
基于土地利用/覆被变化的重庆城市生态系统服务价值研究

张凤太^{1,2} 苏维词^{2,3} 赵卫权²

(1. 贵州省教育学院地理旅游系, 贵州贵阳 550001;

2. 重庆师范大学地理科学学院, 重庆 400047;

3. 贵州省科学院山地资源研究所, 贵州贵阳 550001)

【摘要】:参考 COSTANZA 以及谢高地等提出的生态系统服务价值系数,制定了符合城市生态系统的服务价值系数。基于重庆市主城区 1993、2000 和 2004 年 3 期土地利用/覆被(LUCC)变化数据,对重庆市主城区的生态系统服务价值进行了估算。结果表明:重庆自 1997 年成为直辖市后,耕地、林地大量向城市建设用地转化,城市生态系统服务价值急剧降低。1993 年重庆市主城区生态系统总服务价值为 564.75×10^6 元,2004 年为 387.71×10^6 元,下降了 31.3%。生态服务价值系数的变化对重庆城市生态系统总服务价值的影响缺乏弹性。水域和林地面积变化对重庆市主城区生态系统总服务价值影响明显。

【关键词】:土地利用/覆被(LUCC);生态系统服务价值;重庆;动态度;敏感性指数;变化率

【中图分类号】:F062.2;X37 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1673-4831(2008)03-0021-05

生态系统服务是生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用,包括对人类生存及生活质量有贡献的生态系统产品和生态系统功能^[1-2]。土地利用/覆被(LUCC)变化直接影响生态系统的服务功能。城市是人类土地利用最为强烈的区域,自然生态系统受到人类活动的改造最为强烈,因而对生态系统服务功能的影响也最为显著。近年来我国生态学家开展了对全国、区域生态系统(海南岛、青藏高原等)服务价值的计算以及对单个生态系统的服务价值与生态系统单项服务价值的评估研究^[3-6],但专门针对城市地域,利用土地利用/覆被变化来研究生态系统服务功能价值的研究还较少。因此,研究土地利用/覆被变化背景下,城市区域生态系统服务功能的变化对于促进城市生态建设具有重要意义。

重庆市地处长江上游、三峡库区库尾,城市的生态地位十分重要。重庆自 1997 年直辖以来,城市扩张迅速,建成面积在短短 10a 之内由 100km^2 增至 445km^2 。城市生态系统的结构发生变化,城市生态系统的服务功能就要相应发生调整甚至改变,进而影响重庆市甚至整个三峡库区的可持续发展。笔者通过分析重庆城市土地利用/覆被的变化来研究城市生态系统服务功能的变化情况,为城市乃至整个三峡库区的可持续发展和生态环境保护提供科学依据。

1 研究区概况

收稿日期:2007-12-28

基金项目:国家自然科学基金(40561006);国家社会科学基金(06XJY017);贵州省优秀青年科技人才培养计划[黔科人字(2005)013];贵州省自然科学基金[黔科基字 2006(096 号)];重庆市教委科研项目(KJ050808)

重庆主城区分布于长江与嘉陵江交汇处及其附近河谷地带, 界于缙云山与明月山之间。其地形地貌特征是依山傍水, 沟多坡陡。受自然山水影响, 城市用地呈沿江自由式发展, 并逐步形成分散、分片、多中心组团式的布局结构。地处中亚热带湿润季风气候区, 多年平均气温 17~18.8℃, 多年平均降雨量 975.1~1301.7mm, 相对湿度 77%~83%, 全年冬暖春早, 无霜期长, 热量丰富, 光、热、雨同期。2005 年主城区有人口 645.51 万, 占全市总人口的 23.1%。其中非农业人口 357.51 万, 占全市非农业人口总数的 43.8%。人口密度 2565 人·km²。GDP 达 1294 多亿元, 占全市 GDP 总量的 42.2%, 人均 GDP20266 元^[7], 是西部地区人均水平的 3 倍多。

