

基于遥感和GIS的祥云县土地利用变化分析

刘又文*, 罗维佳#

玉溪师范学院地理与国土工程学院, 云南 玉溪

收稿日期: 2025年6月25日; 录用日期: 2025年7月28日; 发布日期: 2025年8月6日

摘要

祥云县位于云贵高原与横断山脉的交汇处, 由于该地区地形分布破碎, 农用地利用率低, 本文使用遥感技术和GIS技术, 结合土地利用变化幅度、动态度和转移矩阵法, 研究了2003年至2023年祥云县土地利用变化总体特征、动态变化和迁移情况。结果表明, 随着城市化进程不断推进, 建筑用地在所有时段均有增加; 由于城市扩张、工业发展等因素, 耕地在2003~2013和2013~2023年间内均有明显减少; 伴随着政府的植树造林和生态保护等政策, 林地, 在2003~2013年间减少了31.68 km², 2013~2023年间又增加了27.56 km²; 草地和耕地都发生了较大转移, 林地也较为显著的转移转移为草地和灌木。

关键词

遥感, GIS, 土地利用变化, 祥云县

Analysis of Land Use Change in Xiangyun County Based on Remote Sensing and GIS

Youwen Liu*, Weijia Luo#

School of Geography and Land Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

Received: Jun. 25th, 2025; accepted: Jul. 28th, 2025; published: Aug. 6th, 2025

Abstract

Xiangyun County is located at the intersection of the Yunnan-Guizhou Plateau and the Hengduan Mountains. Due to the fragmented terrain distribution and low utilization rate of agricultural land in this area, this paper uses remote sensing technology and GIS technology, combined with the land use change amplitude, dynamic degree and transfer matrix method, to study the overall characteristics, dynamic changes and migration of land use change in Xiangyun County from 2003 to 2023. The

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 刘又文, 罗维佳. 基于遥感和GIS的祥云县土地利用变化分析[J]. 地理科学研究, 2025, 14(4): 684-692.
DOI: 10.12677/gser.2025.144066

results show that with the continuous progress of urbanization, the building land increases at all times. Due to urban expansion and industrial development, cultivated land decreased significantly in 2003~2013 and 2013~2023. With the government's afforestation and ecological protection policies, the forest land decreased by 31.68 km² from 2003 to 2013 and increased by 27.56 km² from 2013 to 2023. Grassland and cultivated land have been greatly transferred, and woodland has also been significantly transferred to grassland and shrubs.

Keywords

Remote Sensing, GIS, Land-Use Change, Xiangyun County

Copyright © 2025 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

土地是人类社会经济活动的主要空间载体, 是全球环境变化与可持续发展研究的重要组成部分。土地利用变化作为全球变化中的一种, 研究土地利用变化已经成为学者关注的热点问题之一[1]。土地利用变化不仅客观地记录了人类改变地球表面特征的空间格局而且还再现了地球表面景观的时空动态变化过程。土地利用变化与生态环境安全水平密切相关[2]。当前, 国内外学者利用土地动态度、土地利用转移矩阵、地理探测器、CLUE-S 模型、CA-Markov 模型等方法对土地利用的空间格局、动态变化、驱动机制、趋势预测和生态效益等做了大量研究[3]。当下, 许多发展中国家正经历着城市化浪潮, 城市化发展势头迅猛, 成为根本上改变全球土地利用景观格局的最强大因素[4]。而且大多研究在省、市域层面上对土地利用变化进行了积极有意义的研究, 但在县域层面上开展土地利用变化的研究较为欠缺还比较少[5]。

