

滇中岩溶区土地利用变化特征及驱动力分析

彭晓红

云南师范大学地理学部, 云南 昆明
Email: pengxh214@163.com

收稿日期: 2021年7月11日; 录用日期: 2021年7月29日; 发布日期: 2021年8月11日

摘要

基于2000年、2005年、2010年的Landsat TM遥感影像和2015年的Landsat 8遥感影像解译, 利用土地利用动态度、转移矩阵、土地利用程度综合指数, 分析石林县土地利用时空演变特征和驱动机制。结果表明: 1) 在2000~2015年期间, 石林县耕地、林地、草地和建设用地分别增加了10%、3%、3%和3.3%, 未利用土地和水域减少21%和0.2%; 2) 在空间变化上, 各类土地类型交叉分布, 未利用土地、耕地和林地分布最广, 水域、草地和建设用地相对分布较少。3) 2000~2015年, 石林县的土地转移特征为: 耕地、建设用地、草地和林地以转入为主, 转入面积分别为165.42 km²、57.97 km²、52.25 km²、60.43 km², 未利用土地和水域以转出为主, 转出面积分别为332.94 km²、3.47 km²; 4) 2000~2015年, 石林县的土地利用程度处于合理开发利用状态; 5) 社会经济发展、人口因素、气候变化和政府政策是石林县土地利用变化的主要驱动因素。因此, 在未来对土地资源的开发利用过程中继续加强对其石漠化的治理, 既要资源利用最大化, 也要环境最优化。

关键词

土地利用, 遥感解译, 动态度, 转移矩阵, 土地利用程度, 驱动力, 石林县

Characteristics and Driving Forces of Land Use Change in Karst Area of Central Yunnan Province

Xiaohong Peng

Department of Geography, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan
Email: pengxh214@163.com

Received: Jul. 11th, 2021; accepted: Jul. 29th, 2021; published: Aug. 11th, 2021

Abstract

Based on the interpretation of Landsat TM remote sensing images in 2000, 2005 and 2010 and Landsat 8 remote sensing images in 2015, the temporal and spatial evolution characteristics and driving mechanism of land use in Shilin County are analyzed by using land use dynamic degree, transfer matrix and comprehensive index of land use degree. The results showed that: 1) During 2000~2015, the cultivated land, woodland, grassland and construction land increased by 10%, 3%, 3% and 3.3% respectively, and the unused land and water area decreased by 21% and 0.2%; 2) In terms of spatial change, all kinds of land types were cross distributed, the unused land, cultivated land and forest land were the most widely distributed, and the water area, grassland and construction land were relatively less distributed. 3) From 2000 to 2015, the characteristics of land transfer in Shilin County are as follows: cultivated land, construction land, grassland and forest land are mainly transferred in, with the transfer in area of 165.42 km², 57.97 km², 52.25 km² and 60.43 km², respectively; unused land and water area are mainly transferred out, with the transferred out area of 332.94 km² and 3.47 km² respectively; 4) From 2000 to 2015, the land use degree of Shilin County is in a state of reasonable development and utilization; 5) Social and economic development, population factors, climate change and government policies are the main driving factors of land use change in Shilin County. Therefore, in the future development and utilization of land resources, we should continue to strengthen the control of rocky desertification, not only to maximize the use of resources, but also to optimize the environment.

Keywords

Land Use, Remote Sensing Interpretation, Dynamic Degree, Transfer Matrix, Land Use Degree, Driving Force, Shilin County

Copyright © 2021 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

土地资源是人类生产生活中主要的物质基础和自然资源,而对土地资源的利用深刻地影响和改变着人类的生存环境[1] [2] [3] [4]。土地利用/覆盖变化(LUCC)是人类活动与自然环境之间的相互作用的结果,是一个地区经济社会可持续发展、生态系统、气候变化和资源利用等一系列核心问题的主要影响因子[5] [6] [7] [8],因此,土地利用/覆盖变化(LUCC)的研究已在全球生态环境变化、生态系统以及可持续发展过程的研究中占有特殊的特殊重要地位[9]。前人对土地利用的变化研究多数主要集中于沿海经济发达地区[10]和典型的生态脆弱区[11] [12],在尺度上主要是基于国家不同级别行政尺度[13]和不同流域[14] [15],探究土地利用时空变化特征及其驱动机制[16] [17]。其中喀斯特地区是我国境内典型的生态系统脆弱区,土地支离破碎,石漠化严重,植被覆盖度较低,土地利用变化有其独特的演化特性,岩溶地区的土地利用变化成为广大学者的关注热点,秦罗义等以贵州普定县为研究对象,结合GIS和RS技术,揭示了喀斯特地区的土地利用变化及其驱动机制[18],李丽等运用GIS和RS方法,结合社会经济数据,对土地利用/覆被时空变化进行了定量分析,揭示其变化特征和驱动力因子[19],刘南建等基于遥感数据和地学统计方法对典型岩溶区土地利用时空演变格局进行定量分析,探讨岩溶区的土地利用变化特征[20],巨凡凡等利用RS和GIS技术对水城县15a的土地利用变化和社会经济进行研究分析,探讨变化特征和驱动力,许月卿等基于遥感数

