

西藏自治区土地利用/覆被变化时空演变特征及驱动因素

陈伊多^{1,2}, 杨庆媛^{1,2}

(1.西南大学地理科学学院,重庆金佛山喀斯特生态系统国家野外科学观测研究站,
重庆 400715;2.西部乡村可持续发展实验室,重庆 400715)

摘要: 精准把握西藏自治区土地利用/覆被变化特征,探究其驱动因素,对科学预测西藏土地利用变化趋势、节约集约利用土地资源具有重要意义。以 2000—2020 年 5 期 LUCC 数据为基础,从动态度、转化趋势等方面分析西藏自治区 LUCC 特征。结果表明:(1)研究区 LUCC 以草地、林地、未利用地为主,时间上 2015—2020 年变化频率最高,空间上城乡建设用地、耕地及水域用地变化区域较为集中。(2)城乡建设用地持续增长,草地持续缩减,其余地类波动式增长。(3)一江三河流域 LUCC 种类丰富,成因复杂,其余地区以草地和未利用地变化为主。(4)过去 20 年间西藏 LUCC 驱动因素较多,自然因素对耕地、水域的分布等起决定性作用,而社会经济及政策因素对西藏近年来的 LUCC 起较大影响作用。研究发现,西藏土地利用类型转换复杂,各地类变化特征存在显著差异,其中变化量最大的是草地与未利用土地的相互转换。西藏 LUCC 的驱动因素较为复杂,气候变化和人类活动对研究区土地利用变化驱动作用显著。

关键词: LUCC; 时空演变; 驱动因素; 西藏自治区

中图分类号: F323.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2022)05-0173-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2022.05.023

Temporal and Spatial Characteristics and Driving Factors of Land Use/Cover Change in Tibet Autonomous Region

CHEN Yiduo^{1,2}, YANG Qingyuan^{1,2}

(1.Chongqing Jinpo Mountain Karst Ecosystem National Observation and Research Station,
School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715; 2.The Laboratory of
Research on Western Rural Sustainable Development, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract: Accurately understanding the characteristics of land use / cover change (LUCC) in Tibet Autonomous Region and exploring its driving factors are of great significance to scientifically predict the trend of land use change in Tibet and make economical and intensive use of land resources. Based on the five periods of LUCC data from 2000 to 2020, this paper analyzed the characteristics of LUCC in Tibet Autonomous Region from dynamics and transformation trend. The results showed that: (1) LUCC in the study area was mainly grassland, forest land and unused land. The change frequency was the highest from 2015 to 2020, and the change areas of urban and rural construction land, cultivated land and water area were relatively concentrated in space. (2) Urban and rural construction land continued to grow, grassland continued to shrink, and other land types increased in a fluctuating manner. (3) LUCC in the “One River and Three Streams” Basin of Tibet were rich in species and complex in causes. The rest of the areas were dominated by grassland and unused land changes. (4) Over the past 20 years, there have been many driving factors for LUCC in Tibet. Natural factors played a decisive role in the distribution of cultivated land and water areas, while socio-economic and policy factors had a great impact on LUCC in Tibet in recent years. The transformation of land use types was complex, and there were significant differences in the change characteristics of different types, among which the biggest change was the transformation between grassland and unused land. The driving factors of LUCC in Tibet were complex. Climate change and human activities had a significant driving effect

收稿日期:2022-01-13
资助项目:重庆市社会科学规划项目(2020YBZX15)
第一作者:陈伊多(1992—),男,硕士研究生,主要从事土地利用与国土空间规划研究。E-mail:513dyc@163.com
通信作者:杨庆媛(1966—),女,教授,博士生导师,主要从事土地利用与国土空间规划、土地经济与政策研究。E-mail:yizyang@swu.edu.cn

on land use changes in the study area.

Keywords: LUCC; space time evolution; driving factors; Tibet Autonomous Region

土地利用/覆被变化(land use/cover change, LUCC)作为能够反映人类活动程度的重要指标,是全球变化的显著表现形式^[1]。通过对土地利用变化的研究,分析其时空变化规律,对揭示人类活动程度具有指导作用^[2]。经过约 30 年的发展,LUCC 不仅能够再现地表景观的时空动态过程,还能客观记录人类活动对地表的改造历程^[3]。国外研究相对较早且成果丰富,近 10 年来研究重点主要集中于 LUCC 与 人地耦合系统的关系^[4-5]、LUCC 对生态系统服务的影响^[6-7]、LUCC 对人类福祉的影响^[8-9]以及可持续性的土地利用优化和管理^[10-11]等;国内关于 LUCC 的研究主要包括土地利用变化的生态环境影响评估^[12]、土地利用变化的时空演变过程^[13-14]、土地利用变化的驱动机制和影响因素^[1]、土地利用变化对生态系统的影响^[15-16]等。