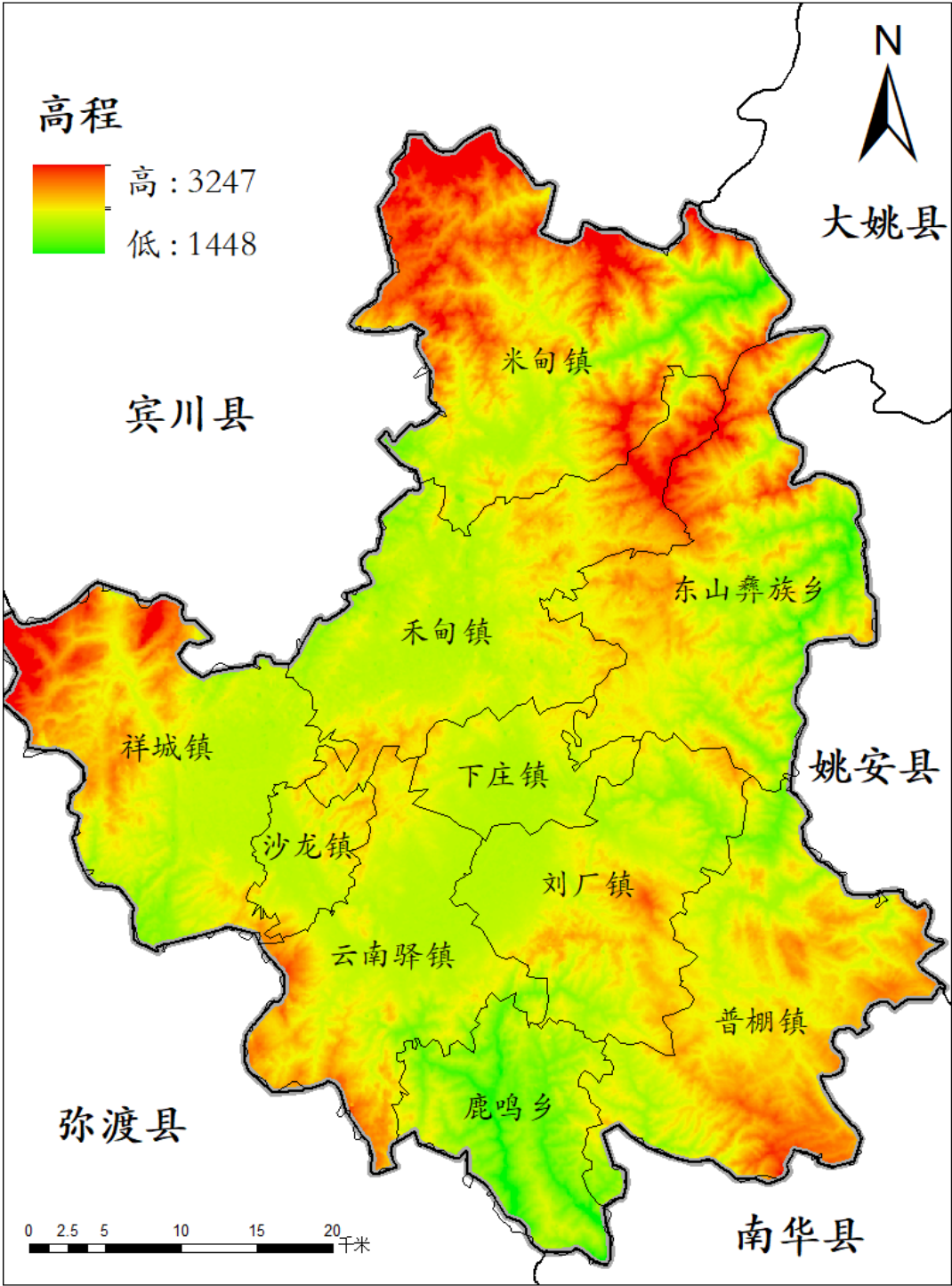
全球环境变化加快, 遥感技术就成了获取地球表面信息的关键手段, 特别是在资源管理和环境保护、灾害防治等方面, 是相当重要的[6]。遥感技术可获取大范围、高分辨率的地表信息, 地理信息系统(GIS)是个功能强大的数据处理与分析平台, 地理信息系统可高效存储、系统管理、深入分析采集的空间数据并实现可视化展示[7]。二者结合, 能为土地利用变化的动态监测与趋势预测提供可靠的方法, 特别是在复杂和大规模的区域, 遥感和 GIS 相结合的分析办法能突破传统调查办法的局限性, 给出更准确的空间分布还有变化趋向。