据对猫跳河流域土地利用变化情况进行探讨, 定量分析岩溶地区土地利用变化特征[21]。前任研究多数基于遥感影像数据对贵州喀斯特地区进行土地利用动态演化进程分析, 同时对产生这种演化的驱动力因素进行探讨分析, 对区域的生态环境、资源合理开发利用和经济发展都具有深刻意义。

云南石林地区位于云南省中部, 是典型的喀斯特岩溶区, 其石漠化严重, 属于我国主要的生态脆弱区。随着经济的快速发展, 水土流失严重, 石漠化加剧, 生产力下降, 制约区域的社会经济发展。目前对该地区的研究主要是对其喀斯特地貌的研究[22] [23] [24], 但是缺乏对多种土地利用类型变化特征的角度对其石漠化的研究。综上所述, 将针对石林县 2000~2015 年不同土地利用类型进行时空变化特征分析, 并探究其驱动机制, 对石漠化改善和土地合理利用具有重要的理论和现实意义。

2. 研究区概况

石林彝族自治县是滇中典型的岩溶区, 位于 $24^{\circ}30'N\sim 25^{\circ}03'N$, $103^{\circ}10'E\sim 104^{\circ}40'E$ 之间, 以大小石林风景区为主要代表。石林县总体地势呈现东北高西南低, 海拔多在 1700~1900 m 之间, 国土面积 1680 km² (图 1)。县域内喀斯特地貌发育广泛, 人类活动强烈, 石漠化面积超过国土面积的 10%, 土地资源遭受到破坏, 所以水土资源的可持续利用已成为社会经济持续发展的关键问题。

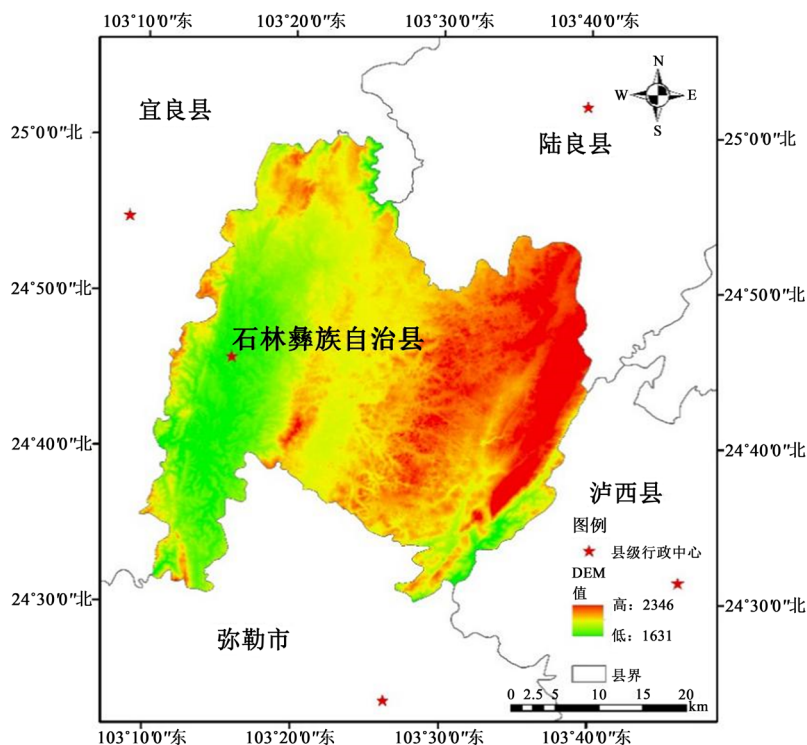


Figure 1. Regional overview of Shilin County
图 1. 石林县区域概况图

3. 数据与方法

3.1. 数据来源与处理

3.1.1. 土地数据

土地数据主要来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/search>), 选取了石林县 2000 年、2005 年、2010 年 Landsat TM5 遥感影像和 2015 年的 Landsat 8 遥感影像, 分辨率为 30 m。利用 ENVI 对四期遥感