2 研究方法

2.1 数据来源

数据主要采集范围是重庆市主城区, 包括渝中半岛、沙坪坝区、南岸区、江北区及其周边地区, 面积共约 714km²。采用 1993、2000 和 2004 年 3 期 TM/ETM 卫星影像数据, 在遥感图像处理软件 ERDAS8.5 平台上用 1:50000 地形图进行纠正。目标解译采用标准的假彩色 RGB-2, 3, 4 组合。选择若干控制点进行抽样实地核对, 对于分类欠准确的地方, 结合实地调查结果, 对照重庆市土地利用变更调查和《重庆市统计年鉴》进行修正, 建立拓扑关系。经检验误差控制在 1 个像元内, 精度符合要求。提出重庆市 8 种二级地类: 城市建设用地、旱地、有林地、未利用地(荒草地)、水田、水库、河流和灌木林地。对产生的解译数据在 ArcInfo 软件下进行空间分析处理, 形成重庆市主城区 3 期土地利用遥感解译数据(图 1)。

为提高精度以及便于和后续确定的生态服务价值系数相对应, 又将上述确定的 8 种二级地类划归为 6 种一级地类^[8]: 城市建设用地、旱地、水田、林地(有林地和灌木林地)、草地、水域(河流和水库)。未利用地在重庆城市地域中多为荒草地, 所以将城市未利用地归为草地。

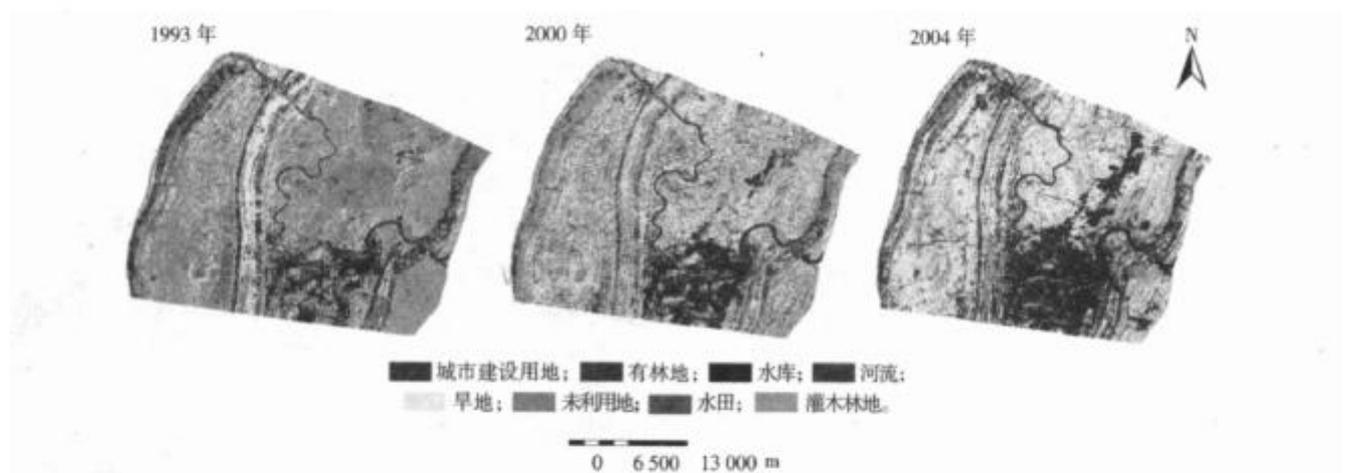


图 1 重庆市主城区 1993 2000 和 2004 年土地利用类型空间分布

FIG 1 Spatial distribution of land use types in Chongqing Proper in 1993 2000 and 2004

