

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.03.09

引用格式: 彭毅,王远超,高阳. 1990—2018 年长沙市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 中国地质调查,2021,8(3): 72–80. (Peng Y, Wang Y C, Gao Y. Impact of land use change on ecosystem service value in Changsha City from 1990 to 2018 [J]. Geological Survey of China, 2021, 8(3): 72–80.)

1990—2018 年长沙市土地利用变化对生态系统服务价值的影响

彭毅¹, 王远超², 高阳^{3,4}

(1. 中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南长沙 410000; 2. 中国地质调查局应用地质研究中心, 四川成都 610036; 3. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 4. 自然资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100193)

摘要: 评估生态系统服务价值(Ecosystem Service Values, ESV)有利于衡量生态系统服务供给潜力和生态效益的大小,对城市生态规划与土地利用管控起到重要的支撑作用。选择长沙市为研究区域,基于1990、2000、2010和2018年4期土地利用现状遥感监测数据集,利用ArcGIS软件和经本地化校正的当量因子法,分析1990—2018年间的土地利用变化特征,并探讨土地利用变化对ESV的影响。结果表明:①1990—2018年长沙市土地利用变化轨迹以耕地→林地互相转化以及建设用地对耕地、林地的侵占为主;②1990—2018年长沙市的ESV共减少53.17×10⁸元,降幅3.59%,除水域外各类ESV均呈下降趋势,林地和耕地服务价值减少最明显;③在各单项服务功能中,水文调节的价值最大,其次是气候调节,两者之和占总价值的54%;④“退耕还林”“退田还湖”“兴工强市”等政策引起的土地利用变化势必对ESV造成影响,城市快速扩张、土地开发会导致ESV不断下降。综合分析认为,在调整研究区土地利用结构、优化土地配置时应充分重视水域、林地等生态系统服务价值较高的土地利用类型,减缓ESV的下降趋势。

关键词: 生态系统服务价值(ESV); 土地利用; 长沙市; 当量因子

中图分类号: TP79; P962; F301.2; F293.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095–8706(2021)03–0072–09

0 引言

生态系统服务是指在生态系统与生态过程中形成并维持的、人类赖以生存的自然环境条件与效用^[1–3]。土地是各类生态系统的载体,土地利用/覆盖变化会直接影响生态系统的结构和功能^[4–6],对维持生态系统功能起着决定性作用^[7–8]。量化研究生态系统服务价值(Ecosystem Service Values, ESV)有利于衡量生态系统服务供给潜力和生态效益大小,促进土地利用优化管控^[9–14]。

1997年, Costanza等^[15]首次对全球ESV进行

了评估,得出全球陆地生态系统平均每年的服务价值约为12万亿美元,以湿地和森林的服务价值为主,分别占比40%和38%。国内学者中,谢高地等^[16]较早开展了ESV相关研究,并于2008年在Costanza等^[15]研究的基础上提出了一种适合中国国情的ESV量化方法^[17],在2015年进一步构建了基于单位面积价值当量因子法的中国陆地ESV的动态评估方法^[18–19]。这一方法被广泛应用于不同尺度生态系统的价值评估^[20–23]。其中,研究土地利用变化下区域ESV的变化对了解土地利用变化下的生态环境效应以及促进生态环境可持续发展具有重要意义。伍星等^[24]分析了土地利用变化对

收稿日期: 2021–01–14; 修订日期: 2021–03–15。

基金项目: 中国地质调查局“重点地区地下水流场调查(编号: DD20211557)”项目资助。

第一作者简介: 彭毅(1988—),男,助理工程师,主要从事生态地质调查方面研究。Email: zrzy_py@163.com。

通信作者简介: 高阳(1985—),女,副教授,主要从事土地利用/覆盖变化、生态系统服务方面研究。Email: yanggao@cau.edu.cn。

长江上游ESV的影响,结果表明快速城市化和以经济利益为目的发展模式给生态系统服务功能和可持续发展带来了巨大压力。熊鹰等^[25]探讨了湖南省的ESV时空格局及其动态演化,结果表明长沙市及周边区域因建设用地比例较高,为ESV低值区。

湖南省是我国内陆开放的经济中心和长江经济带的重要支撑^[26],长沙市是长江中游城市群的核心城市,是中部崛起战略的重要支点。改革开放以来,长沙市进入快速工业化、城镇化发展阶段,社会经济的发展及战略政策的实施导致该地区土地利用结构发生显著变化,局部地区生态风险有持续恶化的趋势^[27]。本文基于ArcGIS软件及当量因子法,分析了长沙市1990—2018年间的土地利用变化,并对生态系统服务当量因子进行本地化校正,进而评估了长沙市生态系统服务空间差异及演化特征,以期长沙市土地利用优化配置和生态安全管控决策提供支撑。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

长沙市地处洞庭湖平原南端,是我国重要的粮食生产基地,全市下辖6个区、1个县,代管2个县级市,总面积11 819 km²,建成区567.32 km²,2018年常住人口城镇化率为79.12%。近年来,随着国家中部崛起以及长江经济带发展等战略的实施,长沙市经济社会发展步入快车道,人口规模不断扩大,对各用途建设用地的需求显著增加,随之而来的水土流失、耕地侵占、湖泊萎缩、水质恶化等生态环境负效应不断加剧,生态系统服务功能衰退风险加大^[28]。因此对长沙市进行ESV评估,研究其时空演变趋势具有重要的现实意义。

