

基于GIS和Fragstats的台安县景观格局现状分析

慕哲哲^{1,2,3,4,5}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴自然资源部土地工程技术创新中心, 陕西 西安

⁵陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

收稿日期: 2022年1月4日; 录用日期: 2022年2月4日; 发布日期: 2022年2月11日

摘要

经济的快速发展, 人口数量的急剧增加, 城市化进程的加快, 使得城乡景观格局发生大规模变化。本研究以台安县为例, 基于二调矢量, 以GIS、Fragstats4.2和GS + 7.0为技术支撑, 分别在景观水平和斑块类型水平上选取5类10个景观指数, 定量分析台安县景观格局现状。研究表明: 1) 台安县整体景观水平上破碎度较高; 斑块的空间连接程度高; 景观多样性水平较高, 景观类型分布较均匀, 异质性水平较高。2) 台安县景观类型中, 水域及水利设施用地、林地和城镇及工矿用地景观空间破碎度较大, 斑块分布较离散, 耕地景观为研究区的基质景观类型, 耕地和园地景观斑块空间链接度高。

关键词

景观格局, FRAGSTATS, 格网, GS + 7.0

Analysis of Landscape Pattern in Taian County Based on GIS and Fragstats

Zhezhe Mu^{1,2,3,4,5}

¹Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Land Engineering Technology Innovation Center, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁵Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Abstract

With the rapid development of economy, the sharp increase of population and the acceleration of urbanization, the urban and rural landscape pattern has undergone large-scale changes. Taking Tai'an County as an example, based on binary vector, with GIS, Fragstats4.2 and GS + 7.0 as technical support, 10 landscape indices of 5 categories were selected at landscape level and patch type level to quantitatively analyze the current situation of landscape pattern in Tai'an County. The research shows that: 1) the overall landscape level of Tai'an County is high in fragmentation; the spatial connectivity of patches is high; landscape diversity level is high; landscape type distribution is uniform; heterogeneity level is high. 2) In the landscape types of Tai'an County, the landscape space fragmentation of water area and water conservancy facilities land, forest land and urban and industrial and mining land is large, and the patch distribution is discrete; cultivated land landscape is the matrix landscape type in the study area; cultivated land and garden landscape patches have high spatial connectivity.

Keywords

Landscape Pattern, Fragstats, Grid, GS + 7.0

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

景观内涵丰富, 不仅包括农田、村落和沟渠等显性内容, 也包括农耕文化等隐性内容, 既是一种自然景观, 也是一种人工景观[1] [2] [3] [4] [5]。景观的规模、形状、结构和质地各异, 是各种复杂的自然和社会条件相互作用的结果[6] [7] [8] [9]。景观格局的形成有其历史、自然、人文等原因, 比较复杂。改革开放以来, 随着我国经济的快速发展, 人口数量急剧增加, 城市化进程不断加快, 人口不断向城区集中, 市区发展与农地之间的矛盾突出, “摊大饼式”的发展造成土地资源的大量浪费, 优质农田被占用, 使得用于农业生产的土地数量减少和质量下降, 尤其在经济发展中未充分考虑资源与生态的协调性, 致使环境和生态状况不断恶化。另外, 家庭联产承包责任制的实施, 使得景观格局发生大规模变化, 集中连片的大规模景观逐渐消失, 景观破碎化、均质化及多样性降低现象频频出现, 生态系统逐渐被破坏[10]-[15]。

因此, 本研究以台安县为例, 通过对研究区整体景观水平和斑块类型水平上景观格局现状分析, 了解目前研究区景观格局异质性水平, 为景观格局的构建、优化, 生态网络的构建、优化, 生态系统的保护以及农业生产的管理提供意见和建议。

2. 区域概况与数据来源

2.1. 研究区概况

台安县位于辽宁省鞍山市西北部, 地理坐标介于东经 122°11'~122°40', 北纬 41°01'~41°34'之间。全境

南北纵长 75 km, 东西横距 50 km, 总面积为 1388 km²。台安县地处辽河平原腹地, 水资源十分丰富, 境内无山, 地势平坦, 属暖温带大陆性季风气候, 且四季分明, 雨热同期, 干冷同季, 温暖适宜, 日照充足, 春季风大, 冬季寒冷。全县辖 11 个镇, 15 个社区居委会、204 个村委会, 人口 35.47 万。同时处于沈阳、辽阳、鞍山、营口、盘锦、锦州等大中城市经济圈之中, 是辽宁沿海经济带的重要节点和东北连接华北的交通要塞。

