

喀斯特小流域土地利用转型对 生态系统服务价值的影响

胡先培 吴帮雄¹

(贵州民族大学 人文科技学院, 贵州 贵阳 550025)

【摘要】: 揭示多因素驱动下喀斯特小流域典型地貌区在土地利用转型中其生态服务价值变化规律。基于印江流域 1995 年、2000 年、2010 年、2017 年 4 期遥感影像, 借助 GIS 和 RS 技术解译数据, 通过对流域实地调研对数据进行验证并修正; 结合流域的实际生产情况对生态服务价值系数进行修正, 通过对土地利用转移矩阵、动态度、生态服务价值指标的计算。结果表明: 1) 旱地呈现逐年减少趋势, 建设用地占流域面积虽小, 但呈现逐年递增趋势, 林地在该流域属面积优势地类且逐年递增。2) 全区中低覆盖草地、高覆盖草地、灌草地、建设用地在研究期间变化最为激烈, 流域的土地利用方式受河流和地形地貌影响较大。3) 流域内总生态系统服务价值 (ESV) 从不同时期来看, 1995 年 ESV 最高, 2000 年 ESV 最低, 2010—2017 年间变化最快, 生态服务价值总量总体趋势呈现出 U 形状, 先减少再增加, 生态系统环境由差向好的势头不断转变。4) 单项生态服务价值除废物处理功能增长以外, 其他生态服务都呈现下降趋势, 这也说明在流域内的生态环境保护政策及土地利用转型在短期对生态环境改善见效慢的特点。

【关键词】: 喀斯特流域 土地利用转型 生态系统服务价值 (ESV) GIS

【中图分类号】: F301; Q146 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1003-6563 (2020) 06-0049-09

0 引言

土地作为人类必不可缺的资源, 其利用变化对土地覆被和陆地生态系统的影响远大于其他自然要素^[1]; 人类根据社会经济发展需求对土地利用类型做出改变, 形成了土地利用变化^[2]。土地利用变化会直接影响生态系统过程, 从而使得区域内的生态系统服务价值发生改变, 影响生态系统的服务能力^[3]; 而生态服务价值是指人类直接或间接从生态系统中获得利益, 主要包括向经济社会系统输入有用物质和能量, 接受和转化来自经济社会系统的废弃物, 以及直接向人类社会成员提供服务^[4]。Costanza^[5]最先对全球生物圈生态服务价值进行了估算, 为生态服务价值研究奠定了基础。傅伯杰等^[6]较为详细地论述了生态系统服务价值的概念; 谢高地等^[7-9]在 Costanza 等的研究方法的基础上进行多次改进, 最终得出适合我国国情的 ESV 当量系数。随着生态系统服务价值重要意义日益凸显, 许多学者在土地利用转型生态系统服务的产生影响等方面进行了大量的研究^[10-13]; 这些研究均表明以土地利用结构为指标来对 ESV 进行评估是可行的, 但目前自然承载力差、人地矛盾突出的喀斯特小流域研究不足。而这方面的研究对揭示喀斯特小流域地区的土地利用转型及生态系统服务价值的时空分布特征和变化规律具有重要意义。

贵州喀斯特地区是生态环境较敏感地区^[14], 社会经济条件相对较差, 人地矛盾尖锐, 一些不合理的土地利用导致石漠化严重, 导致越垦越贫的死循环局面^[15-16]; 喀斯特小流域是典型的喀斯特地貌, 地形崎岖、山高谷深, 土地利用空间布局差异显著, 人口随着流域分布且相对集中。在近几年贵州经济快速发展和土地利用排放转型的大背景下, 探寻其土地利用转型的规律及其

¹作者简介: 胡先培 (1993-), 男, 贵州盘州市人, 硕士, 贵州民族大学人文科技学院教师。

基金项目: 贵州民族大学人文科技学院科研基金项目 (编号: 19rwjs012)

生态环境效应。基于此,选取 1995 年、2000 年、2010 年、2017 年四个时期印江流域土地利用遥感监测数据,运用土地利用转移模型、土地利用变化动态模型和生态服务价值测算模型;分析在快速城镇化下印江流域 20 年来土地利用转型的变化规律及其对生态服务价值的影响,以期为喀斯特小流域地区的土地可持续利用和生态文明建设提供理论参考。