数据进行辐射校正、图像增强、裁切等处理后,参考地类分类标准和野外实际调查,进行人工目视解译,对四期遥感影像进行解译判读,把石林县的土地分为林地、耕地、草地、建设用地、水域和未利用土地,其中未利用土地主要为石漠化严重的裸地为主,并对解译结果随机抽样精度检验,四期影像精度评价均在 90% 以上。

3.1.2. 社会经济和气象数据

社会经济和气象数据主要来源于石林县 2000~2015 年统计年鉴和统计公报。其中社会经济数据选取国民生产总值(亿元)、第一产业(亿元)、第二产业(亿元)、第三产业(亿元)、工业(亿元)、农业(亿元)、旅游总收入(亿元),总人口数(万人)、非农人口(万人)。气象数据选择气温(°C)、降水(mm)。

3.2. 研究方法

3.2.1. 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵能具体反映土地利用类型变化的结构特征及各土地类型之间的转移数量和方向[2]。其数学形式为:

$$S = \begin{cases} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nm} \end{cases} \quad (1)$$

3.2.2. 土地利用动态度

土地利用动态度能反映一个区域土地利用变化的剧烈程度[19]。单一土地利用动态度(K)。用来比较不同土地利用类型的变化速度。

$$K = \frac{U_2 - U_1}{U_1} \times \frac{1}{T_2 - T_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中, K 表示某一类土地利用类型 T_1 到 T_2 时段内土地利用类型的单一动态度, U_1 表示 T_1 时间某类土地利用类型的面积, U_2 表示 T_2 时间某类土地利用类型的面积。

3.2.3. 土地利用程度

土地利用程度综合指数主要是来描绘土地利用程度,研究区域内的土地利用开发程度[25],将土地资源的利用状态分为未利用、自身再生利用、认为再生利用、非再生利用 4 个等级,并分别赋予分级指数来表示利用程度。

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (3)$$

式中: L 为土地利用程度综合指数,其数值越大,土地利用程度越高; A_i 为土地利用程度分级指数; C_i 为土地利用程度面积百分比;根据土地利用程度综合分析方法,将土地利用分为 4 级。第 1 级为未利用土地;第 2 级为草地、林地及水域;第 3 级为耕地等农业用地;第 4 级为居民建设用地。

4. 土地利用变化特征分析

4.1. 石林县土地利用时间变化特征

由图 2 可知,石林县的主要土地利用类型是耕地和林地,这两种土地类型占石林县总土地面积的 70% 以上。其次是未利用土地次之,石林县是典型岩溶区,未利用土地一直占比较大。2000~2015 年期间,耕地占比总体呈增长的趋势,由 2000 年 26% 增长至 2015 年 36%,草地和建设用地一直呈现缓慢增长趋

势, 未利用土地占比一直呈现减少趋势, 从 2000 年占比 25% 减少到 2015 年占比 4%, 说明石林县总体石漠化有所减少。林地占比先减少后增加, 总体呈增加趋势, 由 42% 增长至 45%, 石林水域主要是巴江河和湖泊水库, 2000~2015 年间水域占比变化较小, 但总体呈现减少趋势, 由 1% 减少至 0.8%。

