

基于遥感监测的贵州省森林斑块演变分析

袁晓冬^{1,2}, 马良瑞^{2,3}, 李 龙³

(1. 贵州师范大学 继续教育学院, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州师范大学 GIS 与遥感重点实验室, 贵州 贵阳 550001; 3. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001)

[关键词] 森林斑块演变; 植树造林; 退耕还林; 遥感; 贵州

[摘要] 贵州省是一个典型的喀斯特石漠化高度发育、易发生水土流失的山地省, 加之大面积原生森林受耕地侵占而消失, 生态环境日益恶化, 因而成为实施森林植被恢复工程的典型热点区域。基于覆盖贵州省全境的大尺度长时相卫星遥感数据, 监测该地区 1988—2010 年 22 年间森林及相关植被斑块的结构特征和斑块的迁移转化, 并结合驱动因素分析, 研究了植树造林、育林和退耕还林三大植被恢复工程在贵州森林及相关斑块演变中所起到的作用以及对于植被增长的效应、效益。研究表明, 1988—2010 年贵州省新增森林面积 11 018.04 km², 实施造林工程的土地面积至少达到 29 049.04 km², 22 年间平均造林成功率最高为 67.03%。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2017)08-0054-04

1 研究背景

我国的造林工程举世瞩目。在近几年世界森林面积不断减少的情况下, 中国是为数不多的森林面积净增长的国家之一, 而且增长率居世界前列, 原因来自于大规模的植树造林活动^[1]。贵州省是一个以农业为主的落后省份, 贫穷和喀斯特石漠化使这里闻名全国, 近年来当地农民因贫穷大肆开辟森林为耕地, 造成了更严重的石漠化灾害, 反作用于当地农业, 使农业受到重创, 农民更加贫困^[2-4]。因此减少水土流失, 减少石漠化, 减少不合理开垦的耕地, 恢复耕地上原有的森林植被, 是掐断上述恶性循环, 拯救当地脆弱的生态环境和地地关系的必由之路。而被耕地侵占的林地、典型的喀斯特石漠化地区和易发生水土流失的山地, 无疑成为植树造林、育林和退耕还林等造林工程的理想地点。

有文献表明, 贵州省的石漠化在近年来得到了一定控制, 水土流失有所减轻^[5-7], 不合理开垦的耕地尤其是坡耕地面积大量缩减^[8-10]。这反映了一系列生态措施的成功实施所带来的积极成效, 但是从森林植被的角度去监测和分析当地的造林工程, 研究贵州森林植被是怎样得到恢复和增长的, 监测森林斑块在几十年的时间里发生了怎样的迁移和变化, 监测并分析植树造林、育林和退耕还林三大植被恢复工程在贵州省造林工程中分别有怎样的贡献等却鲜有研究提及, 而缺少的这类调查和研究正是对造林工程最直接、严谨、科学、客观的定量反映和评价。

本研究基于覆盖贵州省全境的大尺度长时相卫星

遥感数据, 通过建立严格的土地分类框架, 在分类和图像斑块解译上严格区分各类植被斑块, 监测分析研究区森林及相关植被斑块的结构和斑块迁移转化的证据, 结合森林斑块演变的驱动因素分析, 联系植树造林、育林和退耕还林三大植被恢复工程, 研究时段内与各工程相关的斑块变化, 分析并统计出贵州省植树造林工程情况。本研究方法和结论无论是对贵州省的造林工程监测、大尺度和长时段下的森林资源数据储备、森林植被的恢复和保护, 还是对森林斑块的演变和迁移研究皆可提供有益的补充、借鉴和参考。

2 研究方法

2.1 数据来源与土地覆盖斑块分类框架

因 1988 年贵州省森林斑块呈现较为原始的状态, 尚未受到近年的植树造林工程影响, 故将 1988 年作为调查研究的起始时间点; 因 2010 年为上一轮贵州省退耕还林结束的时间, 而新一轮的植树造林工程尚在进行中, 故将 2010 年作为考察贵州省森林斑块变化的结尾时间点。选择 1988 年和 2010 年夏季少云天气情况下的两期 40 m 分辨率 Landsat TM 遥感影像作为地表覆盖数据源。参考与 Landsat 卫星匹配的 Anderson 的遥感影像土地覆盖分类系统^[11]和我国国标《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007), 根据贵州省土地覆盖具体特征, 制定出涵盖 7 种地类的土地覆盖分类框架, 见表 1。