祥云县是云南省的一个重要县域, 其土地利用变化能反映整个区域社会经济变迁的状况, 土地利用类型在经济快速发展、城市化进程不断推进之下有了明显变化。本文借助遥感与 GIS 技术, 定量分析祥云县近年土地利用的变化, 从而揭示土地利用变化的空间分布特征与变化规律。着眼于不同时间阶段的土地使用状况变化, 运用遥感影像数据对不同时期的土地利用类别进行深入分析[8], 识别出土地利用显著变化的区域及其发展趋势; 从经济、政策、人口等多维度因素出发, 分析土地利用变化的主要驱动因素[9]; 对土地利用变化进行深入探讨, 以支持地方政府在合理制定土地利用政策和规划时做出科学决策。

2. 研究区域概况

祥云是最早叫“云南”的地方, 因地处高原且地势高于四周, 天空水汽在阳光照射下变幻万端, 县境内时常有七彩云出现。祥云县处于云南省中西部, 属于大理白族自治州的管辖范围。该县的东面与大姚、姚安和南华三县相接, 南方则与弥渡县相连, 西边与大理市接壤, 而北边则与宾川县相邻, 总面积 2425 km², 是云南省重要的政治、经济、文化中心(图 1)。位于云贵高原与横断山脉的交界地带, 地质构

造颇为复杂。中山、河谷和盆地相互交错排列，地形各具特色，滇西四大平坝里的云南驿坝就在县境中部[10]。



注：该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2019)1822 号，底图无修改。

Figure 1. Location map of Xiangyun county
图 1. 祥云县区位图

3. 数据来源与研究方法

3.1. 数据来源

所利用的主要数据包括 2003 年 3 月 19 日、2013 年 6 月 22 日、2023 年 5 月 3 日, 3 个时期的遥感影像, 分别对应不同的土地利用变化阶段。遥感影像数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心, 影像分辨率为 30 米, 具有较好的空间分辨率和时间连续性, 适用于土地利用的变化监测。GIS 数据主要包括研究区域的地形、行政区划、道路、水体、土地利用等矢量数据, 来源为国家地理信息服务中心。通过对五期遥感影像进行解译(解译精度为 88%以上), 并按照 LUCC 分类标准划分为耕地、林地、草地、灌木、荒地、建设用地、水域七个种类, 借助 ArcGis10.8 工具处理形成 2003、2013、2023 三个时期的土地利用现状图。

3.2. 土地利用转移矩阵

土地利用功能的结构性变化是通过一种土地转移模型来实现的, 转移矩阵不单单是一个评估指标, 而是一种通过结构与方向分析所形成的矩阵, 它具体列出了土地利用变化的面积, 并明确了土地利用的结构特征以及功能类型的演变, 该技术源自于系统分析方法中对系统状态及其变迁的量化解释[11]。土地利用转移矩阵公式为:

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & \dots & S_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ S_{m1} & \dots & S_{mm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, m 为土地利用类型数量, S_{ij} 为 i 类土地类型转化为 j 类土地利用类型的转移面积。

3.3. 土地利用变化幅度

土地利用面积的数量变化可以用土地利用变化的幅度来表示[12], 公式为:

$$K_1 = P_b - P_a \quad (2)$$

$$K_2 = \frac{P_b - P_a}{T} = \frac{K_1}{T} \quad (3)$$

式中, K_1 为研究期内某类土地面积变化幅度, K_2 为研究期内某类土地面积的年均变化幅度; P_a 、 P_b 为研究期开始和结束时的某类土地面积; T 为研究时间。

3.4. 土地利用动态度

土地利用动态度是指在某个时期内土地利用类型的数量变化情况[13], 主要反映土地利用变化的剧烈程度与变化速率的区域差异, 主要分为单一土地利用变化动态度和综合土地利用变化动态度[14]。单一类型变化动态度公式为:

$$Y_1 = \frac{u_b - u_a}{u_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

式中, Y_1 为研究期内某土地类型的时间变化动态度, u_a 、 u_b 是研究期开始和结束时的某种土地面积; T 是研究期间的持续时间。

综合型动态度反映了研究区各类土地间相互转化的整体动态变化程度, 公式为:

$$Y_2 = \frac{\sum_{i=1}^n |u_a - u_b|}{\sum_{i=1}^n u_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (5)$$