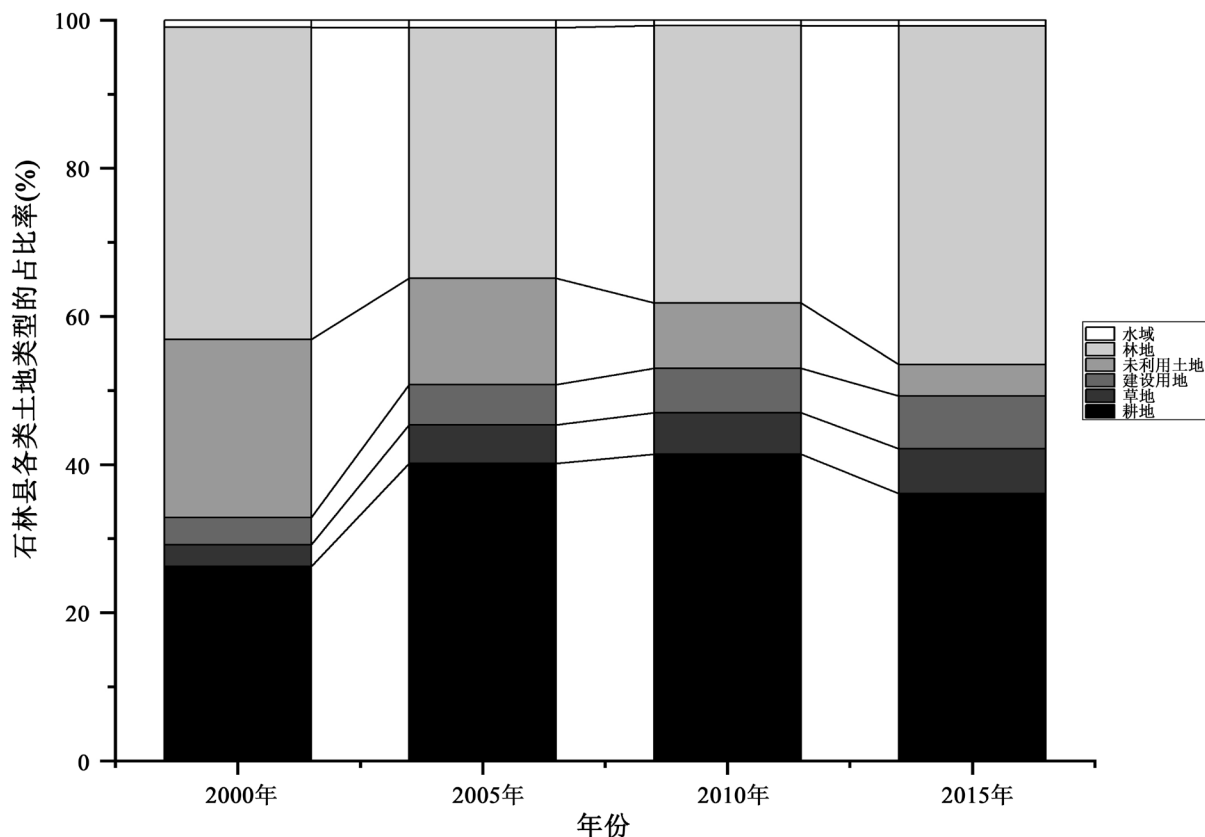


Figure 2. Change in the proportion of land use types in Shilin County from 2000 to 2015

图 2. 2000~2015 年石林县土地利用类型占比变化图

4.2. 石林县土地利用空间变化特征

在空间分布上, 2000 年未利用土地分布面积较大, 特别是长湖镇、西街口镇、石林镇, 圭山镇主要以林地为主, 鹿阜街道和大可乡主要以耕地为主, 全县建设面积较少。2005 年鹿阜街道建设面积增加, 长湖镇和西街口镇未利用土地减少, 林地面积减少, 耕地面积增加。2010 年鹿阜街道建设面积持续增加, 但未利用土地也增加, 耕地面积占主要面积, 2015 年鹿阜街道、板桥镇和大可乡石林镇建设面积明显增加, 圭山镇、长湖镇、西街口镇林地面积增大, 全县以林地面积占比最大。总体上, 建设用地主要分布在鹿阜街道, 林地主要分布于圭山镇、长湖镇、石林镇东北部、西街口镇东南部、板桥镇东部, 耕地主要分布于石林镇、鹿阜街道、板桥镇、大可乡, 水域主要以石林县西部为主, 以水库和湖泊为主, 东部分布较少, 草地面积分布零星, 主要分布于耕地附近, 未利用土地主要分布于西街口镇东北部、长湖镇北部、石林镇东南部。

4.3. 土地利用变化率

4.3.1. 土地利用转移情况

基于不同时期的土地利用的分类, 得出 2000~2015 年石林县的土地利用转移矩阵(见表 1~3), 从而得出石林县不同土地利用类型之间的相互转移情况。

Table 1. Land use type transfer matrix of Shilin County from 2000 to 2005 (km²)
表 1. 2000~2005 年石林县土地利用类型转移矩阵(km²)