2.2 森林斑块变化与驱动因素

根据当地情况和学界对于森林斑块变化的研究经

表1 贵州省土地覆盖分类框架

地类	描述
城市	具有高反射特性,包括城市建筑、道路、建筑工地等人工地面
旱地	种植旱生作物的旱耕地
水田	种植水生作物的耕地
森林	以高大乔木为主的林地,包括天然林与人工林
灌木林	以次生灌木为主的林地,包括人工灌木果园、茶园和天然灌木林
草地	以草本植物为主且覆盖度大于40%的土地
裸岩地	草地覆盖度低于40%,基岩裸露的土地
水域	江河湖泊、坑塘和水库等水体

验,森林斑块的变化可能是下列公认事件的综合结果:火灾、自然灾害、病害和虫害、开垦、修筑房屋或道路、村民砍伐薪柴或木材、人类活动间接干扰带来的森林植被退化而导致的森林面积减少、造林失败,以及灌木林、草地自然演替为森林。

随着政府20世纪90年代开始陆续推出一系列法律法规严格禁止破坏森林,开垦、修筑房屋或道路等建设活动不再成为驱动森林面积减少的主要因素,加之农村的燃料结构已由木柴转变为煤、电和气,也减少了村民为了获取薪柴和木材而破坏森林的行为。而由于没有充分的统计数据和相关研究表明研究时段内受火灾、自然灾害、病虫害导致的森林面积减少程度和位置,本研究无法将这些影响事件独立出来并将影响程度量化,因而22年内森林斑块的减少涵盖了所有这类自然事件的结果。

对人工经济林进行合法的木材砍伐这种情况,我们无从得知全省所有的经济林种植位置,无法对其进行量化并在统计和分析中精确独立列出其影响(尤其在评估造林成功率的时候)。但如果砍伐量较大,被砍伐后种植的树苗短期内难以郁闭成林,该土地类型在影像上呈现的特征与草地相同,生态功能也更接近草地。因而我们遵循影像数据,将其解译为草地,而不是国标建议的划归为林地下的未成林地。大量砍伐导致林地影像上呈现明显转化为草地的现象本质,仍然为人类活动影响下的森林植被退化事件。

虽然灌木林和草地理论上可自然演替为森林,但相关研究指出,在贵州省大面积的喀斯特地区,土层较薄,土壤贫瘠,加之人口众多,在人类活动强烈干扰下,灌木林和草地短时间内几乎无法自然演替为森林植被^[12-13]。因此,灌木林和草地在非人工干预下转变为森林的情况被排除,所有的灌木林和草地转变为森林被认为是人工植树造林、育林的结果。

据以上分析,本研究认定研究时段的22年内造成贵州省森林面积增加的驱动因素主要归于人工植树造林、育林措施;造成森林面积减少的因素来自人类活动

的间接干扰,是火灾、自然灾害、病虫害等一系列自然事件的综合。

2.3 其他斑块变化与驱动因素

除森林之外的斑块之间的变化也可能与植树造林措施相关,并受植树造林驱动,这就是造林失败。受退耕还林措施驱动,耕地可能转变成为森林,但是也存在退耕还林失败,耕地转变成为草地的可能性。贵州省人口众多,耕地面积有限,也无休耕的传统,农民自发荒废耕地使耕地长满荒草的行为所占比例较小,因而旱地斑块转变为草地斑块的事件可视为主要受造林措施驱动退耕还林失败所致,很少部分是受撂荒所致。

此外,可为植树造林提供土地资源的土地覆盖类型理论上包括灌木林地、草地、裸岩地、水田和旱地。若出现造林失败的事件,水田和旱地在卫星影像上表现为水田、旱地消失并转变为草地;灌木林转变为草地的现象也部分源于造林失败产生的植被退化,土地覆盖未发生变化的灌木林地也可能发生了造林失败事件,只是未引起植被的明显退化而无法在土地利用覆盖变化中被识别出来;草地转变为裸岩地部分来源于造林失败产生的植被退化,部分来源于人类活动的间接干扰,这种现象就是喀斯特石漠化。在草地尝试造林并失败,在裸岩地尝试造林并失败,裸岩地的影像特征和土地覆盖类型仍维持不变。草地是在造林出现失败后,地表覆盖特征最不容易发生可识别变化的地类。