1.2 数据来源

本文采用的1990、2000、2010和2018年4期土地利用遥感监测数据(30 m×30 m)来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),借助ArcGIS软件将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地6个一级类型及25个二级类型。社会、经济数据来自中国物价年鉴(1991—2019年)、湖南省以及长沙市历年统计年鉴等。

2 技术方法

2.1 土地利用变化分析

2.1.1 土地利用类型动态度

土地利用类型动态度指的是研究区一定时间范围内土地利用类型的数量变化情况,反映了人类活动对土地利用类型的影响程度^[29]。通过定量描述土地利用变化速度,可以预测其发展趋势。土地利用类型动态度表达式为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K为一定时间内某一土地利用类型动态度;U_a、U_b分别为研究初期和末期某土地利用类型的面积, hm²; T为时间, a。

2.1.2 土地利用变化动态轨迹

一个给定像元在一定时间段所发生的土地利用类型变化过程,即构成其土地利用变化动态轨迹^[30]。借助ArcGIS软件的空间分析功能将1990—2018年4期土地利用遥感影像合并,从而建立像元尺度的土地利用变化动态轨迹。根据土地利用分类体系,将耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用土地分别用代码1~6代替,不同土地利用类型在1990—2018年间的动态变化轨迹可用一个4位数编码表示,例如编码“1221”的轨迹代表“耕地(1990)→林地(2000)→林地(2010)→耕地(2018)”。

2.2 ESV评估与分析

本文依据谢高地等^[18]提出的基于单位面积价值的当量因子法,结合长沙市土地利用实际情况,对各项生态系统服务功能当量进行本地化校正,构建适合长沙市的ESV当量表(表1)。ESV当量因子的价值系数为该区域1 hm²耕地粮食产量市场价值的1/7^[21]。计算公式为

$$V_{co} = \frac{1}{7} \times P \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (2)$$

式中:V_{co}为ESV当量因子的价值系数,元/hm²/a; P为全国平均粮食价格,元/kg; Q_i为研究区平均粮食产量,kg/hm²; n为年份数。

ESV的计算公式为

$$E_{sv} = \sum (A_k \times V_{ck}) \quad (3)$$

$$E_{svf} = \sum (A_k \times V_{c/fk}) \quad (4)$$

式中:E_{sv}为生态系统服务价值; A_k是土地利用类

型 k 的面积, hm^2 ; V_{ck} 是土地利用类型 k 的生态系统服务系数, $\text{元}/\text{hm}^2/\text{a}$; ESV_f 为生态系统第 f 项服务功能价值; V_{cfk} 是土地利用类型 k 的第 f 项生态系统服务系数, $\text{元}/\text{hm}^2/\text{a}$ 。

表 1 长沙市各土地利用类型单位面积 ESV 当量及校正

生态服务功能		耕地	林地	草地	水域	未利用土地	本地化校正
供给服务	食物生产	2.55	0.57	0.74	1.28	0.00	(1) 长沙市的水田旱地比约为 9:1, 取水田和旱地价值当量因子系数的加权作为耕地的 ESV 指标;
	原料生产	0.24	1.29	1.09	0.71	0.00	
调节服务	水资源供给	-4.61	0.66	0.60	10.61	0.00	(2) 长沙市林地类型以阔叶林为主, 取阔叶林当量因子系数作为林地的 ESV 指标;
	气体调节	2.08	4.23	3.84	2.60	0.04	(3) 取灌草丛当量因子系数作为草地的 ESV 指标; 取裸地当量因子系数作为未利用土地的 ESV 指标;
	气候调节	1.07	12.68	10.16	5.74	0.00	(4) 取水域和湿地当量因子的平均值作为本地水域的 ESV 指标;
	净化环境	0.32	3.76	3.35	8.92	0.20	(5) 根据湖南省当量因子修正系数 (1.95) 统一校正 ^[16] 。
	水文调节	4.83	9.24	7.45	123.31	0.06	
支持服务	土壤保持	0.22	5.17	4.68	3.16	0.04	
	维持养分循环	0.36	0.39	0.35	0.24	0.00	
	生物多样性	0.39	4.70	4.25	10.16	0.04	
文化服务	美学景观	0.17	2.07	1.87	6.45	0.02	
	合计	7.61	44.75	38.40	173.19	0.39	

3 结果与分析

3.1 长沙市土地利用类型变化特征

3.1.1 土地利用演化特征

本文基于土地利用遥感监测数据产品, 分析了

长沙市土地利用的时空动态变化(图 1)。1990—2018 年长沙市各土地利用类型的面积依次为: 林地 > 耕地 > 建设用地 > 水域 > 草地 > 未利用土地(图 2), 其中林地占比最高, 其次为耕地, 两者占土地利用总面积的比例达 90% 左右, 其他土地利用类型占比较少。