青藏高原兼具生态环境脆弱、经济社会发展较落后等特征,导致其对环境变化的敏感程度较高,近年来,受全球气候变化影响,西藏草地退化面积有所增长^[17],西藏耕地面积同样有所下降^[18],湖泊面积有所扩张^[19]。现阶段国内学者对西藏 LUCC 状况的相关研究成果较少,LUCC 的驱动因素、LUCC 对当地生态环境、社会经济发展具有何种影响亟待深入探讨。本文通过对 2000—2020 年西藏自治区 LUCC 的时空变化特征进行分析,以期全面了解研究期内西藏自治区 LUCC 时空特征,揭示高原地区 LUCC 变化规律,促进土地利用转型,有助于提高土地利用效率,提升高原生态系统服务价值,为以生态保护和修复为目标的高原地区国土空间规划编制提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

西藏自治区地处世界上面积最大的高原——青藏高原的南部,位于26°50′—36°53′N,78°25′—99°06′E,总

面积 120.22×10⁴ km²,海拔 4 000 m 以上(图 1)。地形复杂多样,主要包括藏北高原、藏南山原湖盆谷地、藏东高山深谷和喜马拉雅高山四大地貌区;气候总体上具有西北严寒、东南温暖湿润的特点,呈现出由东南向西北的带状分布,全区年均气温-2.8~11.9℃,温差较大,年降水量 74.8~901.5 mm,地区分布不均,由东南向西北减。根据第七次人口普查数据,2020 年西藏全区常住人口 364.81 万人,2020 年西藏地区生产总值达 1 902.74 亿元,在全区生产总值中,第一、二、三产业增加值所占比重分别为 7.9%,42.0%,50.1%,全体居民人均可支配收入 21 744 元。

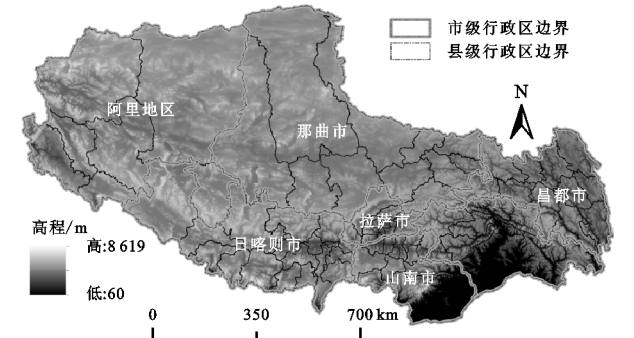


图 1 研究区概况

1.2 数据来源

西藏自治区 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年的土地利用遥感监测数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/Default.aspx>),数据分辨率为 1 km×1 km。该数据通过对各期 Landsat TM/ETM 遥感影像进行人工目视解译生成,在 ArcGIS 软件中,统计生成不同时期的土地利用/覆被数据。

结合研究区的土地利用特点,参照国家基本资源与环境本底动态遥感调查数据库的分类体系,将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、城乡建设用地、水域和未利用土地 6 类(表 1)。

表 1 土地利用分级系统

分类代码	名称	主要土地利用类型
1	耕地	指种植农作物的土地,包括熟耕地、新开荒地、休耕地、轮休地、草田轮作物地;以种植农作物为主的农果、农桑、农林用地
2	林地	指生长乔木、灌木、竹类等林业用地
3	草地	指以生长草本植物为主,覆盖度在 5% 以上的土地,包括以牧为主的灌丛草地和郁闭度在 10% 以下的疏林草地
4	水域	指天然陆地水域和水利设施用地
5	城乡建设用地	指城乡居民点及其以外的工矿、交通等用地
6	未利用土地	目前还未利用的土地,包括难利用的土地

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化动态分析 为科学客观地分析西藏自治区 21 世纪以来的土地利用时空变化趋势与变化速率,本文结合 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年中国土地利用现状遥感监测数据库,采用单一土地利用类型动态度以及综合土地利用类型动态度来进行分析。

(1)单一土地利用类型动态度

单一土地利用类型动态度是指在研究区域中一定时期内某土地利用类型的变化情况,用以表征不同土地利用类型在一定时期内的时空变化规律。其表达式为:

$$K_i = \frac{U_{ib} - U_{ia}}{U_{ia}} \times \frac{1}{T_b - T_a} \times 100\%$$

式中: K_i 为第*i*类土地利用类型在*a*~*b*时段内的动态度; U_{ia} 、 U_{ib} 分别为*a*、*b*时段第*i*类土地的面积(hm^2); T_a 、 T_b 分别为研究初期*a*与研究末期*b*。

K_i 值越大,代表该类土地转化为其他类型土地的数量越大,在研究期内相对变化程度较大;反之若 K_i 值越小,则代表变化越小。

(2)综合土地利用类型动态度

综合土地利用类型动态度反映研究时段内不同土地利用类型之间变化的整体情况,可以直接表征研究区域土地利用类型变化的剧烈程度,也可用于分析部分与整体以及部分区域之间的综合土地利用变化情况。其数学模型为:

$$K = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{U_{i-j}}{U_{ia}} \right) \right] \times \frac{1}{T_b - T_a} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K 为*T*时段内研究区域的综合土地利用类型动态度; U_{i-j} 为研究初期到末期第*i*类转化为其他类型土地的面积之和。 K 值越大,表示该区域土地利用变化幅度越大;反之若 K 值越小,则表示变化越小。