式中, Y_2 为研究初期某类土地利用类型的面积; u_a 、 u_b 分别为研究初期及末期某种土地类型的面积; n 为土地类型数($n=1,2,3,\cdots$), T 为研究时段长度。

4. 祥云县土地利用变化

4.1. 土地利用变化幅度

从土地利用类型来看, 2003 年祥云县土地以耕地、林地和草地为主, 分别占总面积的 26.33%、59.63% 和 10.42%。随着经济、人口、政策等因素的发展, 至 2023 年, 祥云县耕地面积增加 34.05 km², 其主要原因在于近年来, 祥云县开展农田水利改革试点工作, 出台政策, 制定措施, 不断加大高标准农田建设力度; 林地减少 4.13 km², 占总面积的 59.46%; 草地减少 24.65 km², 占总面积的 9.40%; 而建设用地面积增加 7.31 km², 占总面积的 0.55%; 灌木面积减少 6.91 km², 占总面积的 2.53%; 水域面积减少 6 km², 占总面积的 0.52%; 荒地面积增加 0.33 km², 占总面积的 0.01% (表 1)。

Table 1. Changes in land area of different types in different periods (unit: km²)
表 1. 不同时段各类土地面积变化幅度(单位: km²)

时段	耕地	林地	灌木	草地	水域	荒地	建设
03-13	18.21	-31.68	14.46	0.72	-6.38	0.08	4.59
13-23	15.84	27.56	-21.37	-25.38	0.38	0.26	2.72
03-23	34.05	-4.13	-6.91	-24.65	-6.00	0.33	7.31

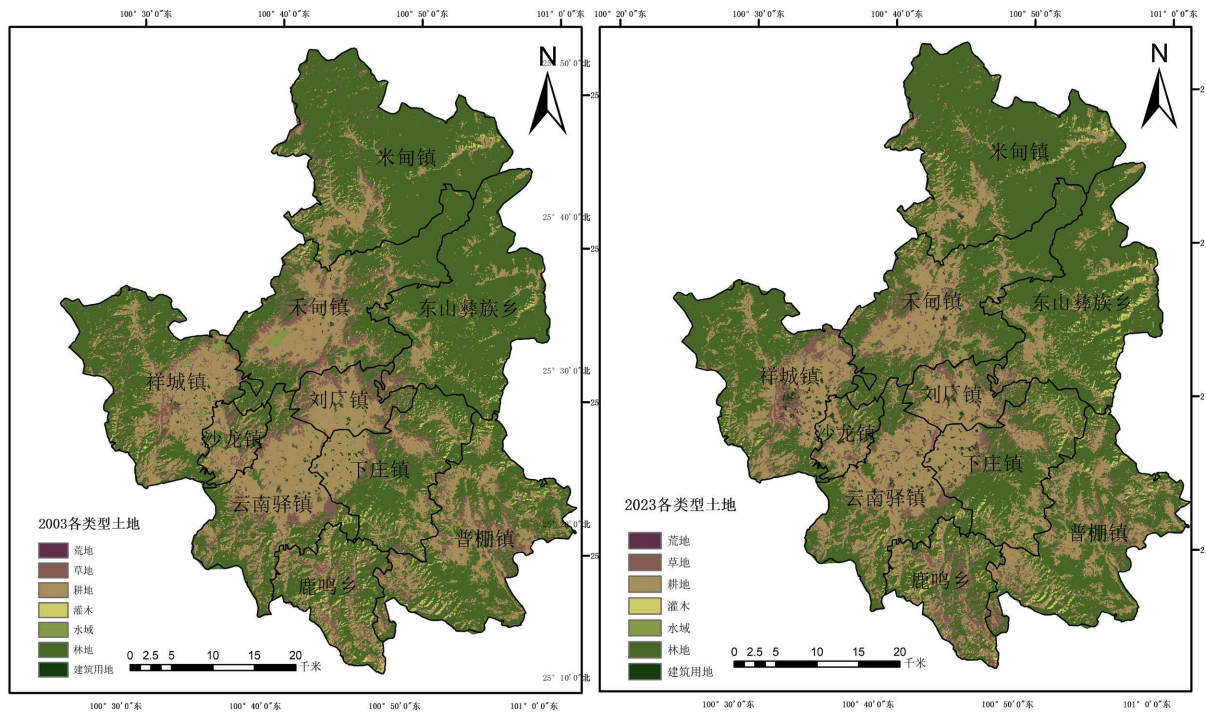


Figure 2. Changes of land use types in Xiangyun County from 2003 to 2023
图 2. 2003~2023 祥云县土地利用类型变化情况