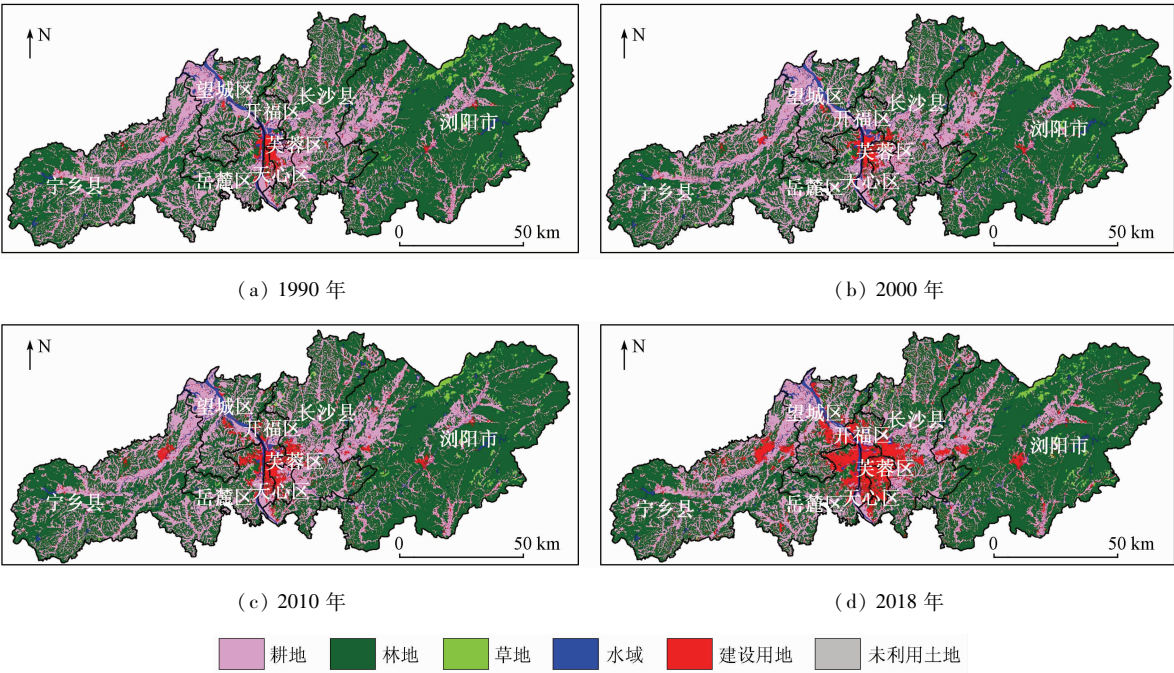


图 1 1990—2018 年长沙市土地利用类型

Fig. 1 Land use types of Changsha City from 1990 to 2018

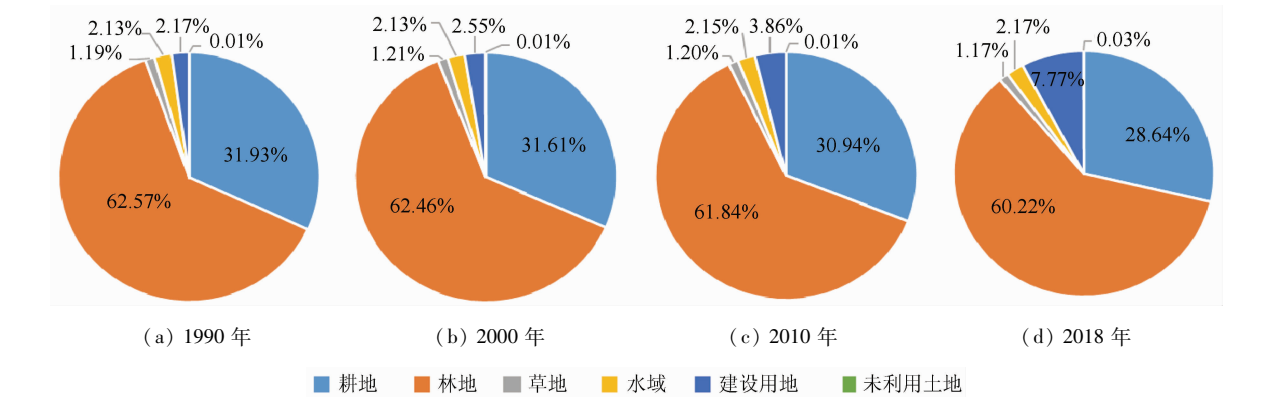


图 2 1990—2018 年长沙市土地利用结构

Fig.2 Land use structures of Changsha City from 1990 to 2018

1990—2018 年长沙市土地利用变化的总体趋势为耕地、林地、草地面积减少,水域、建设用地、未利用土地面积增加,区内各土地利用类型的变化率差异明显(表 2),未利用土地面积的变化率最大,但基数较小;其次是建设用地,变化率达 257.97%。

从变化趋势上看,建设用地不断增加,林地和耕地呈减少趋势,其他土地利用类型的变化存在波动。其中水域在 1990—2000 年呈减少趋势,之后开始增加并保持增长趋势;草地在 1990—2000 年呈增长趋势,随后则处于减少趋势,且减少幅度不断加大。