1.3.2 土地利用转化趋势

(1)土地利用类型转移矩阵。土地利用类型转移矩阵能够反映研究区域内各用地类型的转移方向与转移数量,能够较直观地演示土地利用格局的时空变

化方式。

(2)土地利用类型状态指数。土地利用类型状态指数通过比较土地利用类型的转入速度和转出速度,反映土地利用覆被的变化趋势与状态,对其进行归一化处理得到状态指数。其数学模型为:

$$D_i = \frac{V_{in} - V_{out}}{V_{in} + V_{out}} \quad (3)$$

$$V_{out} = \frac{S_{ia} - US_i}{S_{ia}} \times \frac{1}{T_b - T_a} \times 100\% \quad (4)$$

$$V_{in} = \frac{S_{ib} - US_i}{S_{ia}} \times \frac{1}{T_b - T_a} \times 100\% \quad (5)$$

式中: D_i 为土地利用类型状态指数; V_{in} 、 V_{out} 分别为土地利用类型转入速度和转出速度; S_{ia} 、 S_{ib} 为研究初期*a*与研究末期*b*第*i*类土地利用类型的面积(hm^2); US_i 为土地利用类型中未发生变化的部分(hm^2)。

当 $-1 \leq D_i \leq 0$ 时,从研究初期*a*到研究末期*b*土地利用类型*i*的转入速度大于转出速度,其面积减少,处于“缩减”状态,反之则处于“扩张”状态。

1.3.3 土地利用程度变化与区域差异 土地利用程度通过构建土地利用程度综合指数模型进行量化,主要反映人类活动对研究区域土地利用变化的影响程度。其数学模型为:

$$I = 100 \times \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i) \quad (6)$$

土地利用程度变化模型可定量描述研究区域土地利用综合变化趋势以及整体水平。其数学模型为:

$$\Delta I_{b-a} = I_b - I_a = \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia}) \right] \times 100 \quad (7)$$

$$R = I_{b-a} / I_a \quad (8)$$

式中: I 为土地利用程度综合指数; A_i 为第*i*级土地利用程度分级指数; C_i (%)为第*i*级土地利用程度的面积百分比; ΔI_{b-a} 为土地利用程度综合变化指数; I_a 、 I_b 分别为研究区域时间*a*、*b*的土地利用程度综合指数; C_{ia} 、 C_{ib} 分别为时间*a*、*b*第*i*等级的土地利用程度的面积百分比(%); R 为土地利用程度变化率(%)。若 $R > 0$ 则表示研究区域土地利用正处于发展期,否则处于调整期或衰退期。 A_i 的取值情况参考刘纪远等^[20]提出的土地利用程度分级(表 2)。

表 2 土地利用程度分级赋值

土地利用分级类型	土地利用类型	分级指数
未利用土地级	未利用土地或难利用地	1
林、草、水用地级	林地、草地、水域	2
农业用地级	耕地、园地、人工草地	3
城镇聚落用地级	城镇与农村建设用地、工矿用地、交通用地	4

2 结果与分析

2.1 西藏自治区 2000—2020 年 LUCC 总体特征

利用 ArcGIS 10.2 软件对西藏自治区 2000 年、2005

年、2010 年、2015 年、2020 年 5 期土地利用遥感影像解译数据进行统计分析,得到 5 个时间节点上 LUCC 的空间格局。由表 3 可知,总体来看,西藏自治区土地利用类型以草地、林地与未利用土地为主,3 种地类占全区土地

总面积的 90% 以上。从空间结构看,西藏自治区耕地面积较小,分布零星,主要集中于一江三河流域,耕地分布受水源地分布、海拔以及坡度等影响较大;林地较集中,主要分布于藏东南高山峡谷地带;受高原气候高寒缺氧的影响,草地分布于西藏自治区各地;水域用地主要包括西藏境内一江三河流域以及各地广泛分布的湖泊和永久冰川所占土地;城乡建设用地呈现零星分布,主要分布在各地级市以及乡镇所在地;未利用土地广泛分布于西藏自治区各地市,以藏西北草原地区分布较为集中。从不同研究时段看,2000—2020 年,草地持续减少。城乡建设用地持续

上升,且增加面积呈现逐时段上升。耕地与水域呈现先下降后上升的趋势,2000—2015 年面积逐年下降,在 2015—2020 年反弹上升。林地与未利用土地呈现“升—降—升”的趋势,林地与未利用土地前期变化面积均较少,在 2015—2020 年变化显著增强。