2.2. 数据来源

本研究数据基于二调土地利用现状矢量数据, 主要类型为点状矢量数据、线状矢量数据和面状矢量数据。

3. 研究方法

3.1. GIS 技术

研究中利用 ArcCatalog 建立空的土地利用数据库, 然后建立其组成项, 包括建立关系表、要素类、要素数据集等, 最后向空的土地利用数据库各项加载数据。本次土地利用现状调查数据库主要包含线状和面状数据, 投影坐标系为 Xian_1980_3_Degree_GK_Zone_41。同时, 参照《土地利用现状分类标准》(GBT 21010-2017), 将台安县景观划分为耕地、园地、林地、草地、交通运输用地、水域及水利设施用地、城镇村及工矿用地和其他用地 8 种景观类型[6] [8] [16]。

3.2. Fragstats 技术和景观指数法

景观格局指数是景观格局信息的高度浓缩, 可以定量地反应景观格局的特征。Fragstats (景观格局分析软件)技术是景观指数集成分析环境, 可以计算多种景观格局指数。景观格局指数通常包含 3 个层次, 即斑块水平(patch level)、斑块类型水平(class level)和整体景观水平(landscape level)。在选取景观指数时, 需要充分考虑指数之间的关系和表达的生态学意义, 避免指数重复。因此, 本研究在选取景观指数时, 参考众多学者的研究过程, 明确景观指数的含义, 在景观水平和斑块类型水平上共选取了 5 类 10 个景观指数[17] [18] [19] [20], 详见表 1。

Table 1. Landscape Pattern Index

表 1. 景观格局指数

| 指数分类 | 景观指数 | 英文缩写 | 单位 | 计算水平 |
|---------|------------|----------|-----------------------|-----------|
| 面积特征指数 | 斑块数 | NP | 个 | 斑块类型/景观水平 |
| | 斑块密度 | PD | 个/100 hm ² | 斑块类型/景观水平 |
| | 斑块占景观面积百分比 | PLAND | % | 斑块类型 |
| 形状指数 | 景观形状指数 | LSI | — | 斑块类型/景观水平 |
| | 聚合指数 | AI | % | 斑块类型 |
| 聚集/分散指数 | 分散和并列指数 | IJI | % | 斑块类型 |
| | 聚集度指数 | CONTAG | % | 景观水平 |
| 连接度指数 | 斑块凝聚指数 | COHESION | — | 斑块类型/景观水平 |
| 多样性指数 | 香农多样性指数 | SHDI | — | 景观水平 |
| | 香农均匀度指数 | SHEI | — | 景观水平 |

1) 斑块数(NP)

生态学意义：斑块数通常可用来描述空间景观格局异质性，取值范围为 $NP \geq 1$ 。斑块数的大小与景观破碎度有很好的正相关性。一般而言，斑块数越大破碎度高；相反，斑块数越小破碎度越低。

计算公式：

$$NP = N_i \quad (1)$$

式中： N_i 表示*i*类景观斑块数。

2) 斑块密度(PD)

生态学意义：斑块密度可用来描述空间景观的破碎化程度，也可以反应景观空间异质性，取值范围为 $PD > 0$ 。一般而言，斑块密度越大，破碎化越严重。

计算公式：

$$PD = N_i/A \quad (2)$$

式中： N_i 表示*i*类景观斑块数； A 表示景观总面积。

3) 斑块占景观面积百分比(PLAND)

生态学意义：等于某一斑块类型的总面积占整个景观面积的百分比。度量的是景观的组分,是确定优势景观的依据之一。其值趋于 0 时，说明景观中此斑块类型变得十分稀少；其值等于 100 时，说明整个景观只由一类斑块组成。

计算公式：

$$PLAND = CA/A \quad (3)$$

式中： CA 表示某一斑块类型总面积； A 表示景观总面积。

4) 景观形状指数(LSI)

生态学意义：景观形状指数可以反应景观斑块要素的规则程度，同时也是斑块聚合或离散程度的量度，取值范围为 $LSI \geq 1$ 。景观形状指数值越大，说明斑块越离散聚合程度越差。

计算公式：

$$LSI = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{4\sqrt{A}} \quad (4)$$

式中： m 表示斑块类型数； e_{ik} 表示类型*i*与*k*的斑块之间相邻的总长度。

5) 聚合指数(AI)