1 研究区概况

印江流域属贵州省铜仁地区,发源于梵净山,属于长江水系乌江流域,东西流向,印江流经并穿过印江县城,是乌江的主要支流。流经松桃苗族自治县、印江土家族苗族自治县、沿河土家族自治县、思南县、德江县,全长 96km,经德江县潮砥镇汇入乌江干流,流域面积为 1251.6km²;全区属亚热带季风气候,雨热同期,夏季降雨充沛。全流域平均气温在 16℃,平均降雨量为 1100mm 左右,常年降雨在 880~1400mm 之间,汛期在 4—10 月份,多年平均流量为 24m³/s。流域地势东高西低,最高为东部梵净山,最低点为西部德江县潮砥镇处。地貌类型以溶蚀、侵蚀和河谷冲刷堆积等地貌为主。东部梵净山地区,平均海拔在 1600m,地形复杂且坡度较陡,以侵蚀地貌为主要类型;中东部梵净山前缘地带海拔平均在 1000~1600m,坡度陡缓不均,以河流冲刷堆积地貌、侵蚀地貌为主;西部、西北部海拔均为 800~1000m,为中低山地形;以侵蚀地貌、岩溶地貌和河流冲击河谷这三种地貌为主。流域内总人口约 20.18 万人,以河水作为饮用水源的有 6.32 万人。

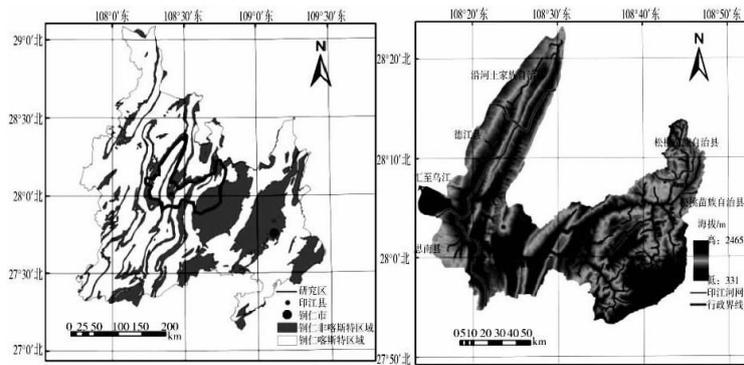


图 1 印江流域区域位置

2 研究方法

2.1 数据来源与预处理

地理空间数据云提供 1995 年、2000 年、2010 年和 2017 年的 landsat 卫星 TM/OLI 遥感影像。利用 ENVI5.1 软件对所获取得遥感影像进行辐射校正、几何校正、辐射增强、影像拼接及裁剪前期预处理。在影像解译时,波段采用 742 波段组合;采用监督分类对研究区的遥感影像进行解译分类。基于国家标准化管理委员会颁布的《土地利用现状分类》(GB/T2010—2007),结合印江流域的实际土地利用基本情况,构建适用于该流域的土地利用分类系统,分为低覆盖草地、中覆盖草地、高覆盖草地、灌草地、林地、水田、水体、耕地、建设用地、难利用地 10 种土地利用类型。在分完类以后,利用 ArcGIS 软件的 fishnet 模块对印江流域规则取点。应用 GoogleEarth 高分辨率的历史影像及结合以往实地调查的经验对地物进行判断,在出入较大的地方,通过 ArcGIS 中将整个图层矢量化后,对误判的斑块进行修正。为验证室内判读的可行性,通过随机选点实地考察,以历史时期的土地利用图来验证此方法的科学性。最终得出印江流域 1995 年、2000 年、2010 年、2017 年土地利用分类结果。利用 GoogleEarth 对分类结果进行精度验证,由于历史影像分辨率较低,对人为判读存在一定误差,对最终精度验证造成影响,总体精度控制在 80%以上,可做进一步的分析。