总体而言, 祥云县 2003 年时, 林地主要分布西部和北部区域, 山区以及部分偏远地区较多。到 2023

年, 生态保护政策和植被恢复计划实施后, 林地面积大幅增加, 西部山区和南部区域的扩展尤为明显。2003 年, 水域分布较为零散, 主要集中在较低洼地带, 分布范围相对小。2023 年, 因水利工程的建设或水体恢复, 部分区域的水域面积有所增加。耕地在地图中部和东南部分布广泛, 较平坦地带尤为如此, 呈现大面积连片的形态。2023 年, 城市化进程和建设用地的拓展让耕地面积在整体上变小了, 中部和东南部分地区的耕地面积就更少了。草地的分布状况保持平稳, 主要集中在中西部的高原与丘陵区域。部分地区的草地密度较高, 但也有部分地区草地覆盖有所减少, 特别是那些遭受过度耕作或城市化冲击的区域。2003 年的时候, 建设用地分布主要集中在城市区域, 大多在较为发达的城镇附近, 面积却不大。而在 2023 年, 这情况有了明显变化, 城区和交通干道沿线尤其是在其中, 这表明城市扩展的趋势。荒地多呈零散分布, 主要集中于偏远地带, 且大多坐落于高山及干旱等自然条件恶劣的区域。2023 年, 受生态恢复项目和土地开发活动的影响, 部分区域的荒地面积有所缩减(图 2)。

4.2. 土地利用动态变化特征

单一类型的动态度, 能够体现不同土地利用类型在某一特定时段内的变化速度。从表格里的数据能看出不同土地类型的动态变化情况(表 2)。

2003 年到 2013 年, 耕地变化动态度为 0.29%, 到了 2013 年到 2023 年, 为 0.24%, 表明耕地的变化始终呈现增长趋势, 这主要由于人口的扩张和农业生产技术的发展。2003 到 2013 年, 林地动态度略有下降(-0.2%), 而 2013 到 2023 年略有上升(0.19%), 这是因为自 2012 年开始, 受国家退耕还林政策的影响, 林地面积呈现先减少后增加的趋势。2003~2013 年, 灌木增长 2.12%; 2013~2023 年, 却下降 2.58%, 这与当时祥云县气候因素息息相关。2003~2013 年, 水域变化率为-3.43%, 与当时祥云县的干旱相关。2003~2013 年, 荒地增长了 20.25%, 增长幅度大幅, 可 2013~2023 年, 增长幅度降到了 30.65%, 这说明了受退耕还林政策的影响, 荒地逐渐向其他用地类型转变。建设用地的动态度变化较为平稳, 2003 到 2013 年增长了 7.67%, 2013 到 2023 年增长 2.57%, 这反映出城市化进程下建设用地扩展的情况。

Table 2. Temporal dynamics of a single type of land use type (unit: %)

表 2. 某土地利用类型单一类型时间变化动态度(单位: %)

类型	耕地	林地	灌木	草地	水域	荒地	建设
03-13	0.29	-0.22	2.12	0.03	-3.43	20.25	7.67
13-23	0.24	0.19	-2.58	-1.00	0.31	30.65	2.57

而综合类型动态度反映了所有土地利用类型在某一特定时段的整体变化。根据表格数据(表 3): 03-13 年间综合类型动态度为 0.15%, 2013~2023 年间为 0.19%, 03-23 年间为 0.17%, 这些数据表明土地利用的整体变化处于一个较为稳定的状态, 说明土地利用结构变化不那么剧烈。

从单一类型动态度的观点来看, 不同土地类型的变化趋势各不相同。耕地和林地的变化相对平稳, 而灌木和草地类型区的波动较大。这一点在水域和荒地中尤为明显, 它们的变化幅度更大。这说明特定土地类型受环境变化和开发利用综合动因的影响较大。虽然某些地类变化较大, 但土地利用总体变化不大。而且某些特定类型的土地发生了巨大变化, 但总体土地利用变化并不剧烈。