2.2 西藏自治区 2000—2020 年土地利用变化速度与时空特征

2.2.1 单一土地利用类型变化速度 根据西藏自治区 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年、2020 年 5 期遥感影像解译数据计算出各土地利用类型面积变化情况以及单一动态度(表 3)。

表 3 2000—2020 年西藏自治区各土地利用类型面积变化及动态度

土地利用类型	2000—2005 年		2005—2010 年		2010—2015 年		2015—2020 年		2000—2020 年	
	变化面积/hm ²	动态度/%	变化面积/hm ²	动态度/%	变化面积/hm ²	动态度/%	变化面积/hm ²	动态度/%	变化面积/hm ²	动态度/%
草地	-5241.75	0	-535.96	0	-73520.87	-0.02	-28478254.49	-6.79	-28557553.07	-1.70
城乡建设用地	2853.32	4.61	200.00	0.26	5581.93	7.23	32414.18	30.84	41049.43	16.57
耕地	-659.04	-0.03	-100.00	0	-2470.93	-0.11	292767.44	13.48	289537.46	3.31
林地	189.39	0	0	0	-2007.41	0	3981457.46	6.46	3979639.43	1.61
水域	-5540.57	-0.02	520.07	0	58534.00	0.22	2297429.25	8.54	2350942.75	2.21
未利用土地	8398.65	0.01	-84.11	0	13883.29	0.02	21874186.16	24.92	21896384.00	6.25

由表 3 可知,西藏自治区单一土地利用动态度增幅最大的地类为城乡建设用地,总体动态度为 16.57%,在 4 个研究时段中均为单一动态度最高的地类,且动态度增加速度呈加快趋势。2010—2015 年,单一土地动态度有所上升,最高的仍然是城乡建设用地,其次为水域用地;2015—2020 年,单一土地动态度有较大增长,其中以城乡建设用地最高,其次为未利用土地、耕地以及水域。

2.2.2 土地利用综合变化及其区域差异 总体而言,西藏自治区土地利用综合动态度变化较强的区县

集中于藏东南地区(图 2),包括山南、林芝、昌都、拉萨以及日喀则东部各区县,综合动态度变化呈现上升趋势。2000—2005 年,大部分区县的综合动态度为 0,仅少数几个区县土地利用状况有所变化;2005—2010 年,绝大部分区县无变化;2010—2015 年,西藏自治区土地利用综合动态度呈现显著提高,很多区县土地利用发生变化;2015—2020 年,西藏自治区土地利用变化达峰,动态度较高的区县主要集中于一江两河流域以及东部的昌都市各区县。

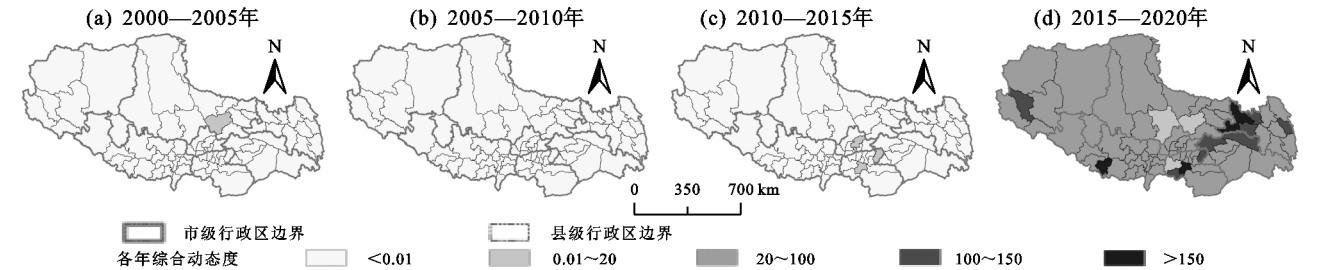


图 2 西藏自治区 2000—2020 年综合土地利用动态度

2.3 西藏自治区 2000—2020 年土地利用变化过程及转化趋势

2.3.1 土地利用变化过程 根据西藏自治区 2000—2020 年 4 个时间段的土地利用转移矩阵(表 4)。从不同时间段来分析,2000—2005 年,西藏自治区零星存在土地利用变化状况,大部分土地利用类型未发生变化。2005—2010 年,土地利用变化程度有所缩减。2010—2015 年,土地利用变化开始增强,城乡建设用地转出中大部分转化成草地,而转入主要来源于草地、耕地以及林地;耕地转出主要为城乡建设用地与

水域,耕地转入主要来源于草地以及林地。2015—2020 年土地利用变化扩大到全区范围,城乡建设用地转出方向最主要是草地、耕地以及林地,城乡建设用地转入主要来源为草地与耕地;耕地也表现出转入大于转出的态势,主要流向草地与林地,主要来源为草地与林地。

2.3.2 土地利用转化速度分析 根据各研究时段不同土地利用类型的状态指数(表 5)。草地的状态指数在研究期间均较低,草地转出速度远大于转入速度,处于极不平衡的利用状态;城乡建设用地的状态