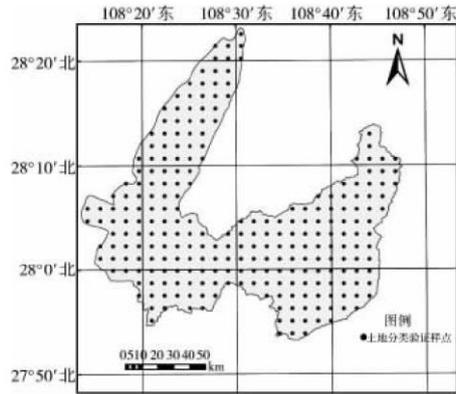


图 2 印江流域土地利用分类验证样点分布图

2.2 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵反映了某区域在研究时段内初期和末期各土地利用类型面积之间相互转化的动态过程，其不仅包括研究区某时间点上的各土地利用类型的面积数据，还能更加直观的体现出各土地类型在研究时期内初期的转出面积和末期转出的面积信息，而土地利用转移矩阵的通用形式为以下矩阵^[17]。

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中： S 为土地利用面积； n 代表转移前后的土地利用类型数； i, j ($i, j=1, 2, 3, \dots, n$) 分别代表转移前后各土地利用类型， S_{ij} 表示在转移前第 i 类型转换成转移后的第 j 地类的面积。公式中每一行元素代表转移前的各土地类型的转移信息，矩阵中的每一列元素代表转移后的 j 地类面积从转化前的各地类的来源。转移前后土地利用类型存在不同，这里的 S_{ij} 的行数和列数不同，这里它为一般的矩阵。为了计算方便，在转移前后通常采用一致的分类体系、精度，从而使得 S_{ij} 的行和列数相同，为一个标准的 n 阶矩阵。

2.3 土地利用动态度

土地利用动态度反映研究区土地利用在一定时期内的变化状况^[18-19]。综合土地利用动态度用于分析区域整体的土地利用变化速度，单一土地利用动态度用于计算该地区某单一类型土地类型变化的速度。其值越大，代表土地利用变化剧烈，其值越低，代表土地利用变化缓慢。

$$K_i = \frac{S_b - S_a}{S_a} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中， K_i 为研究时期内某类型土地利用类型动态度； S_a, S_b 分别为初期和末期某类型土地利用类型的数量状况； $t_2 - t_1$ 为研究时

长, 当其以年为单位, K 值就是该研究区某一类型土地利用类型年变化率。

$$K = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta S_{i-j}}{S_i} \right) \right] \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (3)$$

式中:K 为 t 时段内研究区的综合土地利用动态度, ΔS_{i-j} 为研究期初到期末第 i 类土地转换为其他类型土地的面积总和, S_i 为研究期初第 i 类土地总面积, t 为研究时段长度, 当 t 为年时, K 值为该研究区土地利用变化率。

2.4 生态服务价值的计算

谢高地在 Costanza 的研究模型基础上, 得出“中国生态系统服务价值当量因子表”, 并得出 1 个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年全国平均粮食单产市场价值的 1/7^[8-9]。再根据 2000—2017 年印江流域平均粮食单产 3913.40kg/hm² 与 2017 年粮食平均单价 3.85 元/kg, 结合修正系数, 计算得出流域内 1 个生态服务价值当量因子的经济价值为 2152.37 元/hm², 再根据印江流域的实地用地情况, 可确定流域内不同土地利用类型单位面积的生态服务价值, 而对建设用地的生态服务价值不进行计算^[20], 其生态服务价值 ESV 核算公式为:

$$ESV = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_i \times VC_{ij} \quad (4)$$

式中:ESV 为流域内生态系统服务价值, i 为土地利用类型, j 为生态系统服务功能的类型, A_i 为第 i 种土地利用类型面积, VC_{ij} 为第 i 种土地利用类型的第 j 种生态系统服务价值的系数。

3 结果分析

3.1 土地利用时空变化

通过对土地分类进行数据统计, 在 1995—2017 年间低覆盖草地总体呈波动变化, 2000 年的低覆盖草地是 4 个时期内最大。中覆盖草地在 4 个时期内, 占有土地类型面积较小, 且面积呈缓慢增长趋势。高覆盖草地在 1995 年较少, 而后持续上升, 在 2010 年增长到最大值, 而在 2017 年呈下降趋势。旱地在全区土地类型中来看, 占地面积大, 尤其在 1995 年;而后又逐年下降。建设用地占全流域中所有土地类型来看, 占地面积较小;而在 1995—2017 年间建设用地呈逐年递增趋势。