2.2 生态系统服务价值评价方法

2.2.1 生态系统服务价值系数及服务价值

20 世纪 80 年代以来,生态学家在不断探索定量化分析生态系统服务价值的方法,最具代表性的是 COSTANZA 等^[6]对全球生态系统服务及其价值的研究,将生态系统服务功能划分为气候调节、水分调节、控制水土流失、物质循环、娱乐及文化价值等 17 种功能,对全球生态系统服务价值进行了估算,并提出了各种土地类型的生态服务价值系数。我国的一些学者,如欧阳志云、陈仲新等也利用或改进此方法对我国生态系统的服务价值进行了评估^[2,9]。

谢高地等^[3]结合我国的特点对 COSTANZA 等提出的生态系统服务价值系数进行修正,得出我国一级生态系统的生态服务价值。但这些都缺乏对城市生态系统娱乐和文化价值的考虑,尤其是缺乏对城市建设用地生态社会价值的考虑。另外,COSTANZA 等确定的生态服务价值系数中水体和湿地的数值估计过高,而谢高地等确定的生态服务价值系数只是代表平均水平。本文依据 COSTANZA 等^[10]和谢高地等^[3]确定的生态服务价值系数(表 1、表 2),结合宗跃光等^[11]对灵武市社会资本的评价方法,确定了重庆市生态系统单位面积生态服务价值(生态服务价值系数)(表 3)

表 1 COSTANZA 等确定的陆地生态系统生态服务价值系数
Table 1 The ecosystem service value coefficients for terrestrial ecosystems determined by COSTANZA et al

土地利用类型	生态服务价值系数/(元·hm ⁻²)
林地	16 658
草地	2 025
旱地和水田	764
湿地	162 514
水域	70 363
荒漠	0
城乡工矿用地	0

折算成 2003 年价格进行核算。

表 2 谢高地等确定的中国陆地生态系统生态服务价值系数
Table 2 The ecosystem service value coefficients for Chinese terrestrial ecosystems determined by XIE Gao-di et al

土地利用类型	生态服务价值系数/(元·hm ⁻²)
森林	19 613
草地	6 498
农田	6 203
湿地	56 290
水域	41 264
荒漠	371.4
城镇工矿用地	0

折算成 2003 年价格进行核算。

表 3 重庆市主城区生态系统单位面积生态服务价值

Table 3 The ecosystem service value per unit area of the ecosystem of Chongqing Proper

土地利用类型	生态系统类型	生态服务价值系数 / (元 · hm ²)
林地	亚热带 /南方林	20 672 ^[12]
草地	草地 /草原	4 261.5
旱地	耕地	6 203
水田	耕地	6 203
水域	河流 /湖泊	55 813.5
城市建设用地	城镇	-5 372 ^[13]

1 折算成 2003 年价格进行核算; 2 草地和水域的生态服务价值系数采用 COSTANZA(表 1)和谢高地(表 2)等确定的生态服务价值系数平均值,耕地(旱地和水田)采用谢高地等确定的生态服务价值系数。

生态系统服务价值的计算公式为:

$$V = \sum A_k \times C_{v,k} \quad (1)$$

式(1)中, V 为研究区生态系统总服务价值, 元; A_k 为研究区第 k 种土地利用类型面积, hm²; C_{v, k} 为研究区第 k 种土地利用类型的生态服务价值系数。

2.2.2 土地利用变化指标

采用单一土地利用类型动态度(K)来显示重庆市旱地、水田、林地、草地、水域和城市建设用地的变化状况, 其计算公式^[14]为

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中, U_a, U_b 分别为研究初期和末期的某种土地利用类型面积, hm²; T 为时段长, 当 T 单位设定为年时, K 值就是某种土地利用类型年变化率。

2.2.3 生态价值敏感性指数(敏感度)

