

楚雄州近20年景观格局时空变化研究

阎璐^{1,2}, 席武俊^{1*}, 张芝艳¹

¹楚雄师范学院资源环境与化学学院, 云南 楚雄

²云南师范大学地理学部, 云南 昆明

收稿日期: 2021年12月2日; 录用日期: 2021年12月30日; 发布日期: 2022年1月6日

摘要

景观格局是景观组成单元的类型、数目及空间分布与配置。本研究基于遥感影像,以“楚雄州景观类型变化研究-景观结构变化研究-景观梯度变化研究”为主线对楚雄州景观格局时空变化进行分析,结论如下:1) 林地、草地及耕地是楚雄州的主要景观类型。耕地、林地及草地之间转换幅度相对较大,转换次数较频繁。耕地和林地主要分布在海拔1500~2500 m的区域;2) 楚雄州的景观空间格局的复杂性和受人类活动的干扰程度先增大后减小,楚雄州的景观聚散性呈减小趋势。楚雄州中部区域斑块数量较大、斑块密度较高、平均斑块面积指数较小,且空间布局复杂。东北部景观较完整、土地利用类型较单一、斑块破碎度低;3) 海拔1500~2000 m间的区域是楚雄州人类活动最频繁、活动强度最大、土地利用最丰富、复杂性最大和破碎度最高的区域。

关键词

景观格局, 时空变化, 楚雄州

Study of the Temporal and Spatial Changes of Landscape Pattern in Chuxiong Prefecture in the Past 20 Years

Lu Yan^{1,2}, Wujun Xi^{1*}, Zhiyan Zhang¹

¹School of Resources, Environment and Chemistry, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan

²Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Received: Dec. 2nd, 2021; accepted: Dec. 30th, 2021; published: Jan. 6th, 2022

*通讯作者。

Abstract

The landscape pattern is the type, number, and spatial distribution and configuration of the components of the landscape. Based on remote sensing images, this study analyzed the temporal and spatial changes of the landscape pattern in Chuxiong Prefecture with the main line of "Chuxiong Prefecture Landscape Type Change Study - Landscape Structure Change Study - Landscape Gradient Change Study". The conclusions are as follows: 1) Woodland, grassland and cultivated land are the main landscape types in Chuxiong Prefecture. Cultivated land and woodland are mainly distributed in areas with an altitude of 1500~2500 m. The conversion range between cultivated land, woodland and grassland is relatively large, and the conversion frequency is more frequent; 2) the complexity of the landscape spatial pattern in Chuxiong Prefecture and the degree of interference by human activities first increase and then decrease, and the landscape density of Chuxiong Prefecture is decreasing. The central area has a large number of patches, a higher patch density, a smaller average patch area index, and a complex spatial layout. The landscape in the north-east is relatively complete, the land use type is relatively single, and the patch fragmentation is low; 3) the area between 1500~2000 m is the area with the most frequent human activities, the greatest activity intensity, the most abundant land use, the greatest complexity, and the highest degree of fragmentation in Chuxiong Prefecture.

Keywords

Landscape Pattern, Temporal and Spatial Changes, Chuxiong Prefecture

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

景观格局指大小形状各不相同的景观要素在空间上的组成,包括景观组成单元的类型、数目及空间分布与配置,比如不同类型的斑块可在空间上呈随机型、均匀型或聚集型分布。它是景观异质性的具体体现,又是各种生态过程在不同尺度上作用的结果。

目前国内外关于景观格局变化的研究主要可以分为两个方面:一方面是对经济发达区域的研究,研究主要集中在国内外主要经济圈、经济带、经济发达城市[1] [2] [3];另一方面是对经济欠发达区域的研究,但是研究主要集中在对于旱区荒漠绿洲和山区景观格局变化的研究[4] [5],很少对欠发达但是处于快速发展的区域进行研究,所以研究选取了相对欠发达但处于快速发展的楚雄州进行景观格局分析。

本研究基于 1995~2018 年的 6 期 Landsat TM/OLI 遥感影像、1:10 万的土地利用数据、30 米 DEM 数据,通过景观类型空间分布及时空变化分析、景观指数计算、景观梯度及样带分析和景观格局时空动态变化分析从整体上研究了楚雄州近 23 年来的景观格局变化。

2. 研究区域与数据来源

2.1. 研究区域

楚雄彝族自治州位于云南省中北部,面积 28,417.23 km²,约占云南省面积的 7.42%。境内水资源丰富,有金沙江、元江两大水系,为植被生长、生存发展提供了丰富的水条件。属北亚热带季风气候区,冬夏短,春秋长;日温差大,年温差小;干湿分明,雨热同季;日照充足,霜期较短;年平均气温成上升趋势、而

年降水日数呈减少趋势，暴雨洪涝灾害频繁且呈增加趋势。经济欠发达，却是西南林区最具开发潜力的经济区之一。现已形成烟草、冶金化工、绿色食品、文化旅游、生物医药、新能源新材料等门类齐全行业。文化底蕴丰厚且坚持以丰富的文化资源指导和推动城乡建设[6]。景观格局时空变化的研究对保护楚雄州、云南省甚至整个西南地区的生态安全、促进生态系统的可持续发展均具有重要意义[7] [8] [9]。

2.2. 数据来源

1) 遥感影像数据。本研究选取了 1995、2000、2005、2010、2015、2018 年的 6 期 24 景 Landsat 遥感影像作为基础影像数据，数据来源于美国地质调查局网站(USGS)和地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/sources/>)。2) 30 m 数字高程模型(DEM)数据云。结合 1:10 万的土地利用数据和 DEM 在面向对象分类软件 eCognition 中对影像采用人机交互解译，分类系统为耕地、林地、草地、水域、建设用地及未利用地 6 种类型，整体解译精度均达到 90% 以上。