表 2 1990—2018 年长沙市土地利用变化

Tab.2 Land use type changes of Changsha City from 1990 to 2018

年份	指标	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
1990	面积/km ²	3 774.27	7 395.15	140.38	252.29	256.59	0.33
2000		3 735.94	7 382.10	142.65	251.66	305.54	1.12
2010		3 656.94	7 308.95	142.17	254.33	455.52	1.10
2018		3 384.48	7 117.58	138.00	256.73	918.52	3.69
1990—2000	面积变化/km ²	-38.33	-13.05	2.27	-0.63	48.95	0.79
	变化率/%	-1.02	-0.18	1.62	-0.25	19.08	239.37
2000—2010	面积变化/km ²	-79.00	-73.15	-0.48	2.67	149.98	-0.02
	变化率/%	-2.11	-0.99	-0.34	1.06	49.09	-1.79
2010—2018	面积变化/km ²	-272.46	-191.36	-4.17	2.40	463.01	2.59
	变化率/%	-7.45	-2.62	-2.93	0.94	101.64	235.45
1990—2018	面积变化/km ²	-389.79	-277.56	-2.38	4.44	661.93	3.36
	变化率/%	-10.33	-3.75	-1.70	1.76	257.97	1 018.10

3.1.2 土地利用动态度

根据 1990—2018 年长沙市 4 个时期的土地利用遥感监测数据,结合公式(1)计算各类土地利用动态度和综合土地利用动态度(表 3)。总体上长沙市 1990—2018 年间的综合土地利用动态度均为正值,且变化较大,主要受建设用地变化的影响。1990—2000 年,长沙市的综合土地利用动态度较小,仅为 1.93%;2000—2010 年,随着城镇化进程的启动,建设用地持续侵占耕地、林地、草地等,综合土地利用动态度达到 4.67%;2010—2018 年,随着城市扩张不断加快,综合土地利用动态度高达 11.20%。

表 3 1990—2018 年长沙市各时段土地利用动态度

Tab.3 Land use dynamic degree of Changsha City from 1990 to 2018 (%)

年份	耕地	林地	草地	水域	建设用地	综合土地利用动态度
1990—2000	-0.10	-0.02	0.16	-0.02	1.91	1.93
2000—2010	-0.21	-0.10	-0.03	0.11	4.91	4.67
2010—2018	-0.93	-0.33	-0.37	0.12	12.71	11.20

3.1.3 土地利用变化轨迹分析

土地利用变化轨迹显示长沙市近 30 a 来的土地利用动态变化过程可分为稳定型、单一型和波

动型 3 种(表 4)。统计时,稳定型选取稳定耕地、稳定林地、稳定草地、稳定水域和稳定建设用地等轨迹,单一型和波动型分别选取面积占比前十的轨迹。

表 4 土地利用变化轨迹统计

Tab.4 Statistical results of land use trajectories

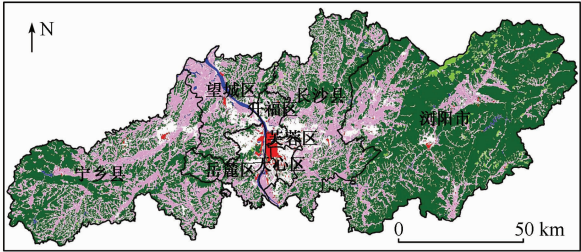
变化类别	编码	变化轨迹	面积/km ²	占比/%
稳定型	2222	稳定林地	6 296.29	53.27
	1111	稳定耕地	2 574.95	21.79
	5555	稳定建设用地	158.66	1.34
	4444	稳定水域	145.36	1.23
	3333	稳定草地	99.03	0.84
	合计		9 274.29	78.47
单一型	1222	耕地→林地	313.15	2.65
	2111	林地→耕地	295.96	2.50
	1115	耕地→建设用地	232.09	1.96
	2225	林地→建设用地	179.02	1.51
	1112	耕地→林地	128.87	1.09
	2221	林地→耕地	126.83	1.07
	2255	林地→建设用地	57.43	0.49
	1155	耕地→建设用地	56.14	0.47
	1555	耕地→建设用地	51.71	0.44
	2555	林地→建设用地	32.76	0.28
	合计		1 473.96	12.46
波动型	2112	林地→耕地→林地	268.64	2.27
	1221	耕地→林地→耕地	266.13	2.25
	1225	耕地→林地→建设用地	30.48	0.26
	2115	林地→耕地→建设用地	30.28	0.26
	5115	建设用地→耕地→建设用地	28.75	0.24
	1551	耕地→建设用地→耕地	23.53	0.20
	1441	耕地→水域→耕地	18.85	0.16
	4114	水域→耕地→水域	15.88	0.13
	2442	林地→水域→林地	12.86	0.11
	2332	林地→草地→林地	12.52	0.11
	合计		707.92	5.99

(1)稳定型。在城市扩张过程中土地利用类型未发生变化的地块占总面积的 78.47%,超过长沙市 1990—2018 年土地利用变化的 20%。稳定型土地利用类型空间分布主要在城市远郊区及下属县(市)郊区,这些区域受城镇化发展的影响相对较小(图 3(a))。

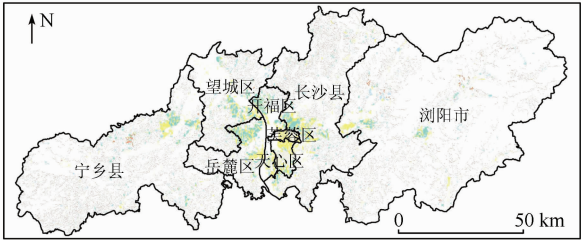
(2)单一型。城市扩张过程中土地利用类型发生过一次变化的地块占总面积的 12.46%,主要为耕地与林地的互相转移以及建设用地对耕地、林地的侵占。其中,林地与耕地互相转移的占比较为接