Table 3. Dynamic degree of comprehensive types of all land use types in a certain period of time (unit: %)

表 3. 某时段所有土地利用类型综合类型动态度(单位: %)

时段	03-13	13-23	03-23
综合动态度	0.15	0.19	0.17

4.3. 土地利用转移特征

土地利用转移矩阵不仅能够揭示不同类型土地数量变动的情况，还能表明各类土地利用的变化趋势。**表 4** 显示了各种土地用途的转变情况。根据**表 4** 的数据，耕地与林地在地利用的变动中表现出极大的动态性。

2003 年到 2023 年间，耕地的转移总量达到 127.15 km²，林地的转移总量为 116.56 km²，被转化为建设用地、农田或其他用途，这与城市化进程和自然资源开发有着密切关系。转移的草地总面积为 120.42 km²，草地类型的变迁主要体现为草地向耕地及林地的转变。草地用途随时间变化，这是在农业发展、林业扩张的双重影响下体现的。刚好相反，荒地的转化量就只有 0.76 km²，变化挺小，表明荒地差不多稳定，没怎么发生转到其他土地类型的转化。建设用地与水域转移量极小，具体为 0.12 km² 和 7.58 km²，这些土地类型较为稳定，没有出现大规模的土地利用变化的情况。建设用地转移量较低，表明部分区域城市建设已趋饱和。并且建设用地的主要转移来源是耕地，草地的主要转移来源是耕地，说明可能为了满足当地居民生活和生产用水，征用耕地建造水库。

综合分析结果显示，土地利用变化主要聚焦于耕地、林地及草地三大领域。相较而言，荒地、建筑以及流域的变化较为微小。这说明，农业生产、城市化以及林业扩张是土地利用转移的主要推动力量。

Table 4. Calculation results of land use transition matrix (unit: km²)

表 4. 土地利用转移矩阵计算结果 (单位: km²)

时段	类型	草地	耕地	灌木	荒地	建筑	林地	水域
2003~2023	草地	132.20	63.12	4.52	0.11	2.95	49.55	0.17
	耕地	71.66	511.43	3.83	0.22	4.34	46.70	0.40
	灌木	13.26	9.94	29.62	0	0	15.49	0
	荒地	0	0	0	0	0	0	0.00
	建筑	0	0	0	0	5.98	0	0
	林地	9.03	83.10	23.43	0.00	0.01	1329.51	1.00
	水域	1.82	5.05			0.00	0.71	11.00
2003~2013	草地	190.41	34.30	5.97	0.05	1.93	19.77	0.18
	耕地	46.85	560.46	6.28	0.02	2.65	21.66	0.67
	灌木	11.18	4.69	45.42		0	7.02	0
	荒地	0	0	0	0.01	0	0	0
	建筑	0	0	0	0	5.98	0	0
	林地	2.40	53.18	25.09	0	0.01	1365.20	0.21
	水域	2.50	4.18	0	0	0.00	0.75	11.15
2013~2023	草地	164.84	51.32	4.05	0.26	1.88	29.84	1.15
	耕地	50.31	564.64	1.91	0.07	0.83	37.98	1.06
	灌木	8.64	8.59	45.70	0	0	19.85	0
	荒地	0.08	0.00	0	0.01	0	0	0.00
	建筑	0	0	0	0	10.57	0	0.00
	林地	3.55	45.93	9.74	0.00	0.01	1354.11	1.07
	水域	0.55	2.17	0	0.00	0	0.19	9.30

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文对祥云县 2003~2023 年土地利用的变化状况做了系统的研究。采用遥感技术和地理信息系统分析方法对数据予以分析。仔细研究现有数据可知, 城市化进程不断推进, 可利用的建设用地面积持续增多, 耕地与草地面积却大幅降低。耕地减少, 主要原因就是城市扩张和工业发展有需求。不过, 草地在一定程度上会被过度开垦和生态变化影响。林地在不同时间阶段展现出显著的动态变化。在 2003~2013 年, 林地面积显著缩减; 到了 2013~2023 年, 林地面积急剧复苏。这一现象显示, 随着时间发展, 生态保护政策和植树造林举措的影响逐渐呈现出来[14]。