生态学意义：描述景观中不同斑块的团聚度。

计算公式：

$$AI = \frac{g_{ii}}{\max g_{ii}} \times 100 \quad (5)$$

式中： $\max g_{ii}$ 表示斑块类型*i*到达最大聚集时同类相邻栅格的边数。

6) 分散和并列指数(IJI)

生态学意义： IJI 是描述景观空间格局最重要的指标之一。山区的各种生态系统严重受到垂直地带性的作用，其分布多呈环状， IJI 值一般较低；而干旱区中的许多过渡植被类型受制于水的分布与多寡，彼此邻近， IJI 值一般较高。

计算公式：

$$LJI = \frac{-\sum \left[\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} \quad (6)$$

式中： e_{ik} 表示类型 i 与 k 的斑块之间相邻的总长度。

7) 聚集度指数(CONTAG)

生态学意义：一般来说，高聚集度值说明景观中的某种优势斑块类型形成了良好的连接性；反之则表明景观是具有多种要素的密集格局，景观的破碎化程度较高。

计算公式：

$$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[P_i \left(\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right] \left[\ln \left(P_i \left(\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right) \right]}{2 \ln m} \right] \times 100 \quad (7)$$

式中： g_{ik} 表示斑块类型 i 与 j 相邻的栅格边数。

8) 斑块凝聚指数(COHESION)

生态学意义：景观中相同类型斑块的空间连接程度。其取值范围为： $0 < COHESION < 100$ ，当该数值趋近于 0 时，表明景观中的核心斑块类型逐渐减少，并且逐渐被分为其他类型的斑块，同时这些类型的斑块在结构上并不连续，如果景观是由一种斑块类型组成，那么该值为 0。

计算公式：

$$COHESION = \frac{\left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}}{\sum_{j=1}^n p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right]}{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{z}} \right]} \times 100 \quad (8)$$

式中： Z 表示栅格总数。

9) 香农多样性指数(SHDI)

生态学意义：香农多样性指数可以反应景观要素的多少和各类景观所占比例的变化。其取值范围为 $SHDI \geq 0$ ，景观多样性指数值越大，说明景观类型越多样化，景观异质性程度越高。当 $SHDI = 0$ 时，表明景观由单要素构成，景观是均质的。

计算公式：

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m p_i \ln(p_i) \quad (9)$$

式中： p_i 表示斑块类型 i 在景观中出现的概率； m 表示假设景观中有 m 种斑块。

10) 香农均匀度指数(SHEI)

生态学意义：香农均匀度指数可以描述不同景观要素的分配均匀程度，其取值范围为 $0 \leq SHEI \leq 1$ 。香农均匀度指数值越趋近于 1，表明斑块分布越均匀；相反，表明斑块分布均匀程度较差。

计算公式：

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m p_i \ln(p_i)}{\ln m} \quad (10)$$

式中： p_i 表示斑块类型 i 在景观中出现的概率； m 表示假设景观中有 m 种斑块。

3.3. 面积信息守恒评价法

面积信息守恒评价法主要是以尺度转换前后的各类型数据作为基础进行比较分析，得到不同转换尺度下的面积损失绝对值或者相对值，无论是绝对值还是相对值，其值越小，说明该尺度下面积损失最少，为最佳研究粒度[3]。

计算公式：

$$L_i = (A_i - A_{bi}) / A_{bi} \times 100 \quad (11)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^2}{n}} \quad (12)$$

式中： A_i 表示某一景观类型转换后的面积； A_{bi} 表示某一景观类型转换前的面积； L_i 表示面积转换损失相对值； n 表示景观类型的种类； S_i 表示面积信息损失指数。

3.4. GS + 7.0 技术和半方差函数

1) GS + 7.0 技术和半方差函数

GS + 7.0 技术是地统计学(geostatistics)中主要使用的软件之一。本研究中使用 GS + 7.0 技术，同时基于半方差函数确定研究区的最佳分析粒度。

半方差函数计算公式：

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2}{2n(h)} \quad (13)$$

式中： $\gamma(h)$ 表示间距为 h 时的半方差函数； h 表示采样点间距； X 表示空间上样点； $Z(X_i)$ 和 $Z(X_i + h)$ 分别表示随机函数 Z 在空间 X 和 $X + h$ 的取值； $n(h)$ 表示间距为 h 时样点对总数[4] [5]。