综上,造林失败事件在遥感影像中包括了所有水田、旱地转变为草地的现象和一部分灌木林转变为草地的现象。而在裸岩地、草地和部分灌木林地的造林失败事件无法被识别与侦测。

3 结果与分析

3.1 土地覆盖显示的22年内森林及相关斑块变化

表2土地覆盖变化显示,1988年森林为第四大覆盖类型,面积达到26 502.79 km²;至2010年,在22年的时间里,研究区最显著的变化是森林斑块的增加,增至37 520.83 km²,净增长了11 018.04 km²,跃升为第二大土地覆盖类型,占贵州省总面积的21.31%。草地是2010年占比最高的土地覆盖类型,达到25.7%,比1988年增加了9 287.90 km²,是22年中增长幅度仅次于森林的地类。灌木林地是22年中面积减少最多的土地覆盖斑块,面积一共净减少了9 374.64 km²,占1988年灌木林地总面积的28.44%。22年间,裸岩地、水田和旱地均出现了不同程度的面积减少,分别减少了3 380.61、6 848.57和6 765.30 km²。

表3显示,森林面积出现净增长依赖于灌木林地、草地、裸岩地、水田、旱地的转化,分别为22年内新增

表 2 1988—2010 年贵州省土地覆盖变化 km²

地类	1988 年 面积	2010 年 面积	1988—2010 年 面积变化
森林	26 502.79	37 520.83	+11 018.04
灌木林	32 965.59	23 590.95	-9 374.64
草地	35 976.87	45 264.77	+9 287.90
水域	661.08	676.57	+15.49
城市	792.44	6 840.13	+6 047.69
裸岩地	22 540.10	19 159.49	-3 380.61
水田	14 618.19	7 769.62	-6 848.57
旱地	42 041.18	35 275.88	-6 765.30
总计	176 098.24	176 098.24	

表 3 1988—2010 年土地斑块变化矩阵

地类	森林	灌木林	草地	水域	城市	裸岩地	水田	旱地	1988 年总计
森林	18 049.33	4 824.57	3 322.11	0	73.55	231.13	2.1	0	26 502.79
灌木林	6 657.28	18 539.41	7 618.42	0	150.48	0	0	0	32 965.59
草地	3 741.31	226.97	31 854.62	0	135.6	10.78	1.65	5.94	35 976.87
水域	0	0	0	660.46	0	0	0.62	0	661.08
城市	0	0	0	0	792.44	0	0	0	792.44
裸岩地	2 180.35	0	521.28	0	54.77	18 917.58	0	866.12	22 540.1
水田	863.18	0	29.68	16.11	5 310.09	0	7 765.25	633.88	14 618.19
旱地	6 029.38	0	1 918.66	0	323.20	0	0	33 769.94	42 041.18
2010 年总计	37 520.83	23 590.95	45 264.77	676.57	6 840.13	19 159.49	7 769.62	35 275.88	

1988—2010 年,有总计 13 410.15 km²的其他地类转变为草地,其中灌木林占 56.81%,森林占 24.77%,旱地占 14.31%。与此同时,有总面积 4 122.25 km²的草地转变为其他地类,其中 90.76%转变为森林,5.51%转变为灌木林。

1988—2010 年,有总计 14 426.18 km²的灌木林转变为其他地类,其中转变为森林的占 46.15%,转变为草地的占 52.81%。与此同时,有 5 051.54 km²的其他地类转变为灌木林,其中绝大部分为森林,占 95.51%,剩余的来自草地。

1988—2010 年,有总计 8 271.24 km²的旱地转变为其他地类,其中转为森林的占 72.90%,转为草地的占 23.20%。

另外,尽管森林、灌木林和草地是 22 年间贵州省土地利用变化最为显著的斑块,但仍分别有 18 049.33、18 539.41 和 31 854.62 km²的森林、灌木林和草地未发生可识别的斑块迁移与转化,分别占 1988 年各自地类总面积的 68.10%、56.24% 和 88.54%,占 2010 年各自地类总面积的 48.10%、78.59% 和 70.37%。