土地类型	2000 年						2005 年合计	转入
	耕地	草地	建设用地	未利用土地	林地	水域		
2005 年								
耕地	306.72	21.87	17.7	180.88	146.4	0.94	674.51	367.79
草地	64.64	14.31	2.12	3.52	2.16	0.98	87.73	73.42
建设用地	17.49	11.21	35.12	9.08	17.17	1.34	91.43	56.29
未利用土地	44.2	1.3	1.87	170.35	23.14	0.62	241.48	71.13
林地	6.75	0.69	3.4	39.89	517.46	0.32	568.4	51.05
水域	0.63	0.19	1.99	0.22	1.49	12.53	17.15	4.52
2000 年合计	440.43	49.61	62.22	404.06	707.82	16.73	1680.7	-
转出	133.71	35.26	27.08	233.59	190.36	4.2	-	-

Table 2. Land use type transfer matrix of Shilin County from 2005 to 2010 (km²)
表 2. 2005~2010 年石林县土地利用类型转移矩阵(km²)

土地类型	2005 年						2010 年合计	转入
	耕地	草地	未利用土地	林地	建设用地	水域		
2010 年								
耕地	529.25	32.57	78.67	33.87	19.8	1.76	695.92	166.67
草地	34.5	42.43	8.2	2.12	5.43	1.35	94.04	51.6
未利用土地	23.98	4.27	99.51	12.39	7.48	0.29	147.93	48.41
林地	56.65	1.3	53.24	510.55	7.34	0.74	629.83	119.27
建设用地	29.1	6.85	1.72	9.23	50.98	2.87	100.75	49.77
水域	1.03	0.32	0.14	0.23	0.39	10.12	12.23	2.11
2005 年合计	674.51	87.73	241.48	568.4	91.43	17.15	1680.7	-
转出	145.26	45.31	141.97	57.84	40.44	7.01	-	-

Table 3. Land use type transfer matrix of Shilin County from 2010 to 2015 (km²)
表 3. 2010~2015 年石林县土地利用类型转移矩阵(km²)

土地类型	2010 年						2015 年合计	转入
	水域	建设用地	林地	耕地	未利用土地	草地		
2015 年								
水域	9.43	1.5	0.17	1.3	0.13	0.9	13.26	4
建设用地	0.18	58.75	2.02	30.43	5.35	23.46	120.19	61.44
林地	0.34	6.87	592.92	105.71	60.14	2.26	768.25	175.32
耕地	1.93	29.83	27.06	484.12	29.13	33.78	605.85	121.73
未利用土地	0.03	2.05	3.58	17.55	44.72	3.19	71.12	26.4
草地	0.32	1.75	4.08	56.81	8.46	30.44	101.86	71.42
2010 年合计	12.23	100.75	629.83	695.92	147.93	94.04	1680.7	-
转出	2.8	42	36.91	211.8	103.21	63.59	-	-

耕地在 2000~2005 年期间转入面积大于转出面积, 转入面积为 367.79 km², 其中耕地主要由未利用土地和林地的转入, 占总转入面积的 88.9%, 在此期间耕地主要转出为草地和未利用土地, 总的转出面积为 133.71 km²。在 2005~2010 年耕地总体呈现增加趋势, 主要转入来自未利用土地, 这是由于人口增加, 同时也增加了对未利用土地的开发利用, 此期间主要转出为林地和草地, 转为林地 56.65 km²、草地 23.98 km²。在 2010~2015 年间耕地面积减少, 减少的面积主要转出为林地, 占总转出面积的 49.9%, 转入少于转出面积。各类面积均有转入。

建设用地在这 3 个阶段均以转入为主。在 2000~2005 年间转入面积为 56.29 km², 占总面积的 62%, 转出面积为 27.08 km², 主要转为耕地。在 2005~2010 年间主要由耕地转入, 转入面积为 29.1 km², 转出面积为 40.44 km²。2010~2015 年期间转入 61.44 km², 其中耕地和草地占转入面积的 87.7%, 这主要是由于经济发展促进城镇化发展, 建设用地增加。建设用地转出为耕地, 主要来自转为城镇的农村地区的废弃土地。

草地 3 个阶段均以耕地转入和耕地转出为主, 且转入面积大于转出面积, 总体上草地面积呈现增长趋势, 从 2000~2015 年面积增加了 52.25 km²。其中 2000~2005 年转入面积最大, 为 73.42 km², 占草地面积的 83.69%, 2010~2015 年转出最大, 转出面积占总面积的 67.6%。其中转入主要是来自退耕还林还草的结果, 而转出主要是人口增加, 扩大对草地的耕种。

未利用土地一直处于减少趋势, 共减少 333.48 km², 但是依旧有新的未利用土地的转入, 且主要以耕地和林地的转入为主, 这表明石林县的对石漠化的治理有一定的成效, 同时人口增加和耕地林地的滥砍滥伐的现象依旧出现, 促进了耕地和林地未利用土地的转化。