3. 研究方法

3.1. 景观格局分析

景观指数是反映景观结构组分、空间结构和景观异质性特征的重要量化指标，基于前人研究的基础[10] [11]，从斑块类型水平和景观尺度水平共选取了 12 个指标进行计算和分析，如表 1 所示。

Table 1. Landscape index

表 1. 景观指数

景观指数	目的
景观形状指数(LSI)、周长 - 面积分维数(PAFRAC)	表征景观形状复杂程度
斑块数(NP)、斑块密度(PD)、平均斑块面积(AREA_MN)	表征景观破碎化程度
蔓延度指数(CONTAG)、聚集度指数(AD)、散布与并列指数(IJI)	表征景观聚集和分散程度
最大斑块指数(LPI)、斑块所占景观面积的比例(PLAND)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)	表征景观优势度和多样性

3.2. 转移矩阵分析

基于 1995~2018 年楚雄州的景观一级分类类型，根据研究区土地利用的时间变化特征，通过 ArcGIS 软件融合、叠加工具，制作 1995~2000 年、2000~2018 年及 1995~2018 年的土地利用类型转移矩阵，分析楚雄州的景观类型空间变化。土地利用动态度可分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度[12] [13]。单一土地利用动态度即在一定时间序列内，区域的某种土地利用类型的数量变化情况。用来反映土地类型在转移时期的活跃程度。其计算公式如下所示：

$$U = ((U_b - U_a) / U_a) / t * 100\% \quad (1)$$

式中， U 为研究时段内某种地类的动态度； U_a 、 U_b 分别为研究初、末时期某种地类的数量； t 为研究时间长度，单位为年。

3.3. 景观指数移动窗口分析

基于 1995~2018 年的 6 期土地利用一级分类类型数据，通过景观指数软件 Fragstrats，选择 100 m 的窗口半径对六个时期的数据进行滑动，生成景观指数栅格图，以进行空间可视化分析[14] [15]。

4. 结果与分析

4.1. 楚雄州景观类型变化研究

4.1.1. 景观类型空间分布特征

如图 1 所示, 研究区林地成片状分布, 其中有林地主要分布在楚雄州西北部和中部偏东区域, 灌木林面积较大且成片分布, 疏林地于其他林地面积较小成点状或者块状散布。草地类型多样, 成面状、块状及条状分布。水域和未利用地面积积极小, 成点状散布。耕地主要分布在楚雄州内部的林草相间区域。建设用地成块状或点状分布于楚雄州内部。

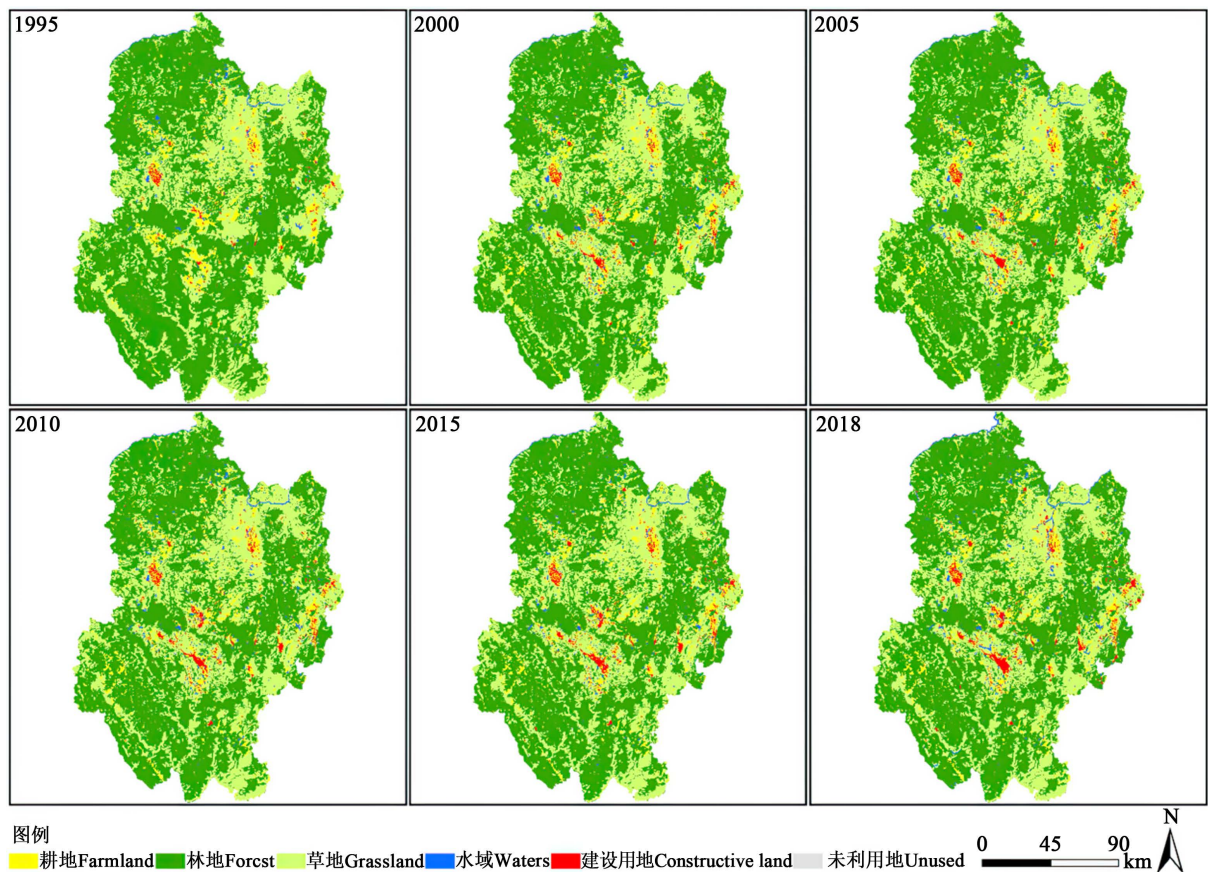


Figure 1. Spatial distribution map of landscape types in Chuxiong prefecture
图 1. 楚雄州景观类型空间分布图