为了反映生态系统服务价值的变化对于价值系数的依赖程度, 引入敏感性指数(C_s)概念^[15], 用以表示某种土地利用类型的生态价值系数变化后所引起的总生态系统服务价值的变化。若 C_s>1, 表明生态系统服务价值富于弹性; 若 C_s<1, 表明生态系统服务价值缺乏弹性。其计算公式为:

$$C_s = \left| \frac{(V_j - V_i) / V_i}{(C_{y k} - C_{y k}) / C_{y k}} \right| \quad (3)$$

式(3)中, V 为估算的生态系统总服务价值, 元; C_v 为生态服务价值系数; i 和 j 分别为调整前和调整后状况。

2.2.4 生态价值变化率指数

重庆自直辖以来, 城市建设飞速发展, 土地利用类型变化迅速, 城市的生态系统服务功能也在发生改变。因此, 为了反映某种土地利用类型面积的增加或减少所引起的生态系统总服务价值的变化状况, 引入生态系统服务价值变化率指标(R_c)^[16]。若 $R_c > 1$, 表明某种土地利用类型面积改变对生态系统总服务价值影响明显; 若 $R_c < 1$, 表明某种土地利用类型面积改变对生态系统总服务价值影响不明显。其计算公式为:

$$R_c = \left| \frac{(V_j - V_i) / V_i}{(A_j - A_i) / A_i} \right| \quad (4)$$

式(4)中, V 为估算的生态系统总服务价值, 元; A 为某种土地利用类型(生态系统)面积, hm^2 ; i 和 j 分别为调整前和调整后状况。

3 结果与分析

3.1 重庆市主城区土地利用/覆被变化

从重庆市直辖前后的 3 期土地利用/覆被变化数据(表 4)可以看出, 除了草地面积几乎没有变化外, 其他土地利用类型均有较大幅度变化, 直辖前后 11a 间, 林地、旱地、水田、水域面积减少, 城市建设用地面积增加。其中, 林地、水田和城市建设用地变化剧烈。

表 4 重庆市主城区各土地利用类型面积变化率和动态度

Table 4 Change rate and dynamic degree of areas of various types of land use in Chongqing Proper

土地利用 类型	面积 / hm^2			变化率 / %			动态度		
	1993年	2000年	2004年	1993—2000年	2000—2004年	1993—2004年	1993—2000年	2000—2004年	1993—2004年
林地	6 988.40	6 444.85	5 414.98	-7.78	-15.98	-22.51	-1.111	-3.995	-2.046
草地	92.81	92.81	92.81	0	0	0	0	0	0
旱地	35 344.38	34 887.70	30 158.10	-1.29	-13.56	-14.67	-0.184	-3.390	-1.334
水田	12 724.77	7 837.65	6 168.21	-38.41	-21.30	-51.53	-5.487	-5.325	-4.685
水域	3 415.67	3 416.03	3 413.41	0.01	-0.08	-0.07	0.001	-0.020	-0.006
城市建设用地	12 829.44	18 716.46	26 147.95	45.89	39.71	103.81	6.556	9.928	9.437

水田面积 1993 年为 12724.77 hm^2 , 到 2004 年变为 6168.21 hm^2 , 净减少 6556.56 hm^2 , 变化率达 51.53%, 动态度为-4.685, 面积减少幅度最大。其次是旱地, 旱地由 1993 年的 35344.38 hm^2 减至 2004 年的 30158.10 hm^2 , 净减少 5186.28 hm^2 , 变化率达 14.67%。1993—2004 年, 林地面积由 6988.40 hm^2 减至 5414.98 hm^2 , 面积净减少 1573.42 hm^2 , 变化率达 22.51%, 动态度为-2.046, 也呈急剧下降趋势。1993—2000 年水域面积略有增加, 但 2000—2004 年面积减少, 呈现出下降趋势, 不容忽视。