林地是石林县主要的土地利用类型。在 2000~2005 年林地主要以转出为主, 且主要转为耕地, 占转出面积的 76.9%, 转入面积为 51.05 km², 主要由未利用土地转入。在 2005~2010 年林地转入面积大于转出面积, 主要来自耕地和未利用土地的转入, 分别转入 56.65 km²、53.24 km², 这主要是 2005 年政府提出退耕还林、封山育林政策, 使得耕地和未利用土地转入。转出以耕地为主, 33.87 km² 的林地依旧被开发成为耕地。在 2010~2015 年林地的转入面积加大, 这表明对退耕还林、水土保持等政策的确实落实和人们对环境保护的深刻认识。

水域是石林县占比最小的土地类型, 水域主要由湖泊、水库和巴江流域组成。总体上水域面积呈减少趋势, 且主要以转出为主。2000~2015 年水域面积减少了 3.47 km², 减少部分主要转出为耕地、草地和建设用地, 主要是近年来气温不断升高, 降水减少, 以及人类对水资源的不合理利用, 使得水域面积不断减少。湖泊、水库面积缩小。

4.3.2. 土地利用动态度分析

对石林县相邻两期土地利用数据进行单一动态度分析(见图 3)可知: 不同时间段里的土地变化情况既有一致性也有差异性。其中未利用土地的变化速度具有一致性, 未利用土地的变化速度在三个阶段都呈现快速降低趋势, 由第一阶段的 6.9% 增加至第三阶段的 10.38%, 表明未利用土地在 2000~2015 年变化程度剧烈。耕地、草地和建设用地第一阶段变化程度剧烈, 动态度分别为 10.63%、15.37% 和 9.39%, 第二三阶段变化程度较小, 且耕地第三阶段面积减小。林地第三阶段变化剧烈, 单一动态度为 4.39%, 第一阶段次之为 3.94%, 第二阶段最小为 2.16%。水域第二阶段变化最为强烈, 主要是因为此期间云南遭遇干旱, 气温升高, 降水较少, 使得石林县水域面积大幅度减小, 变化较大。

4.4. 土地利用程度

基于 4 期遥感影像解译得到不同土地利用类型面积, 根据公式(4)计算得出石林县土地利用程度综合指数(见表 4), 从而分析 2000~2015 年石林县的土地利用情况。四期土地利用程度综合指数均位于 100-400 之间, 表明石林县的土地利用处于合理开发利用阶段。2000~2005 年土地利用程度综合指数增加 27.07,

说明该阶段石林县的土地利用处于发展阶段，主要为耕地和草地面积的大量增加。2005~2010 年土地利用综合指数增加 7.95，表明该阶段土地利用相对发展缓慢，主要是林地面积的增加。2010~2015 年土地利用程度综合指数增加 1.53，表明该阶段石林县的土地利用状态已经趋于稳定发展，土地利用的压力相对于前两个阶段得以缓解。