4.1.2. 楚雄州景观类型面积变化

林地、草地及耕地是楚雄州的主要景观类型。林地面积呈持续减少趋势, 至 2018 年, 林地面积占楚雄州面积的 61.08%。其中有林地和其他林地面积呈持续增加趋势; 灌木林和疏林地面积呈减少趋势。

草地面积呈先减小(1995~2000 年)后增大(2000~2018 年)趋势, 草地面积至 2018 年占研究区总面积的 18.29%。综合 1995~2018 年整个时段, 无明显变化。

水域面积较小, 以人工水库坑塘面积为主, 呈先增大(2000 年)后减小(2000~2015 年)再增大(2018 年)趋势, 至 2018 年, 水域面积达到最大值, 占研究区总面积的 0.51%。未利用地面积基本呈先增大(1995~2000 年)后减小(2000~2018 年)趋势, 以裸岩面积为主。建设用面积呈持续增加趋势, 至 2018 年占研究区总面

积的 0.77%，其中以农村居民点面积居多。其他建设用地在 1995~2018 年期间呈持续增长趋势，其中 2015 年至 2018 年生长的部分是 1995 年的 25 倍，2015 年的 1.1 倍。

4.1.3. 景观类型转移变化

根据研究区景观类型变化的时间特点，利用 ArcGIS 中的 Tabulat area 工具获得研究区 1995~2018 年、1995~2000 年和 2000~2018 年的景观类型面积转移矩阵。

由 1995~2018 年土地利用变化转移矩阵可知，1995~2018 年期间，耕地中有 83.17% 较为稳定，其余主要转出至林地、草地和建设用地。林地中有 88.18% 稳定，其余主要转出至耕地和草地，草地保留了 73.70%，其余部分主要转出至耕地和林地，水域中有 63.93% 稳定，建设用地中有 79.16% 稳定，未利用地仅有 26.94% 稳定。

综上可知，楚雄州的景观类型转移变化特征主要表现为：1) 耕地、林地及草地三者之间转换幅度相对较大，转换次数较频繁；2) 耕地与建设用地二者之间的转换幅度较大，且耕地是新增建设用地的主要来源；3) 未利用地面积较小且变化微弱；4) 人类活动侵占耕地、林地及草地，是水库坑塘面积增加的主要来源。

4.2. 景观结构变化研究

4.2.1. 景观破碎化分析

本文选择斑块数(NP)、斑块密度(PD)及平均斑块面积(AREA_MN)表征景观的破碎化程度。楚雄州斑块数量、斑块密度及平均斑块面积指数的空间分布差异极显著。其中，斑块数量小、斑块密度低、平均斑块面积指数大的区域多分布在楚雄州东北部，说明楚雄东北部景观较完整、斑块破碎度低。而楚雄州内部区域斑块数量较大、斑块密度较高、平均斑块面积指数较小，且空间布局复杂，说明此区域土地利用类型复杂，斑块破碎度较大。

如表 2 所示，1995~2018 年期间，楚雄州景观破碎化指标的总体趋势为：斑块数(NP)值和斑块密度(PD)基本呈现逐年持续增大趋势，平均斑块面积(AREA_MN)逐年减小。其中，斑块数(NP)值和斑块密度(PD)分别增加了 3352 和 0.118，增加的部分分别占 1995 年的 55.59% 和 55.61%。平均斑块面积(AREA_MN)减少了 168.38，减少的部分占 1995 年的 35.73%。表明，楚雄市景观破碎度和异质性程度逐年增加，增幅较大，且斑块密度和斑块数量的增加幅度和速度远大于平均斑块面积的减少幅度和速度。

Table 2. Landscape fragmentation in Chuxiong Prefecture from 1998 to 2018

表 2. 楚雄州 1998~2018 年景观破碎化状况

年份	斑块数量NP	斑块密度(PD)	平均斑块面积(AREA_MN)
1995年	6030	0.2122	471.27
2000年	8766	0.3085	324.18
2005年	8753	0.3080	324.66
2010年	9130	0.3213	311.25
2015年	9153	0.3221	310.47
2018年	9382	0.3302	302.89

林地的平均斑块面积(AREA_MN)远大于其他土地利用类型，且呈减小趋势，斑块数(NP)和斑块密度(PD)在 1995~2018 年期间，呈增加趋势。表明，林地的景观破碎度和异质性程度较低，但呈增加趋势；草地的斑块数(NP)、斑块密度(PD)及平均斑块面积(AREA_MN)在 1995~2018 年期间，分别增加了 651、0.0229 和 -76.38，表明 1995~2018 年期间，草地的景观破碎度和异质性程度呈增加趋势；建设用地的斑