指数在波动中有所下降,但仍为所有地类中最高的,城乡建设用地始终保持较高强度的发展;耕地的状态指数经历了先降后升的历程,耕地转入速度逐渐赶超转出速度;林地则经历了“升—降—升”的波动发展,状态指数波动上升,西藏自治区林地面积也在波动中有一定上升;水域呈现先降后升的趋势,2000—2005

年水域转入转出速度基本平衡,转出速度略高于转入速度,2005—2020 年,水域转出速度远低于转入速度,这与全球气候变化对青藏高原冰川的影响有较大关系;未利用土地在 2000—2015 年状态指数趋近于 0,西藏未利用土地发展较平衡,但 2015—2020 年未利用土地状态指数有所提升。

表 42000—2020 年西藏自治区土地利用类型转移矩阵

单位:hm²

年份	类型	2005						
		草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用土地	总计
2000	草地	84020765.76	1714.19	868.30	0	1863.73	1270.02	84026482.00
	城乡建设用地	3.08	12374.69	12.71	0	0	0	12390.47
	耕地	33.79	1154.92	436109.69	626.70	19.58	0	437944.68
	林地	0	0	219.80	12331644.47	174.11	231.32	12332269.69
	水域	170.43	0	63.94	158.79	5322465.63	7925.60	5330784.39
	未利用土地	267.19	0	11.19	29.12	720.78	17537103.97	17538132.26
	总计	84021240.25	15243.79	437285.63	12332459.08	5325243.82	17546530.91	119678003.48
年份	类型	2010						
		草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用土地	总计
2005	草地	84020667.87	100	0	0	414.55	57.82	84021240.25
	城乡建设用地	0	15243.79	0	0	0	0	15243.79
	耕地	0	100	437185.63	0	0	0	437285.63
	林地	0	0	0	12332459.08	0	0	12332459.08
	水域	33.33	0	0	0	5325209.10	1.38	5325243.82
	未利用土地	3.08	0	0	0	140.23	17546387.60	17546530.91
	总计	84020704.28	15443.79	437185.63	12332459.08	5325763.89	17546446.80	119678003.48
年份	类型	2015						
		草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用土地	总计
2010	草地	83932381.27	2779.31	263.83	489.21	52887.87	31902.78	84020704.28
	城乡建设用地	123.64	15295.30	24.85	0	0	0	15443.79
	耕地	315.50	1783.24	433970.74	312.40	803.75	0	437185.63
	林地	1206.89	939.78	389.60	12329316.02	530.86	75.93	12332459.08
	水域	3949.91	128.08	65.67	320.60	5305337.10	15902.22	5325703.58
	未利用土地	9206.20	100	0	13.45	24678.00	17512449.15	17546446.80
	总计	83947183.41	21025.72	434714.70	12330451.67	5384237.58	17560330.09	119677943.17
年份	类型	2020						
		草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用土地	总计
2015	草地	44619771.50	28078.42	407956.29	5824950.78	2995695.79	30055182.40	83931635.18
	城乡建设用地	3413.55	8787.34	5216.98	1694.19	988.16	918.53	21018.75
	耕地	168405.25	8638.36	114672.43	91511.95	30423.09	20825.01	434476.09
	林地	3078007.63	2732.32	158819.68	8690519.40	109806.55	287260.80	12327146.39
	水域	827138.32	3190.09	22950.46	151925.58	3274662.65	1101539.72	5381406.83
	未利用土地	6756644.43	2006.41	17627.68	1548001.93	1267259.85	7961647.57	17553187.86
	总计	55453380.69	53432.93	727243.53	16308603.84	7678836.08	39427374.03	119648871.11

表 52000—2020 年西藏自治区土地利用类型状态指数

年份	草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用土地
2000—2005	—0.85	0.99	—0.22	0.13	—0.50	0.80
2005—2010	—0.88	1.00	—1.00	0.00	0.88	—0.42
2010—2015	—0.71	0.95	—0.62	—0.47	0.59	0.17
2015—2020	—0.57	0.57	0.31	0.35	0.35	0.53
2000—2020	—0.57	0.76	0.31	0.35	0.36	0.53

2.4 西藏自治区 2000—2020 年土地利用程度综合指数特征及其时空差异分析

西藏自治区土地利用程度在 2000—2015 年基本无较大变化,2015—2020 年呈现较大变化(图 3),2000—2015 年,土地利用程度扩张的区县集中于经济社会较发达的一江两河流域,而土地利用程度衰退的区县集中于西部生态较脆弱区域以及藏东高山峡谷区域;2015—