球形模型计算公式：

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] (0 \leq h \leq a) \quad (14)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 (h \geq a) \quad (15)$$

式中： $\gamma(h)$ 表示间距为 h 时的半方差函数； C_0 表示块金方差； C_1 表示结构方差； a 表示半方差达到基台值时对应的第一个取样间距； h 表示采样点间距； $C_0 + C_1$ 表示半方差基台值[4] [5] [6]。

依据研究区的土地利用现状和研究的需要，本次研究以 10 m 为起点，间隔为 10 m，将矢量数据转为栅格数据(*.tif)，共得到 15 幅不同粒度等级的栅格图。通过对比各景观格局指数在不同粒度效益下的变化，在粒度为 30 m 时，出现拐点，并且研究区景观面积损失相对最少。因此，选取 30 m 为本研究区最佳分析粒度[21] [22] [23] [24]。

在 30 m 分析粒度的基础上的，以 30 m 的偶数倍为固定间隔，分别获取窗口半径为 60 m、120 m、180 m.....1200 m 的栅格图。通过 GIS 中的 Spatial Analyst 模块，用点提取蔓延度指数(CONTAG)和香农均匀度指数(SHEI)栅格图栅格值，利用地统计软件 GS + 7.0 统计和分析不同移动窗口半径下块基比的变化趋势，确定本研究区域的最佳分析幅度为 360 m [25] [26]。

4. 结果与分析

4.1. 景观水平上景观格局现状分析

台安县景观水平上的斑块个数(NP)是 13999 个, 斑块密度(PD)为 10.04 个/100hm², 依据斑块个数和斑块密度所表达的生态学含义可知, 研究区整体景观水平上破碎度较高, 同时景观性状指数(LSI)为 67.37, 也说明研究区整体景观水平上破碎度较高。台安县景观水平上蔓延度指数(CONTAG)为 68.33, 数值较高, 说明研究区优势景观空间链接性较好, 斑块凝聚指数(COHESION)为 99.40, 数值较高, 说明研究区景观中相同类型斑块的空间连接程度高, 由此说明研究区整体景观水平上斑块的空间链接度较好。台安县景观水平上香农多样性指数(SHDI)为 0.90, 其值处于较高水平, 说明研究区景观类型多样性程度较高, 香农均匀度指数(SHEI)为 0.43, 其值处于中等水平, 说明研究区景观类型分布均匀水平一般, 由此表明, 研究区整体景观水平多样性水平较高, 异质性较高。总体而言, 台安县整体景观水平破碎度较高, 优势斑块明显, 空间链接性较好, 景观多样性水平较高, 异质性也处于相对较高水平。计算结果详见表 2。

Table 2. Landscape pattern index at landscape level

表 2. 景观水平上景观格局指数值

| 景观指数 | 斑块数 (NP) | 斑块密度 (PD) | 景观形状指数 (LSI) | 聚集度指数 (CONTAG) | 斑块凝聚指数 (COHESION) | 香农多样性指 数(SHDI) | 香农均匀度指 数(SHEI) |
|------|-------------|--------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| 指数值 | 13999 | 10.04 | 67.37 | 68.33 | 99.40 | 0.90 | 0.43 |

4.2. 斑块类型水平上景观格局现状分析

台安县景观类型组成中, 耕地占景观面积百分比(PLAND)为 75.01%, 占比最大, 说明耕地是研究区的基质景观; 其次是城镇及工矿用地, 数值为 10.35%, 主要因为研究区是以农业为主导产业。

斑块数(NP)最大是水域及水利设施用地, 指数值为 5137 个, 说明该景观类型的破碎度较高; 其次是林地、城镇及工矿用地和交通运输用地, 分别为 3053 个、2433 个和 1693 个; 耕地斑块数为 791 个, 园地斑块数为 67 个, 草地斑块数为 462 个, 数值较小, 说明该三种景观类型的聚集度较好, 破碎度较低。水域及水利设施用地斑块密度(PD)最大, 为 3.68 个/100hm², 说明研究区该种景观类型分布较分散, 耕地、园地和草地斑块密度分别为 0.56 个/100hm²、0.04 个/100hm² 和 0.33 个/100hm², 数值较小, 说明研究区该三种景观类型分布相对集中。

