y_{ij} \text{ 表示第 } j \text{ 项指标下第 } i \text{ 个}$$

数据在指标的占重, $-k = \frac{-1}{\ln(n)}$ 。

$$\text{计算差异系数: } g_j = 1 - e_j \quad (4)$$

$$\text{计算权重: } a_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (5)$$

上述计算公式中, m 为指标数量。

2.2.4 耦合度 本文利用交通发展指数与生态环境指数求解要素耦合度,以此来分析现阶段交通与生态的相互影响程度。耦合度计算公式如下:

$$O_i = 2 \frac{\sqrt{E_i \times B_i}}{E_i + B_i} \quad (6)$$

式中, O_i 是生态环境指数与交通发展指数之间的耦合度值, E_i 为生态环境指数, B_i 为交通发展指数。

2.2.5 耦合协调度 耦合度只能证明交通发展与生态环境是否相互影响,为了进一步探究系统关系,还需引入协调模型^[18]。其计算模型如下:

$$X_i = aE_i + bB_i \tag{7}$$

式中, X_i 是协调关系值, a 、 b 为权重系数,本文认为 2 个系统重要性相同,遂将 a 与 b 设定为 0.5。

$$D_i = \sqrt{O_i \times X_i} \tag{8}$$

式中, D_i 为耦合协调度值。

参考以往研究以及研究区实际情况,将耦合与协调度划分为不同等级。

表 2 耦合协调度等级

Tab.2 Coupling coordination degree classification

耦合协调度(D)	等级
$0.91 < D < 1.0$	优质协调
$0.81 < D < 0.9$	良好协调
$0.71 < D < 0.8$	中级协调
$0.61 < D < 0.7$	初级协调
$0.51 < D < 0.6$	勉强协调
$0.41 < D < 0.5$	濒临失调

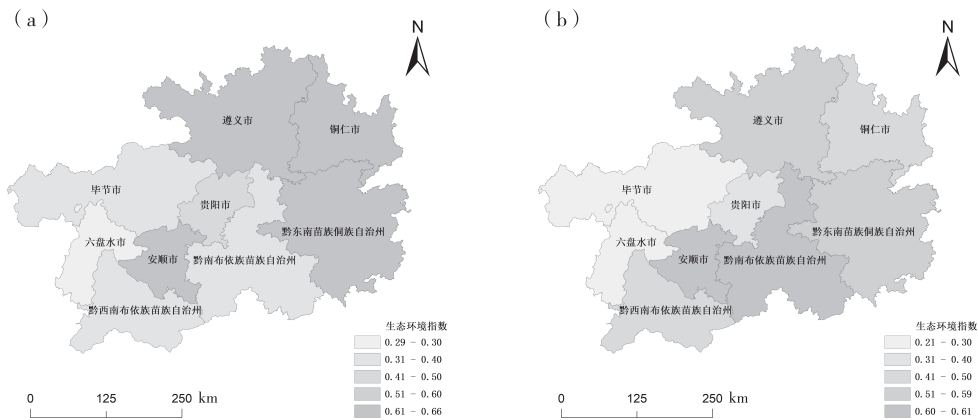


图 2 2015 年(a)与 2020 年(b)贵州省生态质量分布

Fig.2 Distribution of ecological quality in Guizhou Province in 2015 (a) and 2020 (b)

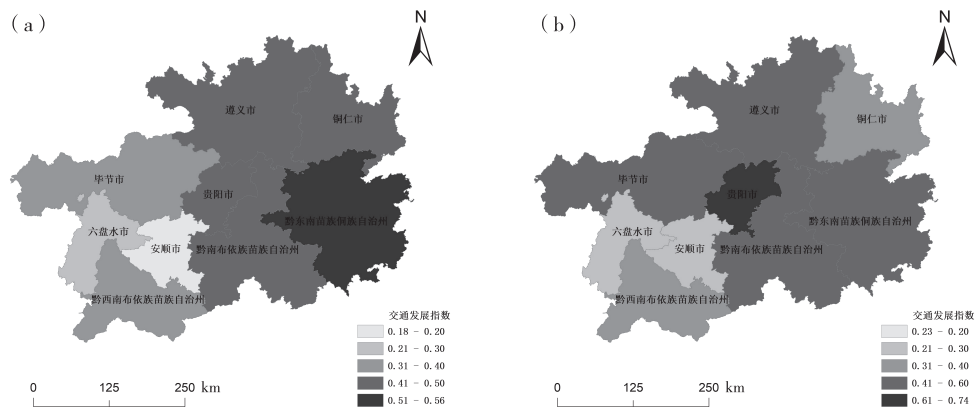


图 3 2015 年(a)与 2020(b)年贵州省交通水平分布

Fig.3 Distribution of traffic levels in Guizhou Province in 2015 (a) and 2020 (b)