难利用地虽然占全区面积不大, 但面积变化趋势不明显, 一直处于稳定状态。水域占全区面积最小, 在 4 个时期内的变化情况也处于稳定趋势。水田在这 4 个时期内变化情况不明显。有林地自全区所有土地类型里占地面积最大, 且呈现逐年增长趋势, 在 2017 年面积最大。灌草地在 4 个时期内, 先从 1995 年下降, 而后一直呈上升趋势。总体来说, 有林地在全区一直处于优势地类。

低覆盖草地、中覆盖草地、高覆盖全区都有分布, 以水田、旱地周围分布为主;旱地沿着河谷地区两侧均有分布, 其中下游地区冷水河谷和六井溪河谷两侧的旱地分布最广;建设用地均分布在河谷地势低平区域, 沿着河谷走势分布, 中游地区建设用地分布最广, 也是印江县城的主城区区域;难利用地在流域中随着河流走向分布, 实地调查发现均分布在河谷两侧坡度较陡区域, 以极少植被覆盖和裸露岩石为主;水域全系支流均分布, 但受到季节性降雨影响较大;水田在流域内均有分布, 一般在建设用地周边分布;有林地全区均分布, 占流域面积最大, 其中流域的东南区域分布最广, 也是梵净山景区的西侧;灌草地在全区均有分

布,呈零星分布状态。

3.2 土地利用类型转移

分别对 4 个时期内不同土地利用数据分别进行统计,制成土地利用变化转移矩阵。1995—2000 年研究区各土地利用类型转移稳定率为:低覆盖草地 62%、高覆盖草地 4%、灌草地 1%、旱地 54%、建设用地 32%、难利用地 42%、水域 55%、水田 74%、有林地 73%、中覆盖草地 23%。

这个时期稳定率由大到小:水田>有林地>低覆盖草地>水域>旱地>难利用地>建设用地>中覆盖草地>高覆盖草地>灌草地。其中水田少部分转入到低覆盖草地和旱地中,有林地有少部分转入到旱地和地覆盖草地中。灌草地则有大部分转入到高覆盖草地、低覆盖草地和林地;高覆盖草地也有大部分转入灌草地和旱地中。而其他地类也向其他相邻地类不同程度的转出。

2000—2010 年研究区各土地利用类型转移稳定率为:低覆盖草地 19%、高覆盖草地 53%、灌草地 68%、旱地 39%、建设用地 45%、难利用地 76%、水域 57%、水田 31%、有林地 78%、中覆盖草地 51%。这个时期稳定率由大到小:有林地>难利用地>灌草地>水域>高覆盖草地>中覆盖草地>建设用地>旱地>水田>低覆盖草地。其中有林地少部分转入到高覆盖草地中,难利用地有少部分转入到高覆盖草地和林地中。低覆盖草地则有大部分转入到高覆盖草地、建设用地和旱地;水田也有大部分转入高覆盖和低覆盖草地、建设用地中。而其他地类也向其他相邻地类不同程度的转出;相对于上个时期,整体的土地利用类型转出的稳定率有所提升。

2010—2017 年研究区各土地利用类型转移稳定率为:低覆盖草地 35%、高覆盖草地 13%、灌草地 42%、旱地 32%、建设用地 28%、难利用地 38%、水域 20%、水田 18%、有林地 82%、中覆盖草地 32%。这个时期稳定率由大到小:有林地>灌草地>难利用地>低覆盖草地>中覆盖草地>旱地>建设用地>水域>水田>高覆盖草地。

其中有林地少部分转入到高覆盖草地中,灌草地有较大部分转入到林地中,难利用地也有很大一部分转到林地。低覆盖草地则有大部分转入到高覆盖草地、建设用地和旱地;而水田有大部分转入低覆盖草地和灌草地中,高覆盖草地有部分转入到林地中。而其他地类也向其他相邻地类不同程度的转出;相对于上个时期,整体的土地利用类型转出的稳定率有所下降;但有林地的稳定率较高,其他不同地类转入此地类较多。