块数(NP)、斑块密度(PD)及平均斑块面积(AREA_MN)在 1995~2018 年期间, 分别增加了 430、0.0151 和 8.89, 表明, 1995~2018 年期间, 建设用地的景观破碎化程度增加, 且主城区面积增大, 集中程度增加。此时间段, 建设用地的景观破碎度和异质性程度增长迅速。

此外, 水域和未利用地的破碎度基本区域稳定。1995~2018 年期间, 水域的斑块数(NP)、斑块密度(PD)及平均斑块面积(AREA_MN)分别增加了 4299、0.1513 和 80.56, 表明水域的破碎化程度较高, 且人工水域面积较大。未利用地在 1995~2018 年期间, 面积较小且斑块破碎化幅度较小。

4.2.2. 景观形状分析

如表 3 所示, 楚雄市景观形状指数(LSI)和周长 - 面积分维数(PAFRAC)基本呈现出先增大(1995~2005 年)后减小(2005~2018 年)的趋势, 表明楚雄州的景观空间格局的复杂性和受人类活动的干扰程度先增大后减小。LSI 在 1995~2018 年期间除 2010~2015 年时间段内有微减小趋势外, 其他时间段均呈现增加趋势, 在 1995~2000 年期间, 增加最为迅速。

Table 3. The state of landscape shape in Chuxiong Prefecture from 1998 to 2018
表 3. 楚雄州 1998~2018 年景观形状状况

年份	景观形状指数(LSI)	周长 - 面积分维数(PAFRAC)
1995年	64.9171	1.3654
2000年	83.6966	1.3905
2005年	84.9406	1.3904
2010年	85.8434	1.3855
2015年	85.3584	1.3917
2018年	87.099	1.3773

4.2.3. 景观聚散性分析

1995~2018 年期间, 楚雄州景观聚散性指标的总趋势(表 4)为: 聚合度指数(AI)和蔓延度指数(CONTAG)呈减少趋势, 散布与并列指数(IJI)呈增大趋势, 表明楚雄州的景观聚散性呈减小趋势。且研究区中部建成区及耕地、林地及草地相间分布区的破碎度高于四周的林片区和草片区(图 2)。表明楚雄州景观分散程度逐年增加, 增幅较大, 且散布与并列指数(IJI)的增加幅度和速度大于聚合度指数(AI)和蔓延度指数(CONTAG)的减少幅度和速度。

Table 4. The situation of landscape aggregation and dispersion in Chuxiong Prefecture from 1995 to 2018
表 4. 1995~2018 年楚雄州景观聚散性状况

年份	蔓延度指数(CONTAG)	散布与并列指数(IJI)	聚合度指数(AI)
1995年	71.2231	46.5426	97.7581
2000年	68.7229	47.5463	97.0904
2005年	68.6292	47.7673	97.0460
2010年	68.351	48.0835	97.0138
2015年	68.3846	48.0719	97.0311
2018年	67.8882	49.7001	96.9698