3 指数特征分析

2015 年贵州省生态环境指数总体呈现东北高西北低的空间分布特征(图 2)。安顺、黔东南、遵义和铜仁指数值较高,六盘水指数值最低(图 4)。而 2020 年则呈现出南高北低、东高西低的空间分布特征(图 2),黔东南和安顺指数值较高,毕节和六盘水较低(图 4)。2015 年生态环境指数平均值为 0.487,2020 年下降到 0.449,2 个年份都只有 4 个市(州)的生态环境指数超过平均值。

2015 年与 2020 年相比,毕节与铜仁的生态环境水平下降速度较快,仅有黔西南与黔南的水平在增长,尤其是黔南增长较快。黔南的工业废水排放总量、工业固体废物综合利用率与建成区公园绿地面积等指标均得到较大优化,虽然生活垃圾无害化处理率指标较差,但从图 4 可看出,生态环境综合水平从第 6 上升至全省最高。铜仁由于 SO₂ 总排放量、工业固废总量与生活垃圾无害化处理率等指标出现较大退步,导致生态环境指数排名跌到第 7 位。而毕节和六盘水由于在建成区绿化覆盖率、废气中

SO₂ 总排放量以及河流密度等指标评价中表现最差,其他评价指标也没有突出表现,导致生态环境指数值最低。

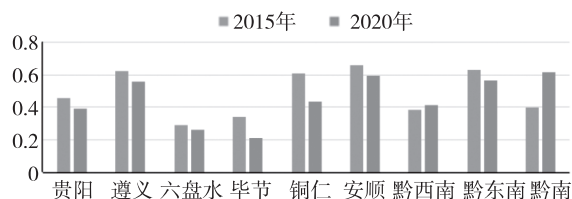


图 4 2015 年与 2020 年各市(州)生态环境指数

Fig. 4 Ecological environment index of each city in 2015 and 2020



图 5 2015 年与 2020 年各市(州)交通发展指数

Fig. 5 The traffic development index of each city in 2015 and 2020

2015 年贵州省交通发展指数总体呈现东高西低的分布特征。黔东南指数最高,各市(州)交通发

展建设还有较大差距。而 2020 年则呈现明显的单核与中心外围结构特征,突出区域主要为贵阳主城区及周围区县,其次为遵义、毕节与黔东南,再次为其他市(州)(图 3)。

贵州省交通发展质量在 5 a 间取得巨大进步,平均指数值从 2015 年的 0.38 上升为 2020 年的 0.437,且都有 5 个市(州)超过平均水平。黔东南的交通发展指数虽然从 0.563 上升到 0.575,但全省排名从第 1 降到了第 2,且即将被遵义与黔南赶上(图 5)。省会城市贵阳的交通发展指数增长速度最快,到 2020 年已成为全省拥有最多汽车数量、航空旅客量、最长铁路里程以及较优公路可达性的市(州)。

4 生态和交通发展耦合协调特征

从耦合协调关系空间分布图(图 6 与图 7)中可以看出,2015 年除安顺以外的所有市(州)耦合度值都达到了 0.9 以上。协调度高值区集中在贵州省东部与北部区域市(州),而中级耦合协调市(州)与高协调度市(州)分布情况一致。2020 年所有市(州)的耦合度值达到了 0.9 以上,协调度较高的市(州)分布在贵州省中轴以及东南区域,中级耦合协调市(州)与高协调度市(州)分布情况同样一致。