3.3 土地利用动态变化

从 1995—2000 年间来说,高覆盖草地、低覆盖草地、灌草地的动态度较大,分别为 62.21%、34.05%、16.98%;而水田、有林地、地类动态度较小,分别为 0.31%、0.32%、0.87%。2000—2010 年间,建设用地、灌草地、中覆盖草地动态度较大,分别为 13.44%、9.70%、6.52%,而有林地、水田、旱地动态度较小,分别为 0.76%、1.34%、4.1%。

2010—2017 年间高覆盖草地、低覆盖草地、水田的动态度较大,分别为 13.91%、13.87%、10.56%;而难利用地、中覆盖草地、有林地的动态度较小,分别为 0.13%、0.29%、3.60%。从各类土地利用分别来看,高覆盖草地、低覆盖草地、灌草地、建设用地的动态度较高,而有林地、水域和难利用地的动态度较低。从综合动态度来说,1995—2000 年的动态度最高,后面的两个阶段依次递减。说明在 1995—2000 年间全区的土地利用变化剧烈程度较高,而后面 2000—2010 年间及 2010—2017 年间土地利用变化程度的剧烈程度有所减缓。

3.4 印江流域生态服务价值时空变化分析

生态系统服务价值(ESV)是指人类从生态系统中获得的价值收益,系数和生态服务计算出该流域 1995—2017 年这 20 年间生

态服务价值及其变化和各单项生态服务价值。不同土地利用类型生态服务价值量按大小排序为林地、草地、耕地、水域、裸地。流域内总 ESV 从不同时期来看, 1995 年的 ESV 为 52.64 亿元、2000 年为 42.58 亿元、2010 年为 45.72 亿元、2017 年为 49.68 亿元, 其中 1995 年 ESV 最高, 2010—2017 年间变化最快, 生态服务价值总量总体趋势呈现出 U 形状, 先减少再增加。

1995—2000 年间, 该流域生态系统服务价值 (ESV) 由 52.64 亿元下降到 42.58 亿元, 在此阶段内有大量灌草地、高覆盖草地、中覆盖草地转到其他地类, 尤其是灌草地转入到低、中覆盖草地和旱地的面积最大, 从而造成相应林地的 ESV 从 1995 年的 42 亿元下降到 2000 年的 25.14 亿元, 同时草地面积的增加使得其 ESV 也由 5.99 亿元增长到 11.93 亿元; 而水田、水域转入其他地类较少, 其 ESV 都变化不明显; 旱地和难利用地都不同程度的转到其他地类, 但其面积占总面积的比率低, 因此其 ESV 也变化不明显。总的来看, 总 ESV 的减少和林地 ESV 的减少有关, 对于林地转型来说, 首先会大量的转为草地或林地, 因此林地 ESV 变少时, 草地和耕地的 ESV 呈增长趋势。在此时期内, 当地自然经济生活较差, 该流域多以耕作为生且以柴火、煤为主能源消费结构; 毁林开荒和上山砍柴因一定程度上造成灌草地和林地的减少, 从而导致这一时期生态服务系统价值的下降。

2000—2010 年间, 该流域生态系统服务价值 (ESV) 由 42.58 亿元上升到 45.72 亿元, 在此阶段内有大量低覆盖草地、水田、旱地转到其他地类, 尤其是低覆盖草地转入到高覆盖草地, 旱地转到灌草地和林地最多; 而有林地和难利用地转入其他地类较少。因此草地、耕地、类型的 ESV 呈下降趋势, 由 2000 年的 11.93 亿元、5.26 亿元分别下降到 2010 年的 10.87 亿元和 3.47 亿元。

林地、裸地和水域的 ESV 不同程度的增加。总的来看, 总 ESV 是呈现增长趋势, 这和灌草地和林地增多有关系; 在此期间内, 该流域实行“退耕还林”政策再加当地经济结构的变化, 农民外出务工人员增多, 使得大部分的耕地、水田迅速向草地、灌草地、林地转型; 从而使得该流域相对于 2000 年时期, 生态环境得到了明显改善。