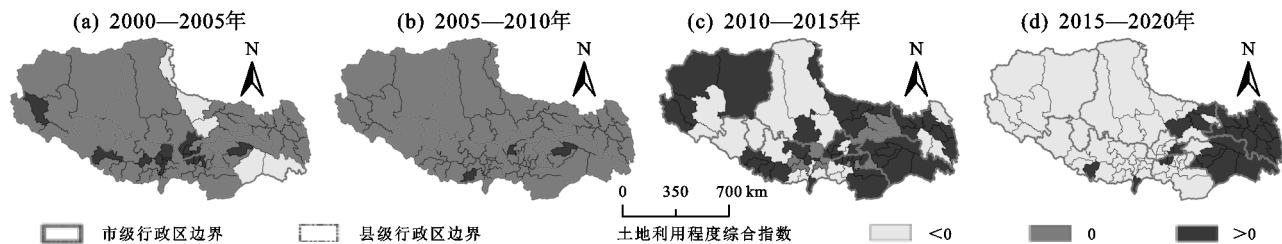


图 3 西藏自治区 2000—2020 年土地利用综合指数

2.5 西藏自治区 LUCC 驱动因素分析

西藏自治区 LUCC 受到自然条件约束大。西藏的城乡建设用地与耕地分布受海拔坡度的深刻影响,主要分布在“一江三河”地区(雅鲁藏布江、拉萨河、年楚河、尼洋河)及“三江流域”(金沙江、澜沧江、怒江)中部的两岸谷地,耕地面积占全区耕地面积的 70% 以上^[18];西藏的林地分布同样受到海拔高度的强烈制约,林地主要分布在藏东林芝、昌都的高山峡谷地区,其余各市林地分布较少,仅河谷区域有零星分布。受全球气候变暖的影响,青藏高原作为全球“第三极”也出现了冰川融化、河流水量增多的现象,旁多水利枢纽、拉洛水利枢纽等大型水库的投产使用也增加了一江三河流域的河湖水体面积,水域面积有一定增加。

通过分析上文对西藏自治区 LUCC 变化情况发现,社会经济因素对西藏 LUCC 具有一定影响。2010 年 5 月开始全国各省开始选派优秀干部援藏,伴随着西部大开发战略进入新阶段,西藏经济社会出现腾飞式发展,现代化城镇化不断推进,经济水平得到长足发展,引发 LUCC 状况出现剧烈变化,得益于经济水平的提升,研究期间城乡建设用地增长迅速;同时,由于经济的高速增长,间接对生态环境造成一定破坏,环境污染使得大面积草地退化成未利用地;耕地面积变化与人口变迁有一定关系,在拉萨、日喀则、山南、林芝等地区城镇发展快,通过征地侵占大量优质耕地用以发展城镇,大量人口从农村迁出,前往城市打工,农业劳动人口缺失,为城乡建设用地侵占耕地造成客观条件,同时,得益于相对较好的区位优势环境,上述区域的城乡建设用地增长速度也较快。

LUCC 情况也能够体现政府决策的影响与导向作用,由于国土空间规划体系制定的土地用途管制政策,在一定程度上限制了建设用地的无序扩张,得益

于退耕还林还草、耕地保护、闲置宅基地复垦、天然林保护等政策,西藏土地利用有序发展,未出现严重破坏环境的土地利用方式,2018 年,西藏自治区党委、政府决定实施极高海拔地区生态搬迁规划,将海拔 5 000 m 以上不适宜人类居住区域的区县、乡镇整体搬迁至适宜居住的区域,主要由那曲市双湖县、安多县、尼玛县搬迁至山南市贡嘎县,也带动搬迁区域城乡建设用地面积在 2015—2020 年出现一定变化,但由于生态搬迁工程并非一蹴而就,上述区域的城乡建设用地变化也将在一段时间后才能完全体现。林地的增加主要受到 20 世纪初期退耕还林政策的影响,相当面积的耕地转移成林地,中期有部分时间林地呈现下降态势,主要原因是城市的无序扩张侵占了部分林地,后期植树造林工程大量增加了林地的面积。未利用土地的增长归因于大部分牧区的过度放牧和高原生态脆弱性导致的生态退化,藏北区域牧业发达,生态环境更加脆弱,大量草地退化成未利用土地。

3 讨论

(1)与已有研究^[13,17,19,21]结论类似,造成西藏自治区土地利用现状格局并非单一因素影响的结果,土地利用变化受到脆弱的生态环境与落后的经济社会发展水平的综合影响。本文通过分析 21 世纪前 20 年西藏自治区的土地利用变化特征与变化趋势发现,自然条件对土地利用格局具有决定性作用,西藏耕地、水域、林地以及城乡建设用地布局基本遵循自然规律,集中分布于地势较低、生态环境较优的区域。在近 20 年来经济社会发展、政策变更等宏观因素的影响下,尤其是近 5 年来受多种因素的综合影响,西藏土地利用状况也不断发生变化。西藏土地利用格局呈现多样化发展趋势,这与自治区政府相关决策规划、社会经济跨越式发展以及全球气候变化等宏观因