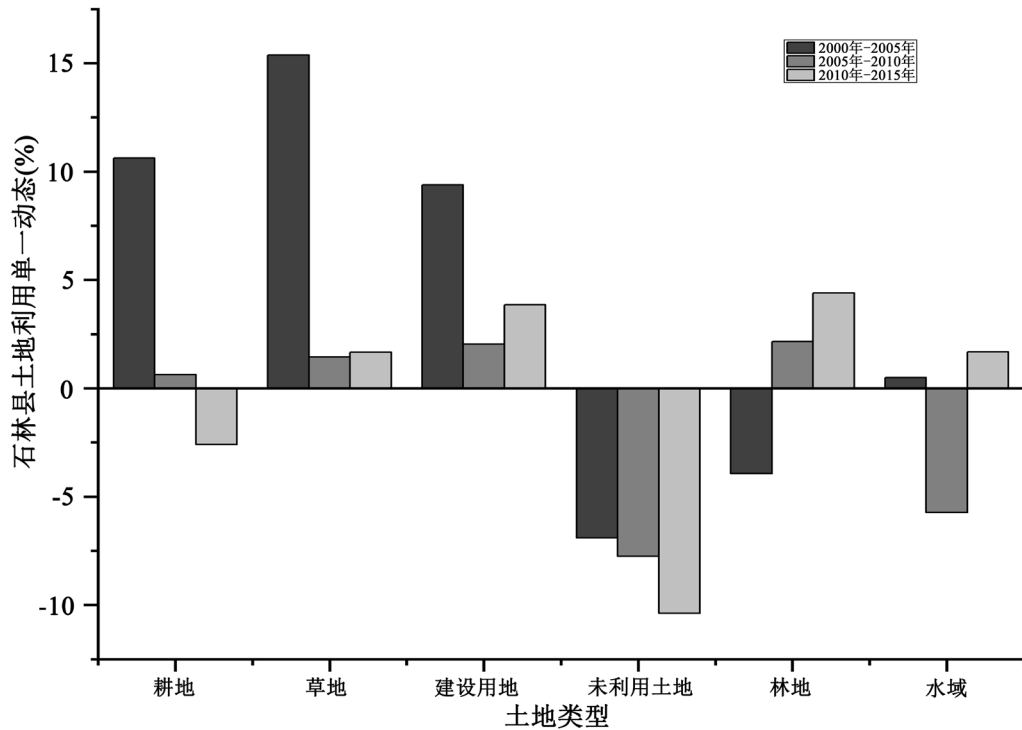


Figure 3. Dynamic change map of single land use in Shilin County from 2000 to 2015
图 3. 石林县 2000~2015 年单一土地利用动态变化图

Table 4. Comprehensive index and change of land use degree in Shilin County
表 4. 石林县土地利用程度综合指数及变化

土地类型	分级指数	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
耕地	3	78.63	120.39	124.23	108.15
草地	2	5.9	10.44	11.2	12.12
建设用地	4	14.8	21.76	23.96	28.6
未利用土地	1	24.04	14.37	8.8	4.23
林地	2	84.22	67.64	74.94	91.42
水域	2	1.98	2.04	1.46	1.6
土地利用程度综合指数	-	209.57	236.64	244.59	246.12

5. 驱动力分析

5.1. 社会经济发展

2000~2015 年石林县的经济增长速度较快，国民生产总值由 10 亿元增长到 70.68 亿元，工业由的 6.31 亿元增长到 66.64 亿元，农业由 2.74 亿元增长到 34.23 亿元，旅游业由 1.8 亿元增长到 42.7 亿元，增长

幅度较大。经济的快速增长使土地利用类型发生变化,特别是石林县太阳能光伏电站的建立,使得裸地得到充分利用,裸地转换为建设用地,旅游业的发展也促使建设用地的增加,经济的发展必然带来人民生活水平的提高,使建设用地大面积增加,林地/草地和林地转化为建设用地。

5.2. 人口因素

人口在土地利用变化过程中具有重要地位。2000~2015年间石林县人口呈增长趋势,由22.28万人增加到24.96万人,其中非农人口由2.15万人增加至7.53万人,大量的人口增加必然带来对生活的高要求,住房的扩张,公共建设的增加,以及交通用地的兴建,促使建设用地的大量增加,同时占用一定的耕地、草地、裸地、水域的面积,使其转化为建设用地,从而使土地利用类型发生变化。

5.3. 气候因素

气候因素在土地利用变化中起到一定的影响,其中主要是降水和气温影响较大。在2000~2015年期间石林县的降水总体呈现下降趋势,气温总体呈现上升趋势,降水减少和气温升高,使地表水补给减少,蒸发增加,从而使水域面积逐渐减少。

5.4. 政策因素

石林县的土地利用类型变化受当地政府的政策影响。2002年政府开始提出退耕还林工程,2004年提出珠江防护林工程建设政策,2005年加大植树造林、封山育林的政策,2009年提出水土保持宣传,2011年进一步完善土地利用等一系列政策都推动石林县的林地增加,使石漠化得到改善,耕地和裸地减少。

6. 结论

本文基于石林县2000~2015年四期遥感影像进行土地利用分类,对土地利用变化及其驱动力进行分析,得出以下结论:

1) 在2000~2015年期间,石林县耕地、草地和建设用地呈现增长趋势,未利用土地和水域呈现减少趋势,林地占比先减少后增加,总体呈增加趋势。

2) 在空间变化上,未利用土地分布主要分布在长湖镇、西街口镇、石林镇,圭山镇主要以林地为主,鹿阜街道和大可乡主要以耕地为主,建设用地和耕地主要分布于鹿阜街道和大可乡,林地为全县主要用地,水域零星分布于全县。

3) 2000~2015年,石林县的土地转移特征为:耕地、建设用地、草地和林地以转入为主,未利用土地和水域主要转出为主,未利用土地主要转为林地和耕地,水域以转出耕地和草地为主。