2010—2017 年间, 该流域生态系统服务价值 (ESV) 由 45.72 亿元上升到 49.68 亿元, 在此阶段内有大量高覆盖草地、水田转到其他地类, 尤其是高覆盖草地转入到林地最多; 而有林地和灌草地转入其他地类较少。因此草地的 ESV 由 2010 年的 10.87 亿元下降到 2017 年的 8.28 亿元, 而林地的 ESV 由 2010 年的 29.57 亿元上升到 2017 年的 36.48 亿元。

总的来看, 总 ESV 是呈现增长趋势, 这也和灌草地和林地增多有关系; 在此期间内, 该流域持续实行的“退耕还林”政策, 和当地经济结构的变化, 使得大部分的耕地、水田迅速向草地转型并持续向灌草地、林地转型; 从而使得该流域相对于 2010 年时期, 生态环境得到明显改善。

根据 1995—2017 年印江和流域单项生态服务价值及其变化可看出, 在研究期间该流域单项服务价值总量及变化水平均不大。在 1995—2017 年期间, 除废物处理的生态服务价值增加以外, 食物生产、原材料生产、气体调节、气候调节、水文调节、保持土壤、生物多样性、提供美学景观的生态服务功能都整体呈现为下降趋势; 其中气体调节的生态服务功能变化量最大, 减少了 0.62 亿元。

除此之外, 原材料生产、气候调节、生物多样性、保持土壤的生态服务价值的变化量也比较大; 而其中食物生产变化量最小, 减少了 0.08 亿元。在整个流域来看, 单项生态服务价值功能以生物多样性和保持土壤为主, 气体、气候调节和水文调节为辅, 然后依次为废物处理、原材料生产、提供美学景观和食物生产, 这以林地、灌草地在流域一直处于优势地类息息相关; 另外从整个时期来看, 除废物处理呈现增长趋势外, 其他生态服务功能都有所下降, 这主要是流域内水域面积增长有关。

4 讨论

在遥感影像基础上进行土地类型解译时, 需要结合印江流域实地的土地利用现状, 同时需考虑影像的分辨率、云量、拍摄日期等情况, 再结合以往的判读经验; 如果只单纯靠计算机的机械解译的话, 会存在很大的误差。在经过分类体系的解译后, 其

分类结果的误差还将存在,因此需要人为最后的检验并更正图斑。在印江流域实地调研的过程中,发现以往在影像解译出来的耕地;在实地调查中以大量修作耕地、撂荒草地、撂荒灌木地出现,这也导致了会将部分的旱地和水田划分在低覆盖草地和中覆盖草地。根据耕地的利用变化分析,侧面的验证了在研究流域内草地、林地随着退耕还林还草,面积逐年增多的基本趋势。

印江流域大部分区域因受槽谷地形和河流的影响,因此大量的建设用地和农田沿着河谷地带分布,这也是人类活动最为频繁的区域。而旱耕地,则会距离居民地较远、有相对坡度较缓河谷两侧区域;而后随着撂荒地的增多,这部分区域会变成草地、灌木及林地。在整个流域中,难利用地的面积变化不大,且恒定在一定区域;这主要是因为其坡度较陡,多以悬崖峭壁为主,不利于生产生活实践。由于流域的东部属于梵净山地区,因此其东部区域植被覆盖度一直很高,且变化不大。从整个印江流域来看,流域内的土地利用方式受地形地貌和河流的影响较大。

贵州从2003年开始实施“退耕还林”政策,因此大量的坡耕地、梯田、水田等耕地类型在理论上应逐渐从耕地类型转型到灌草地和林地。但实际工作中,该政策实施以后,由之前的耕地转为低覆盖草地、高覆盖草地、灌草地最终转为林地,其时期较长,一般呈现10年以上,如果土地贫瘠、人工种植管理不当或其他原因等,则需要更长的时间;甚至一些耕地并没有向着以上程序转型到最终的林地状态,而一直处于草地类型利用状态。

在接下来的生产生活中,应需要多加注意,草地类相对于其他地类更加容易转化为其他地类形式,因此积极引导草地类的土地利用方式向均衡方面发展;而建设用地随着社会经济的不断发展,其面积也会越来越大,在保障社会经济的发展,同时需要生态用地的平衡,取得资源优化配置的最佳平衡点。随着流域的经济发展^[21],大量劳动力外出务工,农村劳动力缺乏;经济结构发生改变,这也给土地利用转型提供新的动力。