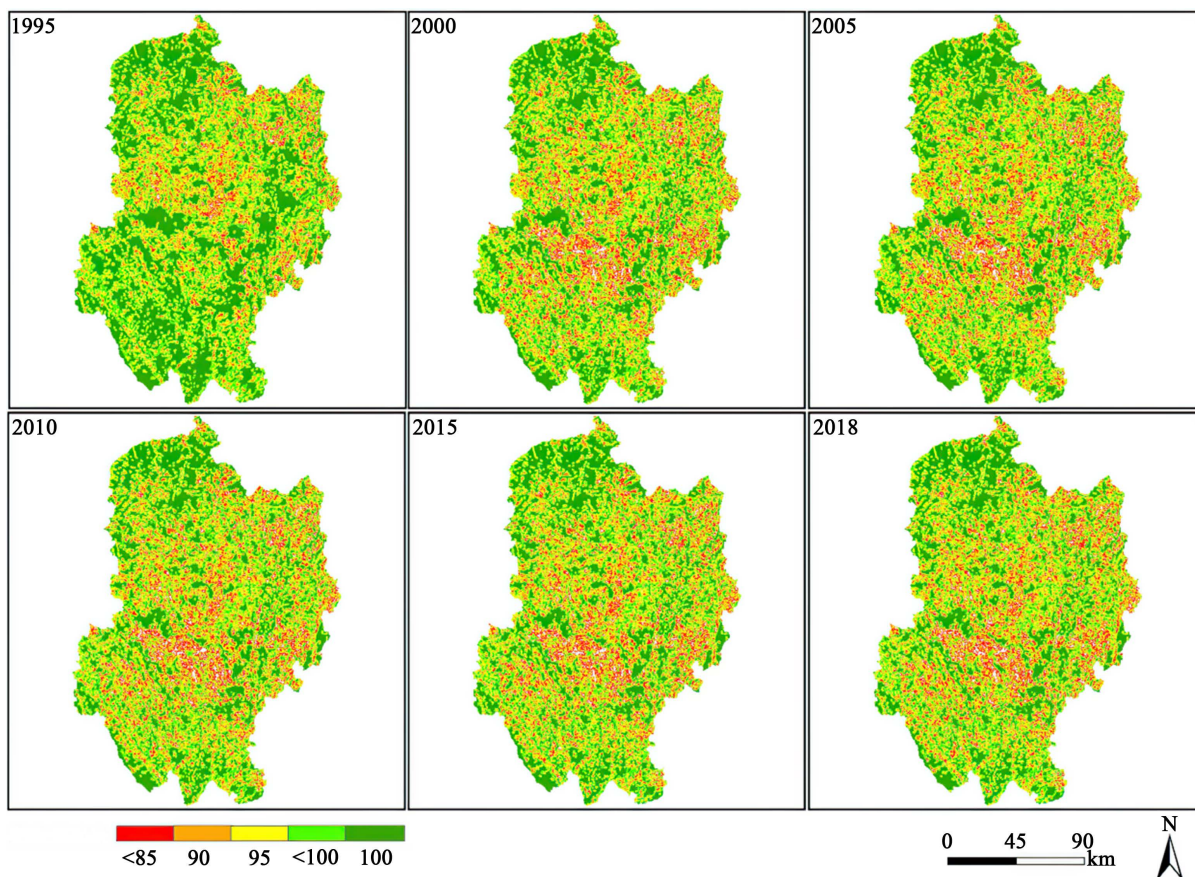


Figure 2. Spatial distribution of landscape aggregation (AI) in Chuxiong prefecture
图 2. 楚雄州景观聚合度(AI)空间分布图

阶段性趋势变化: 1995~2000 年、2000~2018 年, 聚合度指数(AI)和蔓延度指数(CONTAG)分别呈现迅速减小和波动减小的趋势, 散布与并列指数(IJI)呈现快速增大的趋势。表明, 这两个时间段, 楚雄州景观破碎度和异质性程度增加幅度极大, 分散度增高极其明显。1995~2018 年期间, 聚集性增幅最快。说明楚雄州近年来加强了林地保护。

建设用地聚合度指数(AI)和散布与并列指数(IJI)在 1995~2018 年期间均呈增加趋势, 说明楚雄州在近 23 年来, 主城区和城乡建设用地均在大面积扩张, 形成主城区大面积集中分布, 乡镇高分散度分布的空间格局。

4.2.4. 景观多样性和优势度分析

根据图 3、图 4、图 5 可知, 楚雄州最大斑块指数(LPI)、香农多样性指数(SHDI)及香农均匀性指数(SHEI)的空间分布差异显著。最大斑块指数大的区域, 香农多样性指数和香农均匀性指数低, 多分布在楚雄州东北部, 说明此区域景观较完整、土地利用类型较单一、斑块破碎度低。

1995~2018 年期间, 楚雄州景观多样性和优势度的总体表现为最大斑块指数逐年减少, 香农多样性指数和香农均匀度指数增加, 表明研究区的景观多样性和优势度逐年增加、土地利用丰富、复杂性增大、破碎度增高。说明, 近 23 年来楚雄州景观破碎化程度较大。

林地的斑块面积比(PLAND)及最大斑块指数(LPI)远高于其他土地利用类型但呈减小趋势, 表明林地是研究区的优势景观, 但其优势度逐年下降。

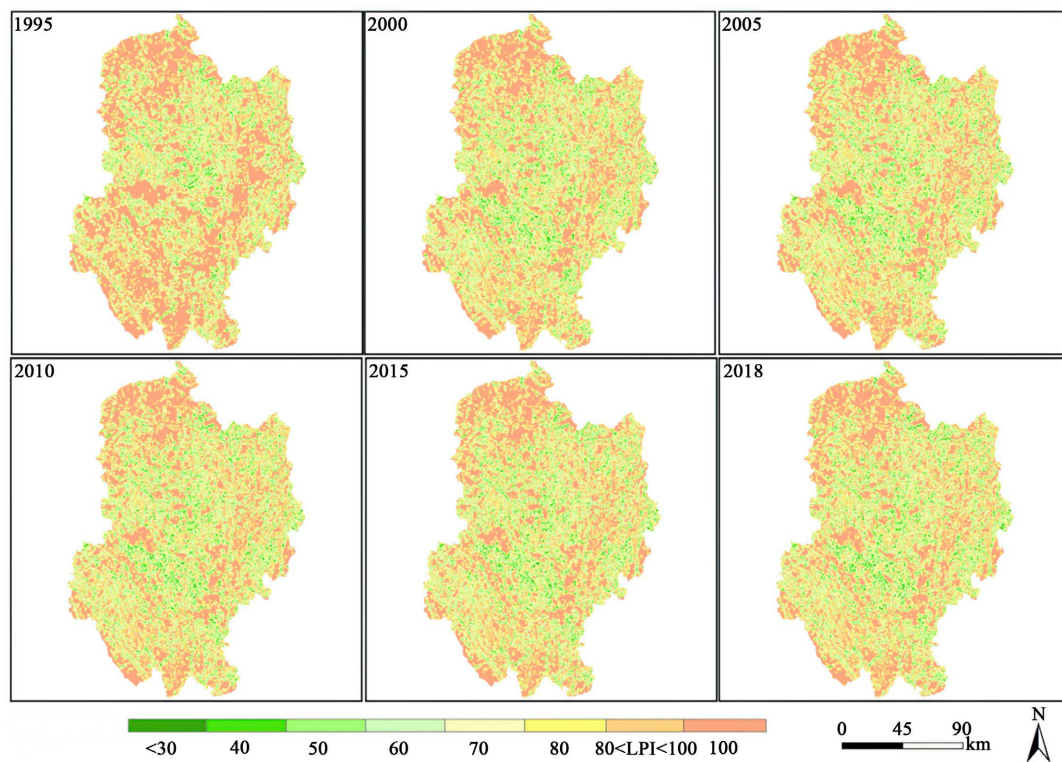


Figure 3. Spatial distribution of the largest patch index in Chuxiong prefecture
图 3. 楚雄州最大斑块指数(LPI)空间分布图