素密切相关。本文对近年来西藏 LUCC 情况进行详细剖析,深入分析其变化驱动因素,并为下一步西藏自治区政府提升生态系统服务价值、构建国土空间规划体系提供依据。

(2)西藏自治区 LUCC 在近 5 年来发生重大变化,尤其是由于全球气候变暖导致的草地面积萎缩、冰川面积减少以及河流湖泊面积增大情况加剧,青藏高原作为“亚洲水塔”“世界第三极”的巨大生态价值也受到越来越多的重视与关注。为防止高原生态环境继续恶化,建议研究区在结合自身实际情况的基础上合理制定生态环境政策,限制高污染企业建设,积极修复受损环境、降解污染物,重点保护水资源、土地资源不受污染;提升西藏生态承载力,保护生态系统服务价值,防止生态环境恶化,西藏自治区由于海拔较高、经济水平薄弱,生态保护能力较弱,应秉承系统思维,打破地域限制,与下游四川、云南、重庆等省市合作共建长江上游生态屏障。

(3)基于本文研究,西藏自治区 LUCC 受经济社会及政策影响较大,在下一步发展中需要更加明确的土地利用政策与更加完善的国土空间规划体系,坚持节约集约用地,充分利用闲置土地,对于不同基础条件的区域需要制定不同的土地政策,因地制宜发展。在一江三河流域适宜发展农业,可以充分发掘现有农田的生产潜力,及时排查撂荒耕地;藏东峡谷区域宜林宜草,但河流下切作用明显,可增加森林郁闭度,有助于防治水土流失,改善区域生态环境,保护高原区域生物多样性;羌塘高原与阿里高原区域地广人稀、生态脆弱,应当编制以生态环境保护为主要目标的规划,在保护中适当开发观光旅游为主的产业,减少人类活动对生态环境的影响与破坏。

4 结 论

(1)研究区主要土地利用类型为草地、未利用地、林地,占全区土地总面积的 90% 以上。西藏 LUCC 呈现明显时空差异,从时间上来看,LUCC 呈现明显的由弱增强的趋势,并于 2015—2020 年达到最高值,各地类变化活跃;从空间上来看,LUCC 变化广泛存在于研究区域全境,受人类影响较大的耕地、城乡建设用地变化大部分分布于经济社会发达的拉萨、日喀则、山南 3 市,其余地类的变化区域更加广泛,研究区域 7 个地市均有相关变化。

(2)土地利用类型转换复杂,各地类变化特征存在显著差异。其中变化量最大的是草地与未利用土地的相互转换,研究期内,城乡建设用地共增长 $4.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其平均状态指数 0.76,且面积逐年递增,草

地共减少 $28.56 \times 10^6 \text{ hm}^2$,其平均状态指数 -0.57,面积逐年递减;水域用地受工程建设和气候变暖综合影响,面积有明显提升。

(3)西藏 LUCC 的驱动因素较为复杂,气候变化和人类活动对研究区土地利用变化驱动作用显著。研究期间,气候变化、政策因素及经济社会发展等因素对研究区土地利用变化驱动作用显著,气候变化主要对水域面积的扩张和转移以及草地退化为未利用土地有影响,政策因素和社会经济发展等人为活动主要导致城乡建设用地、耕地以及林地的增加。

参考文献:

[1] 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):148-154,197.

[2] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等.1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J].地理学报,2014,69(1):54-63.

[3] 何春阳,张金茜,刘志锋,等.1990—2018 年土地利用/覆盖变化研究的特征和进展[J].地理学报,2021,76(11):2730-2748.

[4] Calvin K, Bond- Lamberty B, Jones A, et al. Characteristics of human- climate feedbacks differ at different radiative forcing levels [J]. Global and Planetary Change,2019,180:126-135.

[5] Verburg P H, Crossman N, Ellis E C, et al. Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective [J].Anthropocene,2015,12:29-41.

[6] Edwards D P, Socolar J B, Mills S C, et al. Conservation of tropical forests in the Anthropocene [J].Current Biology 2019,29(19):1008-1020.

[7] Thornton P E, Calvin K, Jones A D, et al. Biospheric feedback effects in a synchronously coupled model of human and Earth systems [J].Nature Climate Change, 2017,7(7):496-500.

[8] Wang X C, Dong X B, Liu H M, et al. Linking land use change, ecosystem services and human well-being: A case study of the Manas River Basin of Xinjiang, China [J].Ecosystem Services,2017,27:113-123.

[9] Xu Y, Tang H P, Wang B J, et al. Effects of land- use intensity on ecosystem services and human well- being: A case study in Huailai County, China [J].Environmental Earth Sciences,2016,75(5):416-426.

[10] Leviston Z, Walker I, Green M, et al. Linkages between ecosystem services and human wellbeing: A Nexus Webs approach [J].Ecological Indicators,2018, 93:658-668.