5 结论

整个流域来看低覆盖、中覆盖、高覆盖草地和灌草地呈波动变化规律,而旱地呈逐年减少趋势,建设用地占全流域中所有土地类型来看,占地面积较小;而在1995—2017年间建设用地呈逐年递增。难利用地虽然占全区面积不大,但其变化率最低;林地呈逐年增长趋势,其面积也一直在流域占很大比例。

印江流域全区中低覆盖草地、高覆盖草地、灌草地、建设用地这几类地类是近20年间变化最为强烈的土地类型。在流域土地类型分布中,耕地(旱地、水田)沿着河谷地区两侧均有分布;建设用地均分布在河谷地势低平区域,沿着河谷走势方向,难利用地也随着河流走向分布,因此流域土地利用方式主要受地形地貌和河流的影响。

该流域在1995—2017年这20年间生态服务价值及其变化中不同土地利用类型生态服务价值量按大小排序为林地、草地、耕地、水域、裸地。流域内总ESV从不同时期来看,1995年ESV最高,2000年ESV最低,2010—2017年间变化最快,生态服务价值总量总体趋势呈现出U形状,先减少再增加,生态系统环境由差向好的势头不断转变。

单项生态服务价值功能以生物多样性和保持土壤为主,气体、气候调节和水文调节为辅,这以林地、灌草地在该流域一直处于优势地类密切相关;单项生态服务价值除废物处理功能增长以外,其它生态服务都呈现下降趋势,这也说明在流域内的生态环境保护政策及土地利用转型对生态环境改善在短期内见效慢的特点。

参考文献:

- [1] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 近10年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应[J]. 地理学报, 2003(5): 659-667.
- [2] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 2002(3): 195-203.

-
- [3]DAILY G C. Nature' s services: societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [4]邵雪亚, 刘勇, 王三, 等. 快速城市化地区土地利用变化对生态服务价值的影响——以重庆市北碚区为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2011, 36(6):80-85.
- [5]COSTANZA R, DARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world' s ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630):253-260.
- [6]傅伯杰, 张立伟. 土地利用变化与生态系统服务:概念、方法与进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4):441-446.
- [7]谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003(2):189-196.
- [8]谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008(5):911-919.
- [9]谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8):1243-1254.
- [10]刘金巍, 靳甜甜, 刘国华, 等. 黑河中上游地区 2000—2010 年土地利用变化及水土保持服务功能[J]. 生态学报, 2014, 34(23):7013-7025.
- [11]李屹峰, 罗跃初, 刘纲, 等. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响——以密云水库流域为例[J]. 生态学报, 2013, 33(3):726-736.
- [12]史莎娜, 李晓青, 谢炳庚, 等. 喀斯特和非喀斯特区农业景观格局变化及生态系统服务价值变化对比——以广西全州县为例[J]. 热带地理, 2018, 38(4):487-497.
- [13]彭文甫, 周介铭, 杨存建, 等. 基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(7):1053-1062.
- [14]曾成, 白晓永, 李阳兵. 基于 RUSLE 模型的喀斯特峰丛洼地土壤侵蚀及其养分流失评估[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(10):197-202.
- [15]李阳兵, 白晓永, 周国富, 等. 中国典型石漠化地区土地利用与石漠化的关系[J]. 地理学报, 2006(6):624-632.
- [16]李阳兵, 李珊珊, 徐倩, 等. 西南岩溶山地石漠化近 50 年演变——基于 5 个地点的案例研究[J]. 生态学报, 2019, 39(22):8526-8538.
- [17]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.
- [18]王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999(1):83-89.
- [19]吴清婷, 彭贤伟, 简萍, 等. 铜仁市碧江区土地利用变化的时空特征及其驱动因素[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(4):1326-1336.

[20] 胡金龙, 王金叶, 周志翔, 等. 桂林市区土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(10):89-93.

[21] 铜仁网. 铜仁大事记[EB/OL]. [2020-05-18]. <http://www.tongren.gov.cn/news/newsdata/tongrenzhi/tongrenshizhi>.