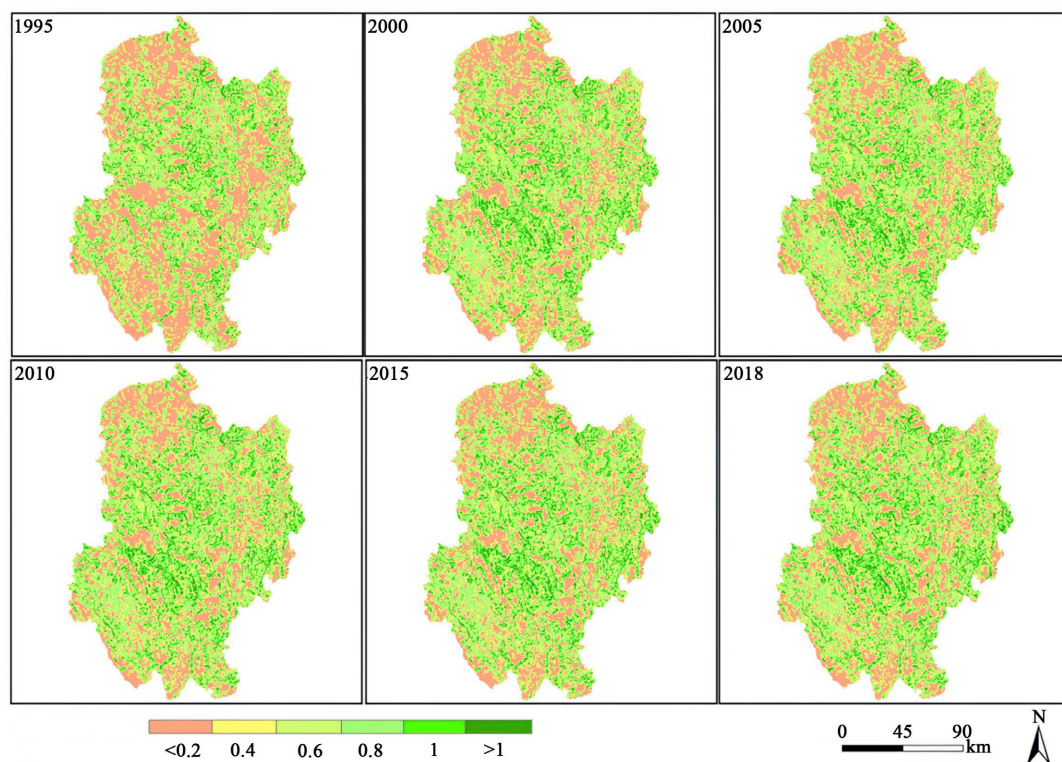


Figure 4. Spatial distribution of Xiangnong diversity index in Chuxiong prefecture
图 4. 楚雄州香农多样性指数(SHDI)空间分布图

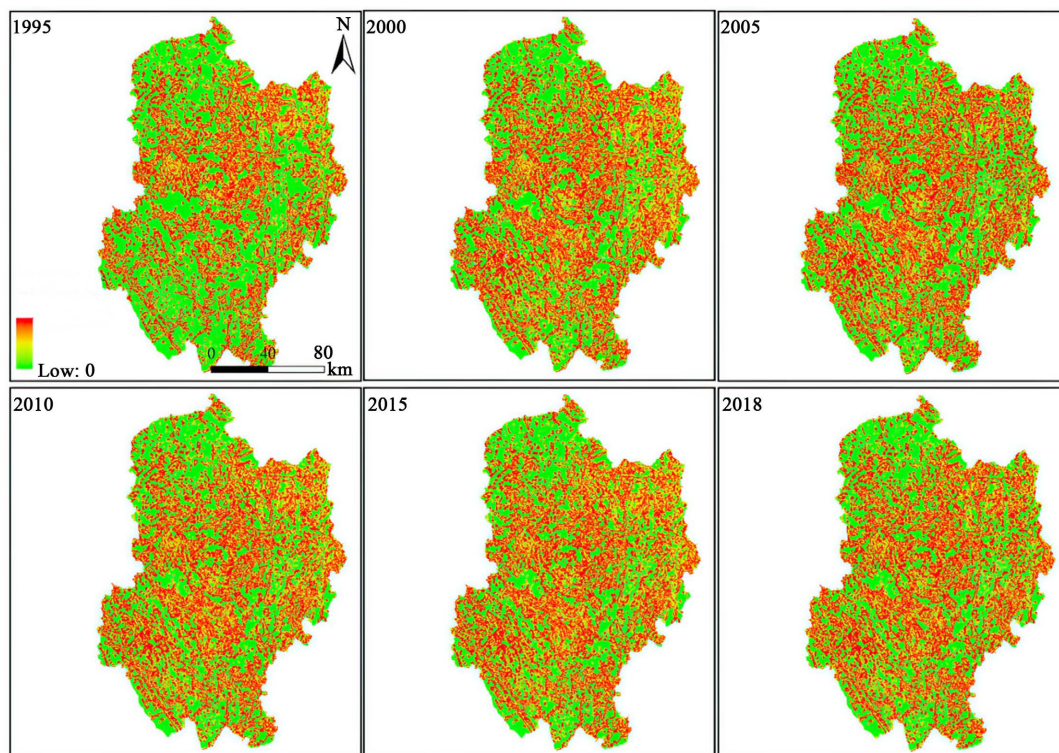


Figure 5. Spatial distribution of fragrance concentration uniformity index in Chuxiong prefecture
图 5. 楚雄州香农均匀性指数(SHEI)空间分布图