景观形状指数(LSI)最大为水域及水利设施用地, 其指数值为 112.95, 说明水域及水利设施用地斑块分布较离散; 其次是林地和交通运输用地, 景观形状指数分别为 81.75 和 76.94, 数值相对较高, 分布相对较分散; 其余景观类型景观形状指数大小依次是城镇及工矿用地、耕地、草地、其他用地和园地, 其中园地景观形状指数最小, 数值为 9.41, 说明园地斑块分布较为集中, 聚合程度较好。

景观类型中耕地的分散和并列指数值(IJI)最大, 为 73.23, 说明耕地景观在空间上聚集性较差; 园地、草地、交通运输用地和其他用地分散和并列指数较耕地小, 说明该四种景观类型的空间聚集性较耕地好; 水域及水利设施用地分散和并列指数最小, 为 47.86, 说明该种景观类型较其他景观类型聚集性较高, 连通性较好。

聚合指数(AI)中耕地、园地和城镇及工矿用地景观指数值较高, 分别为 94.54、85.85 和 84.21, 说明该三种景观类型斑块内部的链接度较高; 交通运输用地的聚合指数最小, 指数值为 42.79, 说明该种景观类型斑块内部的链接程度较其他景观类型差。

斑块凝聚指数(COHESION)值最大为耕地, 最小为草地, 其指数值分别为 99.79 和 75.95, 说明耕地

景观空间连接度较高，草地景观的空间连接度较差；园地、林地、草地、交通运输用地和水域及水利设施用地斑块凝聚指数也相对较高，说明研究区景观中相同类型斑块的空间链接程度较好。

综上所述，研究区景观类型中，水域及水利设施用地、林地和城镇及工矿用地景观空间破碎度较其他景观大；耕地景观为研究区的基质景观类型；水域及水利设施用地、交通运输用地和林地斑块分布较离散，主要是由于自身的分布特点所决定；耕地和园地聚合指数和斑块凝聚指数较高，说明耕地和园地景观斑块空间链接度高。计算结果详见表 3。

Table 3. Landscape pattern index at patch type level

表 3. 斑块类型水平上景观格局指数值

| 景观类型 (landscape type) | 斑块占景观 面积百分比 (PLAND) | 斑块数 (NP) | 斑块密度 (PD) | 景观形状指数 (LSI) | 分散和并列 指数 (IJI) | 斑块凝聚 指数 (COHESION) | 聚合指数 (AI) |
|--------------------------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| 耕地 | 75.01 | 791 | 0.56 | 59.74 | 73.23 | 99.79 | 94.54 |
| 园地 | 0.23 | 67 | 0.04 | 9.41 | 66.07 | 90.67 | 85.85 |
| 林地 | 6.94 | 3053 | 2.18 | 81.75 | 56.33 | 92.38 | 75.28 |
| 草地 | 0.26 | 462 | 0.33 | 28.14 | 63.16 | 75.95 | 56.74 |
| 交通运输用地 | 1.15 | 1693 | 1.21 | 76.94 | 62.72 | 92.69 | 42.79 |
| 水域及水利 设施用地 | 5.74 | 5137 | 3.68 | 112.95 | 47.86 | 96.72 | 62.35 |
| 城镇及 工矿用地 | 10.35 | 2433 | 1.74 | 64.01 | 51.67 | 94.88 | 84.21 |
| 其他用地 | 0.28 | 363 | 0.26 | 21.58 | 67.28 | 78.72 | 68.67 |

5. 结论

本研究以台安县土地利用现状矢量数据为基础，在 GIS、Fragstats4.2 和 GS + 7.0 技术支撑下，将研究区景观类型进行划分为 8 种，分别在整体景观水平和斑块类型水平上选取 5 类 10 个景观格局指数，定量分析台安县景观空间格局现状，主要得到以下结论：

1) 通过分析计算，本研究确定台安县景观格局现状最佳分析粒度为 30 m，最佳分析幅度为 360 m。

2) 在整体景观水平上，从斑块个数(NP)、斑块密度(PD)和景观形状指数(LSI)可以看出研究区整体景观水平上破碎度较高；从蔓延度指数(CONTAG)和斑块凝聚指数(COHESION)可以看出研究区斑块的空间连接程度高；从香农多样性指数(SHDI)和香农均匀度指数(SHEI)可以看出研究区景观多样性水平较高，景观类型分布均匀水平一般，异质性水平较高。

3) 在斑块类型水平上，研究区景观类型中，水域及水利设施用地、林地和城镇及工矿用地景观空间破碎度较其他景观大；耕地景观为研究区的基质景观类型；水域及水利设施用地、交通运输用地和林地斑块分布较离散，主要是由于自身的分布特点所决定；耕地和园地聚合指数和斑块凝聚指数较高，说明耕地和园地景观斑块空间链接度高。

参考文献

- [1] 何振良. 东北区农业景观的调查研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2013.
- [2] 付梅臣, 胡振琪, 吴淦国. 农田景观格局演变规律分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 54-58.