3.2 1988—2010 年贵州省植树造林工程情况

根据前文对斑块变化及驱动因素的分析,比对 1988—2010 年研究区实际土地覆盖变化数据,可得到 22 年内贵州省植树造林工程的全貌(表 4)。

由表 4 可知,22 年间,贵州省在总面积至少达到 29 049.04 km²的土地上实施了植树造林工程,并取得了明显成绩(有 19 471.50 km²非森林土地转变为森

森林总面积 11 018.04 km² 贡献了 16.52%、3.78%、17.57%、7.76% 和 54.36%。

1988—2010 年,有总计 19 471.50 km²的非森林土地转变为森林,其中:灌木林地最多,占 34.19%;其次为旱地,占 30.97%;最后分别为草地、裸岩地和水田,各占 19.21%、11.20% 和 4.43%。与此同时,一共有 8 453.46 km²的森林转变为其他地类,其中:灌木林地最多,占 57.57%;其次为草地,占 39.3%;最后分别是裸岩地、城市和水田,各占 2.73%、0.87% 和 0.02%。

表 4 1988—2010 年研究区各地类造林成功/失败面积

地类	造林面积(km ²)			造林成功率 (最高) (%)
	成功面积(至多)	失败面积(至少)	总面积(至少)	
灌木林	6 657.28	7 618.42	14 275.70	46.63
草地	3 741.31	10.78	3 752.09	99.71
旱地	6 029.38	1 918.66	7 948.04	75.86
裸岩地	2 180.35	未知	2 180.35	未知
水田	863.18	29.68	892.86	96.68
合计	19 471.50	9 577.54	29 049.04	67.03

林),这些转变为森林的非森林土地按照面积大小依次为:灌木林地、旱地、草地、裸岩地和水田。这些土地斑块变化的原因包括了在旱地(实际上还包括了少部分水田)实施的退耕还林工程,在灌木林地、裸岩地和草地(实际上还包括了少部分水田)实施的植树造林和育林等工程。

22 年间,有 8 453.46 km²的原生森林(1988 年)在 2010 年被观察到消失,这些原为森林的斑块大部分转变成成为新出现的灌木林和草地,极少量转变为裸岩地、城市和水田。在开垦、村民自发性地修筑房屋和道路、以薪柴和木材为目的的伐木被禁止后,理论上森林的消失只来自于人类直接干扰下的破坏性人工砍伐、人类活动间接干扰下的乔木植被退化和火灾、自然灾害、病虫害等带来的毁林事件;极少量的森林转变为城市和水田的现象应归因于城市化和开垦。

同时,还有 7 618.42 km²的灌木林转变为草地,10.78 km²的灌木林转变为裸岩地。鉴于灌木群落在

贵州很稳定,在 22 年的时段里不会自发逆向演替为草地和裸岩,所以该现象主要是受到了强烈的人类活动直接干扰,部分是受到人类活动间接干扰和火灾、自然灾害、病虫害等影响所致。强烈的人类活动是指造林措施,灌木林的退化主要源于造林失败。有 1 918.66 km²的旱地转变为草地,鉴于旱地撂荒现象较少,旱地转变为草地主要源于退耕还林失败。草地消失而转变为裸岩地的典型喀斯特石漠化现象,部分源于造林失败,部分受植树造林之外的人类活动间接干扰产生。此外,还有 29.68 km²的少量水田转变为草地的现象,这与旱地转变为草地的情况类似。

22 年间反映出造林成功的可识别斑块变化证据包括灌木林、旱地、草地、裸岩地和水田斑块转变为森林斑块,反映出造林失败的可识别斑块变化证据包括森林转变为灌木林、草地、裸岩地,灌木林转变为草地,旱地转变为草地和草地转化为裸岩地。经估算,贵州省 1988—2010 年平均造林成功率最高为 67.03%。

4 结 论

本研究采用覆盖贵州省全域的 Landsat TM 影像,通过遥感解译获得 1988 年和 2010 年两期土地覆盖数据,旨在调查监测 1988—2010 年,在一系列植树造林工程的实施下,贵州省森林的变化详情。研究统计出了 1988—2010 年 22 年间森林及相关斑块的迁移和变化情况,结合相关驱动因素分析,反映了贵州省植树造林工程的实施成果。