近,且空间分布较为分散平均,表明在一定时期内这种转移十分普遍,指示了毁林开荒、过度砍伐与生态意识觉醒后植树造林、退耕还林等因素的叠加影响;建设用地对耕地和林地的侵占主要分布在城市中心区域,表明城市的扩张侵占了大量的林地和耕地(图 3(b))。

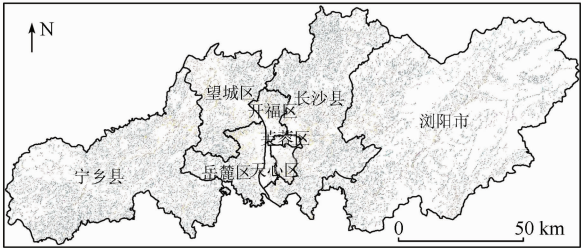
(3)波动型。城市扩张过程中土地利用类型交替变化、极不稳定的地块占比为 5.99%,主要为耕地与林地的交替变化。此外,还有耕地→林地→建筑用地、耕地→水域、林地→水域和林地→草地等类型的交替变化。其空间分布主要为城市建设开发十分活跃的快速城镇化区域,这些区域受人类活动干扰较大,土地利用类型不稳定(图 3(c))。



(a) 稳定型



(b) 单一型



(c) 波动型

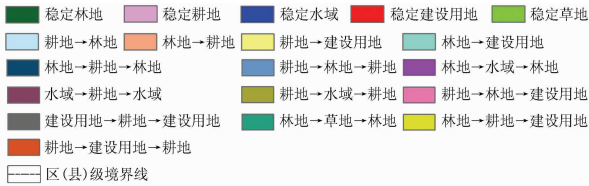


图 3 1990—2018 年土地利用变化轨迹的空间分布

Fig.3 Spatial distribution of land use trajectories from 1990 to 2018

3.2 长沙市 ESV 变化

3.2.1 总生态系统服务价值变化

1990—2018 年长沙市总生态系统服务价值呈减少趋势(表 5)。这期间除水域和未利用土地的服务价值略有增加,其余土地利用类型服务价值均有不同程度的减少。从 ESV 构成来看,林地服务价值是 ESV 的主要来源,其次是水域服务价值,结合长

沙市土地利用类型面积占比情况,水域面积仅占比 2%,却贡献了超过 10% 的 ESV。1990—2018 年长沙市 ESV 下降的主要原因是林地、耕地、草地服务价值的减少,这 3 类土地服务价值的减少值是水域服务价值增加值的近 20 倍,水域和未利用土地增加的服务价值远不及因林地、耕地、草地面积减少所损失的服务价值。

表 5 1990—2018 年长沙市各类土地的 ESV
Tab.5 Changes of ESV of various land types in Changsha City from 1990 to 2018

土地利用类型	1990 年		2000 年		2010 年		2018 年		1990—2018 年	
	ESV/ (10 ⁸ 元)	占比/ %	ESV/ (10 ⁸ 元)	占比/ %	ESV/ (10 ⁸ 元)	占比/ %	ESV/ (10 ⁸ 元)	占比/ %	ESV 变化 量/(10 ⁸ 元)	ESV 变 化率/%
耕地	104.010	7.030	102.960	6.970	100.780	6.880	93.270	6.540	-10.730	-10.320
林地	1 198.550	80.960	1 196.520	81.000	1 184.660	80.880	1 153.640	80.840	-44.900	-3.750
草地	19.520	1.320	19.840	1.340	19.770	1.350	19.190	1.340	-0.330	-1.690
水域	158.250	10.690	157.870	10.690	159.540	10.890	161.050	11.280	2.800	1.770
未利用土地	0.002	<0.010	0.002	<0.010	0.002	<0.010	0.005	<0.010	0.003	196.090
总计	1 480.332	100.000	1 477.192	100.000	1 464.752	100.000	1 427.165	100.000	-53.152	-3.590

3.2.2 各类生态服务价值变化特征

长沙市 11 类单项 ESV 所占比例的大小依次为:水文调节>气候调节>土壤保持>气体调节>生物多样性>净化环境>美学景观>食物生产>原料生

产>维持养分循环>水资源供给(表 6)。其中水文调节的价值最大,其次是气候调节,其他占比较多的还有土壤保持、气体调节和生物多样性的价值,排名前五的单项生态服务价值约占总 ESV 的 83%。

表 6 1990—2018 年长沙市各类 ESV 变化
Tab.6 ESV changes for each service function of Changsha City from 1990 to 2018

服务类型	生态系统服务项	ESV/(10 ⁸ 元)				1990—2018	
		1990 年	2000 年	2010 年	2018 年	ESV 变化量	ESV 变化率/%
供给服务	食物生产	51.58	51.21	50.34	47.43	-4.15	-8.04
	原料生产	38.90	38.82	38.41	37.28	-1.62	-4.16
调节服务	水资源供给	-35.29	-34.68	-33.46	-29.27	6.02	17.06
	气体调节	146.07	145.63	143.92	138.92	-7.15	-4.90
	气候调节	364.50	363.87	360.22	350.31	-14.19	-3.89
	净化环境	114.99	114.80	113.77	110.90	-4.08	-3.55
	水文调节	429.85	428.84	425.88	415.96	-13.89	-3.23
支持服务	土壤保持	146.65	146.42	145.00	141.18	-5.47	-3.73
	维持养分循环	15.72	15.66	15.46	14.83	-0.89	-5.67
	生物多样性	142.68	142.45	141.16	137.57	-5.12	-3.59
文化服务	美学景观	64.52	64.42	63.87	62.31	-2.21	-3.42