- [3] 徐芝英, 胡云峰, 等. 空间尺度转换数据精度评价的准则和方法[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1574-1582.
- [4] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [5] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [6] 张娜. 景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [7] 杨卓. 东北典型农牧交错区土地利用与景观格局变化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [8] 崔慧珍, 吕利娜, 叶欣, 方强. 基于土地利用现状的资源型城市景观格局差异分析[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(1): 66-69.
- [9] 茶雪梅. 景谷威远江省级风景名胜区森林资源现状及景观格局分析[J]. 绿色科技, 2021, 23(23): 129-131.
<https://doi.org/10.16663/j.cnki.lskj.2021.23.033>
- [10] 姚际托, 陈阳, 肖玖军, 谢元贵, 谢刚, 金桃, 张蓝月. 贵州荔波森林景观格局现状与分析[J]. 贵州科学, 2020, 37(3): 42-46.
- [11] 赵婕. 基于竹文化的宜宾市胡坝村景观规划研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2020.
<https://doi.org/10.26986/d.cnki.gcdlc.2020.001231>
- [12] 邓洁. 基于大气污染治理的城市绿地景观格局优化研究——以永州市为例[J]. 现代园艺, 2019, 42(23): 8-10.
<https://doi.org/10.14051/j.cnki.xdyy.2019.23.003>
- [13] 李晓雅. 太行山区不同特点村庄耕地撂荒现状及景观格局分析[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西农业大学, 2019.
<https://doi.org/10.27285/d.cnki.gsxnu.2019.000568>
- [14] 杜文杰, 龚建周, 胡月明, 赵冠伟. 珠江三角洲林地结构现状及景观梯度分异特征[J]. 生态科学, 2019, 38(2): 67-76. <https://doi.org/10.14108/j.cnki.1008-8873.2019.02.010>
- [15] 苏显力. 基于移动窗口法的下辽河平原区农田景观异质性研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
- [16] 田芸溪. 滇藏茶马古道景洪段基诺山传统村落景观格局特征研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 西南林业大学, 2018.
- [17] 李哲惠. 昆明市主城区滨水空间景观格局演变研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [18] 代云川, 李丽, 吴玗胜, 周跃, 李雯雯. 滇金丝猴分布区景观格局现状分析——基于全球 30 m 地表覆盖数据[J]. 资源开发与市场, 2016, 32(1): 37-40+45.
- [19] 林长伟, 马学敏. 永登县景观格局现状及其驱动力分析[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(19): 97-100.
<https://doi.org/10.16377/j.cnki.issn1007-7731.2015.19.040>
- [20] 张刚. 新型城镇绿地景观规划研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2015.
- [21] 陈凌静, 王锐, 高明, 陈令, 陈光银. 基于 GIS 支持下的土地利用景观梯度变化分析——以重庆市合川区为例[J]. 西南大学学报(自然科学), 2014, 36(5): 136-143. <https://doi.org/10.13718/j.cnki.xdzk.2014.05.021>
- [22] 刘蕊, 周媛, 席晓冬, 万会兰, 蔡萌. 川西林盘景观格局现状分析[J]. 四川建筑, 2014, 34(2): 37-38.
- [23] 王吉斌, 刘晓双, 李才文. 基于 SPOT 影像的四川省剑阁县景观格局现状分析[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(2): 257-261.
- [24] 王军强, 郭青霞, 赵富才, 王建雷, 杨丰. 岔口小流域土地利用景观破碎化现状分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2014, 34(2): 152-156. <https://doi.org/10.13842/j.cnki.issn1671-8151.2014.02.003>
- [25] 吴文佑, 雷婉宁, 谢光武, 操昌碧. 基于 GIS 的受损河流湿地景观格局分析及生态恢复方案研究[J]. 水电站设计, 2013, 29(4): 85-89.
- [26] 高东. 农业生物多样性构建的原理与技术[M]. 昆明: 云南大学出版社, 2013.