耕地、水域及建设用地的斑块面积比(PLAND)及最大斑块指数(LPI)于 1995~2000 年期间迅速增加,表明此时间段,上述土地利用类型面积增加迅速,景观优势度快速增加。且建设用地在 2018 年期间斑块面积比(PLAND)及最大斑块指数(LPI)均增加了 1995 年的 2.27 倍和 18.92 倍,表明建设用地在近 23 年来,景观优势度呈持续增加趋势。草地的最大斑块指数(LPI)呈持续减小趋势,斑块面积比(PLAND)整体呈减小趋势,表明 1995~2018 年期间,草地破碎度增加,景观优势度降低。

4.3. 景观梯度变化研究

4.3.1. 景观类型梯度分布

1995~2008 年不同梯度各景观类型面积比例及动态变化表明耕地和林地主要分布在 $1500 < DEM < 2000$ 米和 $2000 < DEM < 2500$ 米的区域,其中,耕地呈增加趋势,林地呈减小趋势。草地和水域主要分布在 $DEM < 2000$ 米的区域,其中, $DEM < 1500$ 米的区域面积呈草地减小趋势,水域面积呈增加趋势,在 $1500 < DEM < 2000$ 米的区域。

4.3.2. 景观指数梯度分布

1995~2018 年不同梯度各景观指数均值及趋势变化表明(图 6), $1500 < DEM < 2000$ 米的区域是楚雄州人类活动最频繁、活动强度最大、土地利用最丰富、复杂性最大和破碎度最高的区域,说明 $DEM > 2500$ 米的区域是楚雄州人类活动最少、活动强度最小、土地利用方式最单一、复杂性最小和聚集度最高的区域。

4.3.3. 景观指数样带分析

楚雄州的整体地势特点为山盆地理结构,西北高东南低,山脉连绵,高低起伏不定。 $DEM > 2000$ 的区域大部分集中分布在西北部,仅有少部分区域分布在东南部,而中部盆地海拔相对较低,基本在 2000

米以下。各景观指数的自西北向东南呈现高低起伏不定、舒缓紧凑紊乱(图 6)。说明楚雄州下垫面景观类型复杂、景观布局多样。

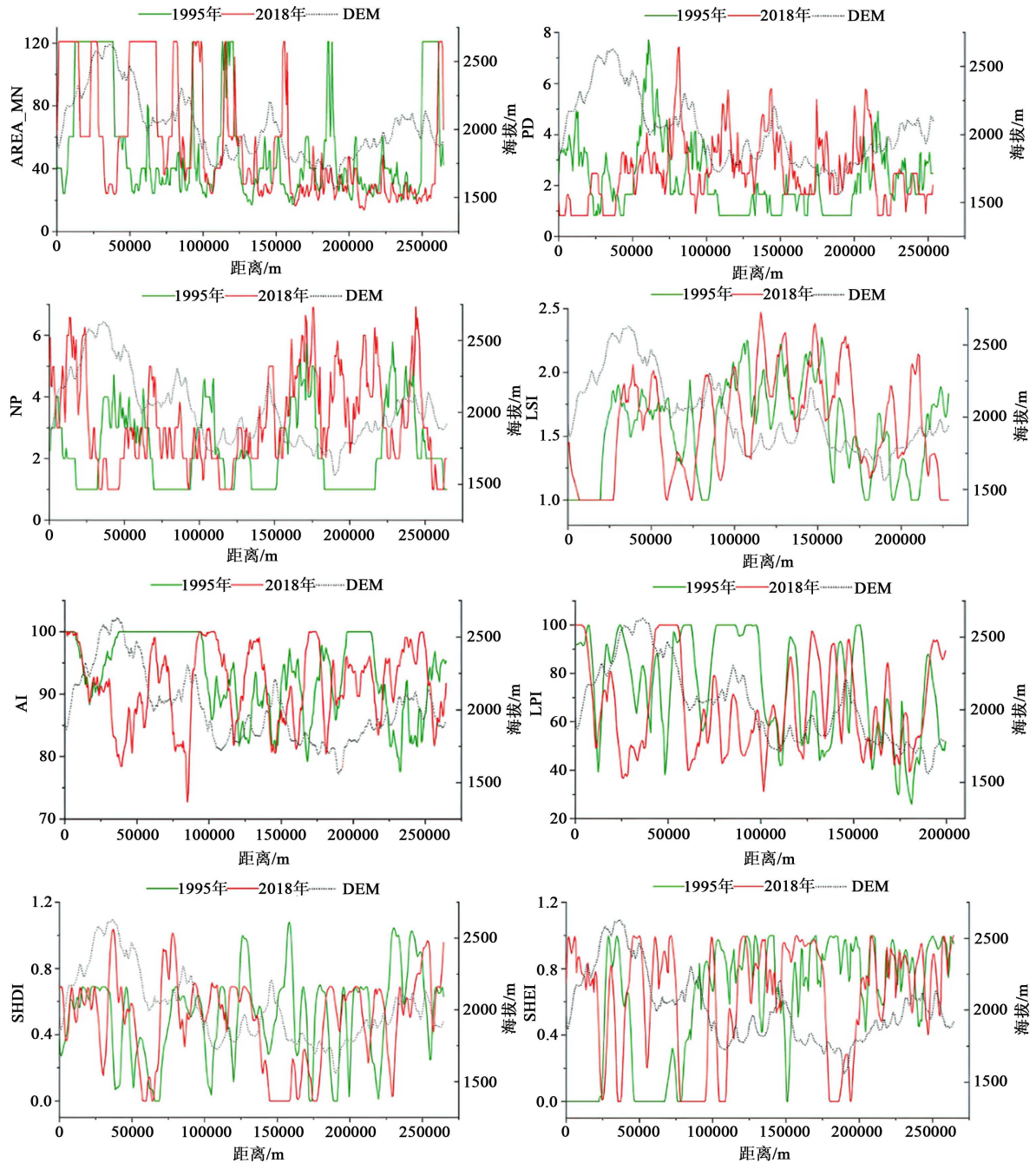


Figure 6. Landscape index gradient change in Chuxiong prefecture
图 6. 楚雄州景观指数梯度变化