从表 6 可以看出,1990—2018 年长沙市 11 类单项 ESV 中仅水资源供给的价值呈增加趋势,其余 10 项均持续减少。其中,食物生产和维持养分循环的价值下降较快,主要是受耕地、林地、草地面积减少的影响;水资源供给的价值有明显提升,一方面由于水资源的供给随着水域面积扩张而增加,另一方面则因为耕地面积的减少使水资源的消耗也相应降低。

3.3 政策因素对长沙市 ESV 的影响

国家和地方政府实施的一系列政策与规划对

长沙市 ESV 的变化具有重要影响(图 4)。1990—2000 年期间,长沙市各类用地需求较少,其综合土地利用动态度及 ESV 减少幅度较低。2000—2010 年是长沙市的快速发展期,2000 年湖南省启动“退耕还林”“退田还湖”等生态修复工程,在这些政策的影响下,长沙市水域面积减少的趋势得到遏制并逐渐转为持续增长态势,垦林开荒、乱砍乱伐现象也得到有效遏止。此外,2001 年长沙市提出实施“兴工强市”战略,全市工业化步入了加速发展时

期,各类建设用地需求激增,导致综合土地利用动态较大,ESV 减少的幅度增大。2010—2018 年期间,长沙市在工业化快速发展的同时加快了城市化

进程,城市建成区快速扩张,建设用地成倍增加并不断侵占耕地、林地等,导致综合土地利用动态度快速增加,ESV 降低幅度再次加大。

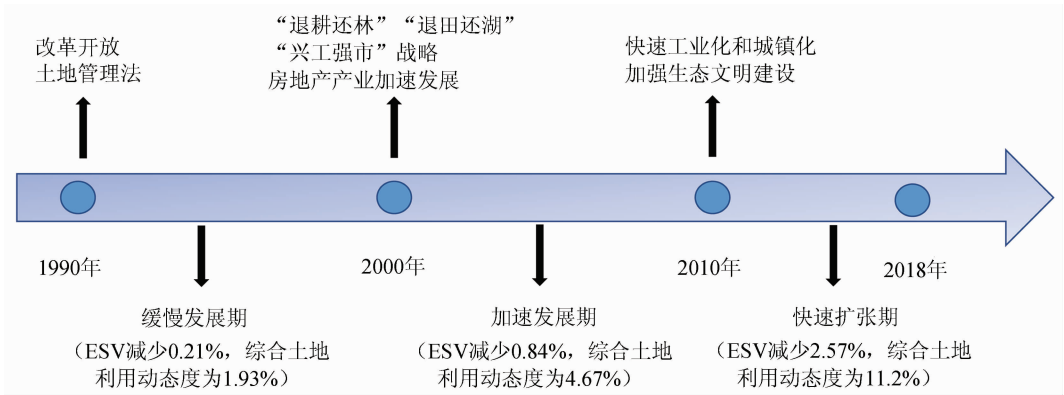


图 4 政策与规划对长沙市 ESV 的影响

Fig. 4 Policy and planning influence on ESV of Changsha City from 1990 to 2018

4 结论

本文基于土地利用现状的遥感数据,利用 Arc-GIS 软件和经本地化校正的当量因子法,分析了长沙市 1990—2018 年土地利用变化及其对 ESV 的影响,研究结果可为长沙市调整土地结构、优化土地配置提供参考。主要结论如下:

(1)1990—2018 年长沙市土地利用变化显著,总体趋势为:林地、耕地、草地面积减少,水域、建设用地、未利用土地的面积增加;其中建设用地变化幅度最大且呈持续增长趋势,变化率达 257.97%;林地和耕地持续减少;其他土地利用类型呈波动变化,不同时期各土地利用类型的变化幅度存在差异。

(2)1990—2018 年长沙市的 ESV 呈持续减少的趋势,林地和水域的生态价值在长沙市 ESV 中起主导作用。ESV 减少的主要原因是城市扩张导致林地、耕地面积的减少。生态系统各类服务功能中水文调节的价值最大;后面依次是气候调节、土壤保持、气体调节和生物多样性;排名前五的单项服务功能价值占总 ESV 的比例约为 83%。

(3)城市快速扩张引起的土地利用变化势必会导致 ESV 不断下降,“退耕还林”“退田还湖”等政策的实施可在一定程度上减缓 ESV 的下降趋势。在调整研究区土地结构,优化土地配置时应充分重视水体、林地等 ESV 较高的土地利用类型。

需要说明的是,本文采用的 ESV 当量因子主要

基于湖南省统一修改系数。然而,湖南省不同区域内生态系统差异较为明显,长沙市作为快速工业化、城镇化的省会城市,其生态系统质量与全省状况也存在差异,因此采用此系数在一定程度上会影响 ESV 的评估精度。此外,建设用地对生态系统服务的影响不容忽视^[31],由于建设用地对大气、气候等环境因素的影响具有累积效应,难以界定其影响范围和程度,目前对建设用地 ESV 的评估方法尚不明确,本文暂时未将建设用地 ESV 纳入评估体系。

参考文献 (References):

[1] Daily G C. Nature's Services; Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997.