1993—2004年,面积增幅较大的只有城市建设用地。重庆成为直辖市后,给重庆的经济发展和城市建设带来生机,城市面貌日新月异。1993—2000年,重庆城市建设面积呈快速无序的增加状态,变化率为45.89%,动态度为6.556;2000—2004年,城市发展开始加速,地方政府加强调控,4a面积净增加7431.49hm²,变化率为39.71%,动态度达9.928,面积虽有增加,但较直辖初期已有所减少,城市建设面积增加来源于耕地(旱地和水田)、林地以及其他土地利用类型的转化。土地利用/覆被类型的变化必然带来城市生态系统服务价值的改变。

3.2 重庆城市生态系统服务价值变化

重庆市主城区生态系统服务价值变化见表5。由表5可知,虽然水域面积只占重庆市主城区面积的4.78%,但1993年、2004年其生态系统服务价值分别占主城区总量的33.8%、49.1%,是构成重庆市主城区生态系统服务价值的主要土地利用类型。1993—2004年重庆市主城区生态系统服务价值从564.75×10⁶元急剧降至387.71×10⁶元,下降了31.3%。

其主要原因是重庆直辖后,城市建设力度加大,建成区面积不断扩大,侵占大量林地和耕地(旱地和水田)。1993—2004年,草地和水域面积几乎没有变化,但城市建设面积增加了103.81%,增加的面积主要来自于林地和耕地的转化。

表 5 重庆市主城区生态系统服务价值
Table 5 Ecosystem service value of Chongqing Proper

土地利用类型	生态系统服务价值 / 10 ⁶ 元		
	1993年	2000年	2004年
林地	144.46	133.23	111.94
草地	0.40	0.40	0.40
旱地	219.24	216.41	187.07
水田	78.93	48.62	38.26
水域	190.64	190.66	190.51
城市建设用地	-68.92	-100.55	-140.47
合计	564.75	488.77	387.71

重庆新增城市建设用地侵占的主要是生态服务功能较强的林地,改变了下垫面性质,价值为负。

3.3 重庆城市生态系统敏感度和价值变化率分析

应用上述敏感性指数(敏感度)和价值变化率的计算方法,对不同土地利用类型的生态服务价值系数与面积调整5%,计算调整后的生态系统总服务价值(表6),据此分析各土地利用类型生态服务价值系数和面积变化对总服务价值的影响。结果表明,5种土地利用类型的敏感性指数Cs都小于1,耕地(旱地和水田)的敏感性指数最大,为0.53~0.58,草地最小,为0.0007。这表明重庆市生态系统总服务价值对于生态服务价值系数的变化缺乏弹性。

表 6 重庆城市生态系统服务价值敏感度和生态价值变化率

Table 6 Sensitivity of the ecosystem service value and change rate of the ecological value of Chongqing Proper

土地利用类型 价值系数 C_v	总服务价值 /10 ⁶ 元		敏感性指数 C_s		土地利用类型 面积 A	总服务价值 /10 ⁶ 元		价值变化率 R_c	
	1993年	2004年	1993年	2004年		1993年	2004年	1993年	2004年
林地 $C_v(1+5\%)$	571.97	393.31	0.26	0.29	林地 $A(1+5\%)$	638.54	461.50	2.61	3.81
林地 $C_v(1-5\%)$	557.53	382.11			林地 $A(1-5\%)$	490.96	313.92		
草地 $C_v(1+5\%)$	564.77	387.73	0.0007	0.0007	草地 $A(1+5\%)$	579.96	402.92	0.54	0.79
草地 $C_v(1-5\%)$	564.73	387.69			草地 $A(1-5\%)$	549.54	372.50		
耕地 $C_v(1+5\%)$	579.66	398.98	0.53	0.58	耕地 $A(1+5\%)$	586.89	409.85	0.78	1.14
耕地 $C_v(1-5\%)$	549.84	376.44			耕地 $A(1-5\%)$	542.61	365.57		
水域 $C_v(1+5\%)$	574.28	397.24	0.34	0.49	水域 $A(1+5\%)$	763.99	586.95	7.06	10.28
水域 $C_v(1-5\%)$	555.22	378.18			水域 $A(1-5\%)$	365.51	188.47		
城市建设用地 $C_v(1+5\%)$	561.30	380.69	0.12	0.36	城市建设用地 $A(1+5\%)$	545.57	368.53	0.68	0.99
城市建设用地 $C_v(1-5\%)$	568.20	394.73			城市建设用地 $A(1-5\%)$	583.93	406.89		