4) 2000~2015年,石林县的土地利用程度处于合理开发利用状态,且土地利用程度综合指数的变化量逐渐减小,表明石林县的土地利用程度逐渐稳定。

5) 社会经济发展、人口因素、气候变化和政府政策是石林县土地利用变化的主要驱动因素。

通过该研究结果表明,石林县目前的土地开发利用处于合理阶段,在未来对土地资源的开发利用应继续加强对其石漠化的治理,既使土地资源利用最大化,也使生态环境最优化。

参考文献

- [1] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2010, 64(12): 1411-1420.
- [2] 冉凤维,罗志军,章磊. 2000~2015年南昌市土地利用变化及驱动力分析[J]. 江西农业大学学报, 2017, 39(4): 834-842.

- [3] 李煜东, 臧传富, 陈相龙. 淮河流域 1990~2015 年间土地利用时空变化特征及驱动机制研究[J]. 生态科学, 2020, 39(2): 104-113.
- [4] 赵宏飞, 何洪鸣, 白春昱, 等. 黄土高原土地利用变化特征及其环境效应[J]. 中国土地科学, 2018, 32(7): 49-57.
- [5] 易浪, 任志远, 张翀, 等. 黄土高原植被覆盖变化与气候和人类活动的关系[J]. 资源科学, 2014, 36(1): 166-174.
- [6] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用变化特征及驱动机制[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 148-154.
- [7] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.
- [8] 吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 等. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变[J]. 应用生态学报, 2015, 26(11): 3457-3466.
- [9] 匡文慧. 城市土地利用/覆盖变化与热环境生态调控研究进展与展望[J]. 地理科学, 2018, 38(10): 1643-1652.
- [10] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151-160.
- [11] 杨庆媛, 毕国华, 陈展图, 等. 喀斯特生态脆弱区休耕地的空间配置研究——以贵州省晴隆县为例[J]. 地理学报, 2018, 73(11): 2250-2266.
- [12] 邴广路, 石培基, 居玲华. 生态脆弱区土地利用变化及驱动因素分析——以张掖市为例[J]. 干旱区研究, 2010, 27(2): 169-175.
- [13] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010~2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789-802.
- [14] 张浚茂, 臧传富. 东南诸河流域 1990~2015 年土地利用时空变化特征及驱动机制[J]. 生态学报, 2019, 39(24): 9339-9350.
- [15] 张诗晓, 张浚茂, 张文康, 等. 泛珠江流域土地利用时空变化特征及驱动因子[J]. 应用生态学报, 2020, 31(2): 573-580.
- [16] 胡昕利, 易扬, 康宏樟, 等. 近 25 年长江中游地区土地利用时空变化格局与驱动因素[J]. 生态学报, 2019, 39(6): 1877-1886.
- [17] 付建新, 曹广超, 郭文炯. 1980~2018 年祁连山南坡土地利用变化及其驱动力[J]. 应用生态学报, 2020, 31(8): 2699-2709.
- [18] 秦罗义, 白晓永, 王世杰, 等. 近 40 年来贵州高原典型区土地利用变化及驱动机制[J]. 山地学报, 2015, 33(5): 619-628.
- [19] 李丽, 刘晓东, 梅再美. 喀斯特石漠化地区土地利用/覆被变化及驱动力因素研究——以贵州省安龙县 2000~2010 年为例[J]. 贵州科学, 2015, 33(2): 75-81.
- [20] 刘南健. 1980~2015 年典型岩溶区土地利用动态变化研究——以贵州省镇宁县和关岭县为例[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(24): 112-116.
- [21] 许月卿, 罗鼎, 冯艳, 等. 西南喀斯特山区土地利用/覆被变化研究——以贵州省猫跳河流域为例[J]. 资源科学, 2010, 32(9): 1752-1760.
- [22] 丁智强, 俞筱押, 高璇, 等. 云南石林县域喀斯特洼地空间分布特征及影响因素研究[J]. 中国岩溶, 2019, 38(3): 325-335.
- [23] 李玉辉. 中国云南石林岩溶形态类型与特征[J]. 中国岩溶, 2002, 21(3): 165-172.
- [24] 李玉辉, 丁智强, 吴晓月. 基于 Strahler 面积-高程分析的云南石林县域喀斯特地貌演化的量化研究[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 973-985.
- [25] 张颖, 赵宇鸾. 黔桂岩溶区土地利用程度演变的时空分异特征[J]. 水土保持研究, 2018, 2(1): 287-297.