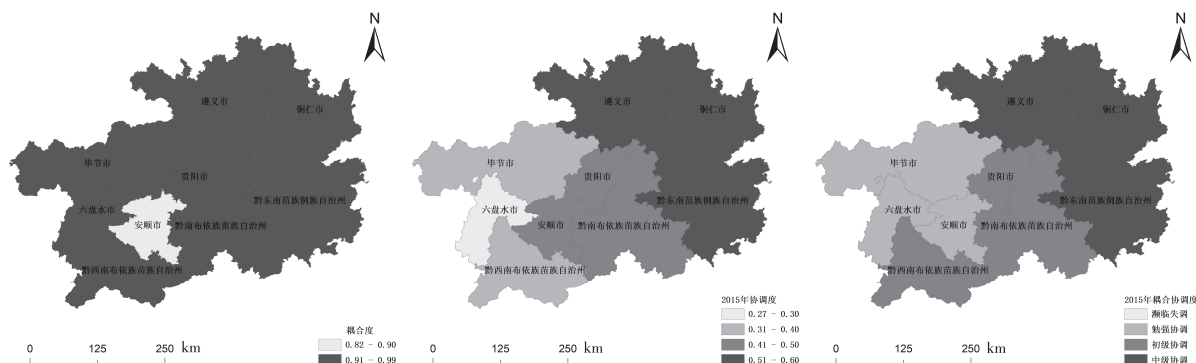


图 6 2015 年各市(州)耦合协调关系空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of coupling and coordination relationships in cities and municipalities in 2015

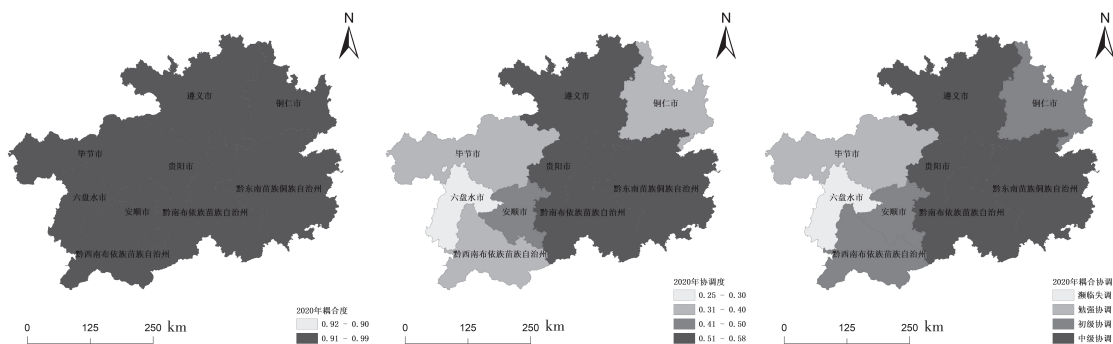


图 7 2020 年各市(州)耦合协调关系空间分布

Fig. 7 Spatial distribution of coupling and coordination relationships in cities and municipalities in 2020

表3 耦合协调等级统计

Tab.3 Coupling coordination type statistics

年份	耦合协调等级	市(州)名
2015	中级协调	遵义、铜仁、黔南(3)
	初级协调	贵阳、黔南、黔西南(3)
	勉强协调	六盘水、安顺、毕节(3)
	濒临失调	无(0)
2020	中级协调	贵阳、遵义、黔南、黔东南(4)
	初级协调	安顺、黔西南、铜仁(3)
	勉强协调	毕节(1)
	濒临失调	六盘水(1)

2015 年中级耦合协调度市(州)有 3 个,到 2020 年上升为 4 个,其中贵阳和黔南州从初级耦合协调发展为中级耦合协调。初级耦合协调市(州)数量未变,其中安顺原本为勉强耦合协调市(州),而铜仁则为中级耦合协调市(州)。勉强耦合协调的市(州)从 3 个变为 1 个,其中六盘水从勉强耦合协调进入濒临失调的状态(表 3)。

耦合协调度值上升的市(州)仅有 5 个,包括贵阳、遵义、安顺、黔西南与黔南,其中黔南上升速度最快,贵阳次之(图 8)。2015 年与 2020 年平均耦合协调度值分别 0.647 与 0.652,虽然有微小的提升,但贵州省生态环境与交通发展耦合协调度整体上一般,呈现出地域性差异和不协调状态。

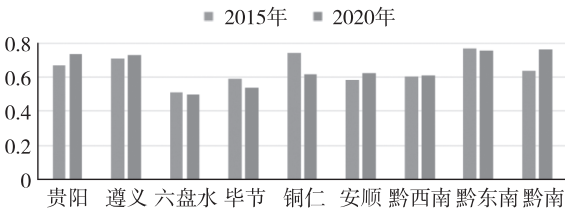


图8 2015 年与 2020 年各市(州)耦合协调值

Fig.8 Coupling coordination value of each city in 2015 and 2020

5 结论与建议

(1)对比 2015 和 2020 年,虽贵州省生态环境指数值总体呈现一定程度的下降,空间分布特征从东北高西北低向南高北低、东高西低转变。但交通发展指数总体是上升的,空间分布由东高西低向中心高外围底的结构特征转变。生态环境水平主要受工业“三废”排放量、森林覆盖率以及建成区人均公园绿地面积等指标所影响,交通发展质量差异主要由航空旅客运量、公路总里程、铁路长度以及各市(州)平均通达时间的差异所造成。