[11] Steffen W, Richardson K, Rockström J, et al. Plane-

- tary boundaries: Guiding human development on a changing planet [J]. *Science*, 2015, 347: 736-747.
- [12] 崔旺来, 蔡莉, 奚恒辉, 等. 基于土地利用/覆盖变化的浙江大湾区生态安全评价及多情景模拟分析[J]. *生态学报*, 2022, 42(6): 2136-2148.
- [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] 童小容, 杨庆媛, 毕国华. 重庆市 2000—2015 年土地利用变化时空特征分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(11): 2481-2495.
- [15] 王颖慧, 丁建丽, 李晓航, 等. 伊犁河流土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响: 基于强度分析模型[J]. *生态学报*, 2022, 42(8): 3106-3118.
- [16] 孙彦旭, 周自翔, 米朝娟. 基于土地利用覆被变化 (LUCC) 的人类活动与流域生物多样性灰色关联分析[J]. *干旱区研究*, 2021, 38(6): 1782-1792.
- [17] 武爽, 冯险峰, 孔玲玲, 等. 气候变化及人为干扰对西藏地区草地退化的影响研究[J]. *地理研究*, 2021, 40(5): 1265-1278.
- [18] 杨春艳, 沈渭寿, 王涛. 近 30 年西藏耕地面积时空变化特征[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(1): 264-271.
- [19] 闫立娟. 气候变化对西藏湖泊变迁的影响 (1973-2017) [J]. *地球学报*, 2020, 41(4): 493-503.
- [20] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. *地理学报*, 2014, 69(1): 3-14.
- [21] 陈安, 李景吉, 王茂生, 等. 西藏“一江两河”流域生态系统服务变化及权衡与协同关系研究[J]. *水土保持研究*, 2022, 29(2): 313-319.
- (上接第 172 页)
- [12] 高桥浩一郎, 王长根. 根据月平均气温, 月降水量推算蒸散量[J]. *气象科技*, 1980(增刊 4): 50-52.
- [13] 陈佳龙. 2015 年夏季那曲地区温度变化特征研究[J]. *自然科学*, 2021, 9(5): 617-625.
- [14] 王红瑞, 叶乐天, 刘昌明, 等. 水文序列小波周期分析中存在的问题及改进方式[J]. *自然科学进展*, 2006, 16(8): 1002-1008.
- [15] 施雅风. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [16] 张强, 杨金虎, 王玮, 等. 西北干旱区气候暖湿化的进程和多尺度特征及其对生态植被的影响[J]. *气象学报*, 2021, 18(1): 113-127.
- [17] Luo P P, Sun Y T, Wang S T, et al. Historical assessment and future sustainability challenges of egyptian water resources management [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 263(2): e121154.
- [18] Huo A D, Peng J B, Cheng Y X, et al. Hydrological analysis of loess plateau highland control schemes in Dongzhi Plateau [J]. *Front Earth Science*, 2020, 8(2): e528632.
- [19] 张强, 朱飙, 杨金虎, 等. 西北地区气候湿化趋势的新特征[J]. *科学通报*, 2021, 66(28): 3757-3771.
- [20] 闫宝伟, 刘昱, 江慧宁, 等. 考虑降雨空间异质性的动态临界雨量预警指标推求[J]. *水利学报*, 2020, 51(3): 342-348.
- [21] 师玉峰, 梁思琦, 彭守璋. 1901—2017 年黄土高原地区气候干旱的时空变化[J]. *水土保持通报*, 2020, 40(1): 283-289, 325.
- [22] 朱海, 黄观文. 毛乌素沙地地区 1960—2018 年气温时空特征分析[J]. *测绘地理信息*, 2021, 46(增刊 1): 276-281.
- [23] 张乐艺, 李霞, 冯京辉, 等. 2000—2018 年黄河流域 NDVI 时空变化及其对气候和人类活动的双重响应[J]. *水土保持通报*, 2021, 41(5): 276-286.
- [24] 胡永宁, 秦艳, 王林和, 等. 1960—2009 年毛乌素沙地腹地气候变化的多重时间尺度分析: 以乌审旗为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(2): 124-130.
- [25] Zhu Y H, Zhang S, Luo P P, et al. Assessing eco-hydrological factors variations and their relationships at different spatio-temporal scales in semiarid area, northwestern China [J]. *Advances in Space Research*, 2021, 67(8): 2368-2381.
- [26] Zhu Y H, Luo P P, Zhang S, et al. Spatiotemporal analysis of hydrological variations and their impacts on vegetation in semiarid areas from Multiple Satellite Data [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(24): 4177-4196.
- [27] 杨梅焕, 张美晨. 毛乌素沙地东南缘 NDVI 植被变化特征分析[J]. *地理空间信息*, 2020, 18(5): 105-108.
- [28] 郭紫晨, 刘树林, 康文平, 等. 2000—2015 年毛乌素沙区植被覆盖度变化趋势[J]. *中国沙漠*, 2018, 38(5): 1099-1107.
- [29] 程杰, 杨亮彦, 黎雅楠. 2000—2018 年陕北地区 NDVI 时空变化及其对水热条件的响应[J]. *灌溉排水学报*, 2020, 39(5): 111-119.