(1) 1988—2010 年,贵州省森林面积由 26 502.79 km²增至 37 520.83 km²,净增长了 11 018.04 km²,森林跃升为第二大土地覆盖类型,达到全省总面积的 21.31%。这标志着贵州省的植树造林、育林和退耕还林等植被恢复工程取得了显著的成果。

(2) 1988—2010 年,实施造林工程的土地面积至少达到 29 049.04 km²,包括了灌木林、旱地、草地、裸岩地和水田 5 种地类,其中灌木林、草地和裸岩地斑块转变为森林斑块主要受植树造林、育林措施的驱动,耕地斑块转变为森林斑块主要受退耕还林措施的驱动。

(3) 1988—2010 年,经驱动因素分析和估算,有 9 577.54 km²的土地斑块迁移被视为非自然演变,即为造林失败所致。这些造林失败事件据分析至少涵盖了以下的斑块迁移和转化:7 618.42 km²的灌木林斑块转变为草地,10.78 km²的草地转变为裸岩地,1 918.66 km²的旱地转变为草地和 29.68 km²的水田转变为裸岩地。未引起覆盖类型发生明显改变,因而斑块未发生可识别的迁移和变动的这类造林失败事件无法被统计计算在内,这些覆盖类型包括了灌木林、草地、旱地、裸

岩地和水田。其中草地在造林出现失败后,地表覆盖特征最不容易出现变化。

(4) 1988—2010 年,经估算实施了造林措施的灌木林地总面积至少为 14 275.70 km²,成林至多为 6 657.28 km²;旱地总面积至少为 7 948.04 km²,成林至多为 6 029.38 km²;草地至少为 3 752.09 km²,成林至多为 3 741.31 km²;在裸岩地实施的面积无法估算,成林至多为 2 180.35 km²。22 年间平均造林成功率经估算最高为 67.03%。

[参考文献]

- [1] FAO. Global forest resources assessment 2010; key findings [J]. *Worlds Agriculture, Forestry & Fisheries*, 2010, 57 (4/5): 3-8.
- [2] 袁道先.我国西南岩溶石山的环境地质问题[J]. *世界科技研究与发展*, 1996, 19(4): 21-23.
- [3] 王世杰,李阳兵,李瑞玲.喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(6): 657-666.
- [4] 苏维词.贵州岩溶山区生态系统的脆弱性及其对策[J]. *中国水土保持科学*, 2004, 2(3): 64-69.
- [5] 陈起伟,熊康宁,兰安军.基于 3S 的贵州喀斯特石漠化遥感监测研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2014, 28(3): 62-67.
- [6] 李阳兵,罗光杰,程安云,等.黔中高原面石漠化演变典型案例研究——以普定后寨河地区为例[J]. *地理研究*, 2013, 32(5): 828-838.
- [7] 李建存,涂杰楠,童立强,等.贵州岩溶石漠化 20 年演变特征与影响因素分析[J]. *国土资源遥感*, 2013, 25(4): 133-137.
- [8] 张跃红,安裕伦,马良瑞,等.1960—2010 年贵州省喀斯特山区陡坡土地利用变化[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 878-884.
- [9] 张信宝,王世杰,孟天友.石漠化坡耕地治理模式[J]. *中国水土保持*, 2012(9): 41-44.
- [10] 罗光杰,王世杰,李阳兵,等.岩溶地区坡耕地时空动态变化及其生态服务功能评估[J]. *农业工程学报*, 2014, 30 (11): 233-243.
- [11] ANDERSON J R, HARDY E E, ROACH J T, et al. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data [D]. Sioux Falls, SD, USA: USGS, 1976: 964.
- [12] 屠玉麟.贵州喀斯特灌丛区系与生态特征分析[J]. *贵州师范大学学报:自然科学版*, 1995(3): 1-8.
- [13] 屠玉麟.论亚热带喀斯特植被的顶极群落——以贵州喀斯特植被为例[J]. *贵州林业科技*, 1992(4): 9-15.

[作者简介] 袁晓冬(1986—),男,贵州仁怀市人,讲师,硕士研究生,主要从事 GIS 技术、人文地理、历史地理等方面的研究。

[责任编辑 徐素霞]