对土地利用转移特征加以分析后可知, 耕地与林地是土地最为活跃的类型, 耕地转移方面更是如此。耕地转化过程中, 草地与灌木的转变为一个关键方面。粗略分析水体和荒地的变化可知, 这些地理特征的变化非常小, 这显示出其地形相对稳定。综合动态分析结果显示, 各类土地利用都发生了很大变化, 总体土地利用结构的演变是渐进的, 这显示区域存在一定稳定性。城市化是推动土地利用变化的主要因素, 同时, 生态保护政策和土地修复手段在一定程度上减轻了部分环境压力。然而, 土地利用快速变化也给农业生产、生态保护和资源管理带来挑战, 未来土地利用可持续性仍需进一步关注。

5.2. 建议

基于土地利用变化特征及驱动机制分析, 提出以下针对性建议:

(1) 优化城乡空间管控: 划定中部平原区为建设用地扩张禁区, 严格保护优质耕地; 沿交通干线实施 TOD (以公共交通为导向的开发) 模式提升集约度, 遏制城市无序蔓延, 对土地资源进行优化配置。

(2) 促进草地可持续利用: 中西部草地区推广“家庭牧场 + 饲草基地”农牧循环模式, 政府补贴建设青贮设施; 基于 DEM 数据划定坡度 $> 25^\circ$ 区域为雨季禁牧区, 防止过度放牧导致退化, 以确保农业生产与生态系统稳定。

(3) 实施差异化生态修复: 西部山区推行经济林生态补偿(核桃、油橄榄), 南部草地退化区种植固土灌木; 将新增 27.56 km² 林地纳入碳汇交易, 50% 收益反哺社区。

(4) 构建智慧治理体系: 整合遥感与 GIS 数据建立“国土云”平台, 每 5 年更新 CA-Markov 预测模型优化规划; 设置用地变化红黄灯预警(耕地年变 -0.3% 触发响应), 加强农田结构优化, 采取措施加强对农业用地的保护, 避免过度征用农业用地进行建设, 确保农业生产的可持续发展。

参考文献

- [1] 苑韶峰, 唐奕钰, 申屠楚宁. 土地利用转型时空演变及生态环境效应——基于长江经济带 127 个地级市的实证研究[J]. 经济地理, 2019, 39(9): 174-181.
- [2] 史培军, 宋长青, 景贵飞. 加强我国土地利用/覆盖变化及对生态环境安全影响的研究——从荷兰“全球变化开放科学会议”看人地系统动力学研究的发展趋势[J]. 地球科学进展, 2002(2): 161-168.
- [3] 厉静文, 董锁成, 李宇, 等. 中蒙俄经济走廊土地利用变化格局及驱动因素研究[J]. 地理研究, 2021, 40(11): 3073-3091.
- [4] 佟光臣, 林杰, 陈杭, 等. 1986-2013 年南京市土地利用/覆被景观格局时空变化及驱动力因素分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 240-245.
- [5] 魏玺, 蔡湘文. 基于遥感和 GIS 的朝阳县土地利用变化分析[J]. 辽宁农业科学, 2022(3): 36-40.
- [6] 李洁, 王晓宇. 遥感技术的创新应用与技术实践[J]. 信息记录材料, 2024, 25(11): 96-98.
- [7] 张宝华. 信息化背景下国土整治与生态修复效果评估[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(3): 217-219.
- [8] 王柏玲. 彰武县土地利用变化特征及驱动力分析[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.

- [9] 张梦婕. 广东省土地高效利用与土地生态安全耦合协调研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [10] 张淼. 基于 TM 影像的泾阳县土地利用变化研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2012.
- [11] 韩晓磊. 磨盘山隧洞地下水环境多尺度评价[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- [12] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003(5): 643-650.
- [13] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 等. 喀斯特生态脆弱区桂西北土地变化特征[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 3105-3116.
- [14] 刘耀林, 焦利民. 顾及尺度效应和景观格局的土地利用数据综合指标研究[J]. 测绘学报, 2009, 38(6): 549-555.