(2)贵州还没有高度耦合协调的市(州),以中级和初级耦合协调等级为主。虽然各市(州)生态环境指数与交通发展指数之耦合度、协调度与耦合

协调度都呈现上升趋势,耦合度普遍较高,但协调度及耦合协调度一般,均值较低,同时空间分布特征从东部与北部高、西部低转变为中轴高两侧低,各市(州)依然存在较大差异。

(3)较优的生态环境发展有利于绿色交通发展,加快贵州和谐高质量发展进程。各市(州)应加强生态环境保护,提高区域生态环境质量,特别是贵阳市与毕节市。如贵阳市可重点优化烟(粉)尘排放量、工业固体废物综合利用率与森林覆盖率,毕节市可重点优化建成区绿化覆盖率、废气中 SO₂ 总排放量。其余市(州)在强调生态保护的同时应该进一步加强交通建设,增加公路里程,优化交通基础设施布局。

参考文献

[1] 张万青. 基于物元熵权模型的西宁城市绿色交通发展评价研究 [D]. 西宁:青海师范大学,2019.

[2] 袁三明. 区域古迹资源开发耦合协调度及空间差异研究 [D]. 昆明:昆明理工大学,2020.

[3] 蔡永龙,陈琪. 贵州县域交通可达性与经济发展水平的特征及其空间格局 [J]. 贵州科学,2021,39(3):59-66.

[4] 黄林峰,田鹏举,帅士章,等. 2000—2016 年赤水河流域植被生态质量变化分析 [J]. 中低纬山地气象,2018,42(5):20-24.

[5] 雒占福,李兰,高旭,等. 基于生态城市理念的兰州—西宁城市群高质量发展与生态环境耦合协调研究 [J]. 水土保持研究,2021,28(2):276-284.

[6] 李静,马亚亚,王杰,等. 固原市原州区生态环境与经济系统的耦合协调发展 [J]. 水土保持通报,2020,40(1):229-235.

[7] 王峰,刘安乐,张斌丰,等. 云南省交通优势度与旅游产业发展水平空间耦合态势研究 [J]. 世界地理研究,2014,23(2):166-175.

[8] 何丽丽. 浙江省县域交通优势度与区域经济的耦合协调度分析 [D]. 杭州:浙江工商大学,2015.

[9] CROUCH, G. I. Demand Elasticities for Short - Haul versus Long - Haul Tourism [J]. Journal of Travel Research, 1994, 33(2):2-7.

[10] MARTIN C A, WITT S F. Substitute prices in models of tourism demand [J]. Annals of Tourism Research, 1988, 15(2):255-268.

[11] 丁志伟,张改素,王发曾,等. 中国工业化、城镇化、农业现代化、信息化、绿色化“五化”协调定量评价的进展与反思 [J]. 地理科学进展,2016,35(1):4-13.

[12] 李磊,陶卓民,陆林,等. 贵州省避暑旅游流网络结构特征及其影响因素 [J]. 地理研究,2021,40(11):3208-3224.

[13] 申云帆. 贵州 9 个中心城市空气优良天数比率 98.6% [N]. 贵州日报,2021-10-29(3).

[14] 李黔刚. “贵州县县通高速”新闻宣传工作策划与实践 [J]. 新闻窗,2017(3):21-22.

[15] 贵州省统计局,国家统计局贵州调查总队. 贵州省 2020 年国民经济和社会发展统计公报 [N]. 贵州日报,2021-04-02(3).

[16] 张年,张诚. 旅游经济—交通运输—生态环境耦合协调发展研究——以江西省为例 [J]. 资源开发与市场,2016,32(11):1367-1371.

[17] 朱军,帅士章,王星,等. 基于 GIS 的贵州省农业干旱灾害危险性评价 [J]. 中低纬山地气象,2021,45(1):9-16.

[18] 黄菊梅,韩沁哲,姚晟,等. 基于卫星遥感的洞庭湖水体面积变化及与水文的相关性 [J]. 中低纬山地气象,2022,46(1):27-31.