[2] Westman W E. How much are nature's services worth? [J]. Science, 1977, 197 (4307): 960 - 964.

[3] 吕永龙,王一超,苑晶晶,等. 可持续生态学[J]. 生态学报, 2019, 39 (10): 3401 - 3415.

 Lv Y L, Wang Y C, Yuan J J, et al. The ecology of sustainability: Progress and prospect[J]. Acta Ecol Sin, 2019, 39 (10): 3401 - 3415.

[4] 季香,刘红玉,李玉凤,等. 不同雨强条件下河流水质对流域土地利用类型与格局空间响应[J]. 环境科学, 2016, 37 (6): 2101 - 2112.

 Ji X, Liu H Y, Li Y F, et al. Spatial response of river water quality to watershed land use type and pattern under different rainfall intensities[J]. Environ Sci, 2016, 37 (6): 2101 - 2112.

[5] Bryan B A, Ye Y Q, Zhang J E, et al. Land - use change impacts on ecosystem services value: Incorporating the scarcity effects of supply and demand dynamics[J]. Ecosyst Serv, 2018, 32: 144 - 157.

[6] 刘红樱,姜月华,杨辉,等. 长江经济带土壤质量评价及产地

- 适宜性初步研究[J]. 中国地质调查, 2019, 6(5): 50–63.
- Liu H Y, Jiang Y H, Yang H, et al. Preliminary study on soil quality assessment and producing area suitability in Yangtze River economic zone[J]. Geol Surv China, 2019, 6(5): 50–63.
- [7] 李乃康. 生态系统服务价值对土地利用变化的响应——以四川省内江市为例[J]. 生态经济, 2008(10): 45–48, 70.
- Li N K. Response of ecosystem services value to land-use structure change—a case study in Neijiang City[J]. Ecol Econ, 2008(10): 45–48, 70.
- [8] 彭文甫, 周介铭, 罗怀良, 等. 城市土地利用变化对生态系统服务价值损益估算——以成都市为例[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 43–51.
- Peng W F, Zhou J M, Luo H L, et al. Estimation on gain and losses of ecosystem service value of urban land use—a case study of Chengdu City[J]. Res Soil Water Conserv, 2011, 18(4): 43–51.
- [9] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740–1746.
- Xie G D, Zhang C X, Zhang C S, et al. The value of ecosystem services in China[J]. Resour Sci, 2015, 37(9): 1740–1746.
- [10] 王兵, 任晓旭, 胡文. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 林业科学, 2011, 47(2): 145–153.
- Wang B, Ren X X, Hu W. Assessment of forest ecosystem services value in China[J]. Sci Silvae Sin, 2011, 47(2): 145–153.
- [11] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17–22.
- Chen Z X, Zhang X S. The value of ecosystem benefits in China[J]. Chin Sci Bull, 2000, 45(1): 17–22.
- [12] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 5–9.
- Xie G D, Lu C X, Cheng S K. Progress in evaluating the global ecosystem services[J]. Resour Sci, 2001, 23(6): 5–9.
- [13] 王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 55–61.
- Wang Z M, Zhang B, Zhang S Q. Study on the effects of land use change on ecosystem service values of Jilin Province[J]. J Nat Resour, 2004, 19(1): 55–61.
- [14] 白杨, 欧阳志云, 郑华, 等. 海河流域森林生态系统服务功能评估[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 2029–2039.
- Bai Y, Ouyang Z Y, Zheng H, et al. Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe River Basin, China[J]. Acta Ecol Sin, 2011, 31(7): 2029–2039.
- [15] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253–260.
- [16] 谢高地, 肖玉, 甄霖, 等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 10–13.
- Xie G D, Xiao Y, Zhen L, et al. Study on ecosystem services value of food production in China[J]. Chin J Eco-Agric, 2005, 13(3): 10–13.
- [17] 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, 23(5): 911–919.
- Xie G D, Zhen L, Lu C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. J Nat Resour, 2008, 23(5): 911–919.
- [18] 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.
- Xie G D, Zhang C X, Zhang L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. J Nat Resour, 2015, 30(8): 1243–1254.
- [19] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740–1746.
- Xie G D, Zhang C X, Zhang C S, et al. The value of ecosystem services in China[J]. Resour Sci, 2015, 37(9): 1740–1746.
- [20] 丁丽莲, 王奇, 陈欣, 等. 近30年淀山湖地区生态系统服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报, 2019, 39(8): 2973–2985.
- Ding L L, Wang Q, Chen X, et al. The responses of ecosystem services to land-use change in Dianshan Lake area from 1984 to 2014[J]. Acta Ecol Sin, 2019, 39(8): 2973–2985.
- [21] 李涛, 甘德欣, 杨知建, 等. 土地利用变化影响下洞庭湖地区生态系统服务价值的时空演变[J]. 应用生态学报, 2016, 27(12): 3787–3796.
- Li T, Gan D X, Yang Z J, et al. Spatial-temporal evolution of ecosystem service value of Dongting Lake area influenced by changes of land use[J]. Chin J Appl Ecol, 2016, 27(12): 3787–3796.
- [22] 王璐, 杨洁, 胡月明, 等. 广州市土地利用生态服务价值测算研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4): 229–234.
- Wang L, Yang J, Hu Y M, et al. Quantitatively study on landuse ecosystem service value in Guangzhou City[J]. Bull Soil Water Conserv, 2009, 29(4): 229–234.
- [23] 宁龙梅, 王学雷. 基于RS和GIS的武汉市生态系统服务价值变化研究[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 637–640.
- Ning L M, Wang X L. Changes of ecosystem services value in Wuhan City[J]. Ecol Environ, 2006, 15(3): 637–640.
- [24] 伍星, 沈珍瑶, 刘瑞民, 等. 土地利用变化对长江上游生态系统服务价值的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 236–241.
- Wu X, Shen Z Y, Liu R M, et al. Effect of land use change on ecosystem services value of the upper reaches of the Yangtze River[J]. Trans CSAE, 2009, 25(8): 236–241.
- [25] 熊鹰, 张方明, 龚长安, 等. LUCC影响下湖南省生态系统服务价值时空演变[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(6): 1397–1408.
- Xiong Y, Zhang F M, Gong C A, et al. Spatial-temporal evolution of ecosystem service value in Hunan Province based on LUCC[J]. Resour Environ Yangtze Basin, 2018, 27(6): 1397–1408.
- [26] 姜月华, 周权平, 陈立德, 等. 长江经济带地质环境综合调查工程进展与主要成果[J]. 中国地质调查, 2019, 6(5): 1–20.
- Jiang Y H, Zhou Q P, Chen L D, et al. Progresses and main achievements of geological environment comprehensive survey pro-