5. 结论

研究基于遥感影像,以“楚雄州景观类型变化研究-景观结构变化研究-景观梯度变化研究”为主线,对楚雄州景观格局时空变化进行分析得出以下结论:

1) 林地、草地及耕地是楚雄州的主要景观类型。楚雄州的景观类型转移变化特征主要表现为: a) 耕地、林地及草地三者之间转换幅度相对较大, 转换次数较频繁; b) 耕地与建设用地二者之间的转换幅度较大, 且耕地是新增建设用地的主要来源; c) 未利用地面积较小且变化微弱; d) 人类活动占据耕地、林地及草地, 是水库坑塘面积增加的主要来源。

2) 景观破碎斑块数量小、斑块密度低、平均斑块面积指数大的区域多分布在楚雄州东北部。而楚雄州中部区域斑块数量较大、斑块密度较高、平均斑块面积指数较小, 且空间布局复杂。楚雄州景观破碎度和异质性程度逐年增加。楚雄州的景观空间格局的复杂性和受人类活动的干扰程度先增大后减小。楚雄州景观聚散性指标聚合度指数和蔓延度指数呈减少趋势, 散布与并列指数呈增大趋势, 表明楚雄州的景观聚散性呈减小趋势。

3) 楚雄州东北部景观较完整、土地利用类型较单一、斑块破碎度低。而楚雄州中部土地利用类型丰富、空间布局复杂、斑块破碎度大。林地是楚雄州的优势景观, 但其优势度逐年下降。

4) 楚雄州耕地和林地主要分布在海拔 1500~2500 m 的区域, 建设用地主要分布在 1500~2000 m 的区域。1500~2000 m 的区域是楚雄州人类活动最频繁、活动强度最大、土地利用最丰富、复杂性最大和破碎度最高的区域。

致 谢

本论文研究得到了云南省高等学校卓越青年教师特殊培养项目(自然地理学)和国家重点研发计划政府间/港澳台重点专项项目“利用地理空间技术监测和评估土地利用/土地覆被变化对区域生态安全的影响”(立项编号: 2018YFE0184300)的资助, 特此致谢!

参考文献

- [1] Watanabe, H., Yoda, H. and Ojima, T. (1991) Urban Environmental Design of Land Use in Tokyo Metropolitan Area. *Energy and Buildings*, **15**, 133-137. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90124-2](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90124-2)
- [2] Morichi, S. (2000) Socioeconomic Characteristics, Land Use, and Travel Patterns in Tokyo Metropolitan Area. *Urban Public Transportation Systems. Proceedings of the First International Conference*, Miami, 21-25 March 1999, 610-621.
- [3] Wolter, P.T., Johnston, C.A. and Niemi, G.J. (2006) Land Use Land Cover Change in the U.S. Great Lakes Basin 1992 to 2001. *Journal of Great Lakes Research*, **32**, 607-628. [https://doi.org/10.3394/0380-1330\(2006\)32\[607:LULCCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3394/0380-1330(2006)32[607:LULCCI]2.0.CO;2)
- [4] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 535-539.
- [5] 蒙吉军, 吴秀芹, 李正国. 河西走廊土地利用/覆盖变化的景观生态效应——以肃州绿洲为例[J]. 生态学报, 2005, 24(11): 2535-2541.
- [6] 黄海萌. 文化与经济互动研究——以楚雄彝族自治州为例[J]. 思想战线, 2009, 35(S1): 69-73.
- [7] 武晓峰, 刘文艳. 楚雄州森林资源动态分析及发展方向[J]. 林业调查规划, 2005, 30(4): 12-15.
- [8] 黄翠先, 席武俊, 白丽青, 等. 楚雄市森林生态系统服务功能价值评估[J]. 科技视界, 2014, 8(28): 40-44.
- [9] 田学思, 席武俊. 1993-2008 年楚雄州森林生态系统服务功能价值评估与动态分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(24): 53-56.
- [10] 李栋科, 丁圣彦, 梁国付, 赵清贺, 汤茜, 孔令华. 基于移动窗口法的豫西山地丘陵地区景观异质性分析[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3414-3424.
- [11] 张琳琳, 孔繁花, 尹海伟, 孙振如, 庄艳美, 居为民. 基于景观空间指标与移动窗口的济南城市空间格局变化[J]. 生态学杂志, 2010, 29(8): 1591-1598.
- [12] 根少子, 阿拉腾图雅, 胡云锋. 近三十五年来锡林郭勒盟生态景观时空变化过程分析[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2010, 39(6): 617-622.
- [13] 陈建全. 漳江口湿地景观类型动态度分析[J]. 林业勘察设计, 2007(2): 55-57.

- [14] 梅昭容, 李云驹, 康翔, 魏善宝, 潘剑君. 基于移动窗口分析法的矿区景观格局时空演变研究[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(4): 60-68.
- [15] 张瑜, 韩玲, 谢露蓉. 基于移动窗口分析法的西安市热岛效应研究[J]. 测绘科学, 2012, 37(5): 148-150.