- ject in the Yangtze River economic zone[J]. Geol Surv China, 2019,6(5):1-20.
- [27] 徐立,刘少博,刘云国,等. 湘中红壤丘陵区土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以长沙市为例[J]. 环境科学学报,2009,29(8):1788-1792.
- Xu L,Liu S B,Liu Y G,et al. Effects of land use change on ecosystem services value in red soil hilly region of central Hunan Province—a case study in Changsha City[J]. Acta Sci Circumst, 2009,29(8):1788-1792.
- [28] 李忠武,张棋,曾光明,等. 基于 GIS 的红壤丘陵区脆弱生态系统土壤侵蚀研究——以长沙市为例[J]. 资源科学,2006,28(5):201-206.
- Li Z W,Zhang Q,Zeng G M,et al. Soil and water erosion of fragile ecosystem in red soil hilly region based on GIS:A case study in Changsha City[J]. Resour Sci,2006,28(5):201-206.
- [29] 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.
- Wu L N,Yang S T,Liu X Y,et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River Basin since 1976[J]. Acta Geogr Sin,2014,69(1):54-63.
- [30] 马明国,王雪梅,角媛梅,等. 基于 RS 与 GIS 的干旱区绿洲景观格局变化研究——以金塔绿洲为例[J]. 中国沙漠,2003,23(1):53-58.
- Ma M G,Wang X M,Jiao Y M,et al. Study on the change of landscape pattern of oasis in arid region based on RS and GIS methods—application of Jinta Oasis[J]. J Desert Res,2003,23(1):53-58.
- [31] 董家华,舒廷飞,谢慧,等. 城市建设用地生态服务功能价值计算与应用[J]. 同济大学学报:自然科学版,2007,35(5):636-640.
- Dong J H,Shu T F,Xie H,et al. Calculative method for ecosystem services values of urban constructive lands and its application[J]. J Tongji Univ:Nat Sci,2007,35(5):636-640.

Impact of land use change on ecosystem service value in Changsha City from 1990 to 2018

PENG Yi¹, WANG Yuanchao², GAO Yang^{3,4}

(1. Changsha Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Hunan Changsha 410000, China; 2. Applied Geological Research Center, China Geological Survey, Sichuan Chengdu 610036, China; 3. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 4. Key Laboratory of Agricultural Land Quality and Monitoring, Ministry of Natural Resources, Beijing 100193, China)

Abstract: The evaluation of ecosystem service value is conducive to measuring the supply potential of ecosystem service and the ecological benefit, which can provide important references for city ecological planning and land use management. Based on the remote sensing data of 1990, 2000, 2010 and 2018, the authors in this paper have taken Changsha as a study case to analyze the land use change from 1990 to 2018 and discussed the impact of land use change on ecosystem service value, by ArcGIS and equivalent factor methods with localization correction. The results are as follows. ① The land use trajectories in Changsha are mainly the conversion of cultivated land and woodland, and the encroachment of cultivated land and woodland by construction land from 1990 to 2018. ② The ecosystem service value in Changsha decreased by 5.317 billion yuan, with the decreasing rate of 3.59% from 1990 to 2018. Except the water area, the value of all the ecosystem service showed a downward trend, especially in the cultivated land and woodland. ③ Hydrological regulation and climate regulation were the top two service functions with high service value, contributing about 54% of the total service value. ④ A series of policies such as Returning Farmland to Forest, Returning Farmland to Lakes and Strengthening Industry to Strengthen City have brought a remarkable impact on ESV, and the urban expansion and land development would lead to declining ESV. It is necessary to pay more attention to the land use types with higher ecosystem service value such as water area and woodland. Adjusting the land use structure and optimizing land allocation in the study area can mitigate the downtrend of ESV in these areas.

Keywords: Ecosystem Service Value(ESV); land use; Changsha City; equivalent factor

(责任编辑:魏昊明,常艳)