1. 计算 R_c 时, 各土地利用类型面积增加量占研究区总面积的 5%, 生态服务价值系数不变; 2. 耕地面积为旱地和水田面积之和。

从表 6 可以看出, 水域和林地面积变化对重庆城市生态系统总服务价值的变化影响很大, 价值变化率分别达 7.06~10.28 和 2.61~3.81。换言之, 如果水域和林地面积分别减少 1%, 重庆城市生态系统总服务价值就分别减少 7.06%~10.28% 和 2.61%~3.81%。草地和耕地面积变化对总服务价值的影响较小。

所以, 林地和水域在城市生态系统中占有非常重要的地位, 在加强城市建设的同时要注意保护城市林地和水域。

4 结语

(1) COSTANZA 等提出的生态服务价值系数存在对湿地和水域估计过高, 而对耕地估计过低的问题。谢高地等确定的中国大陆生态系统生态服务价值系数, 也仅提供了一个全国平均状态的生态系统服务价值的单价。城市生态系统的生态服务功能由于受人类干扰比较强烈, 其服务功能部分高于全国平均水平, 部分低于全国平均水平。

因此, 本文基于 COSTANZA 和谢高地等确定的生态服务价值系数, 参考昆山、杭州、广州和铜陵等市的生态服务价值系数, 确定了重庆城市生态系统生态服务价值系数, 并首次确定了城市建设用地的生态服务价值系数, 对重庆城市生态系统总服务价值进行了估算。结果显示, 本文所确定的生态服务价值系数是合理的, 以土地利用/覆被变化为基础研究生态系统服务价值动态是可行的。

(2) 依据重庆市主城区 3 期土地利用/覆被变化数据, 结合确定的生态服务价值系数, 估算重庆直辖前后土地利用变化所引起的城市生态系统总服务价值的变化。1993 年为 564.75×10⁶ 元, 2004 年为 387.71×10⁶ 元, 下降了 31.3%。这表明重庆直辖后, 城市建设加快, 生态系统受到严重影响。其中, 水域在城市生态系统中发挥重要作用, 是重庆城市生态系统服务价值的主要构成者。2004 年重庆水域生态系统服务价值占总服务价值的 49.1%。

另外, 林地的价值变化率大于 1, 表明林地面积变化对重庆城市生态系统的服务功能影响显著。重庆又是处于三峡库区库尾的城市, 所以今后应重点加强城市水域和林地的管理与保护。

(3) 生态服务价值系数是动态的, 其大小的确定不仅与生态系统的种类、结构、生物多样性有关, 而且还与空间位置、资源稀缺性等因素有关, 这是今后应继续加强研究的方面。

参考文献:

-
- [1]DAILYG. Nature Services :Societal Dependence on Natural Ecosystem [M]. Washington DC: Island Press, 1997: 122-134.
- [2]欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5):607-613.
- [3]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, 18(2):189-195.
- [4]张志强,徐中民,程国栋,等. 黑河流域张掖地区生态系统服务恢复的条件价值评估[J]. 生态学报, 2002, 22(6):885-893
- [5]肖寒,欧阳志云,赵景柱,等. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估[J]. 生态学报, 2000, 20(4):552-558.
- [6]李加林,童亿勤,许继琴,等. 杭州湾南岸生态系统服务功能及其经济价值研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(6):104-108.
- [7]重庆市统计局. 重庆市统计年鉴[Z]. 北京:中国统计出版社, 2006:110-160.
- [8]杨春华,王克林,陈洪松. 基于 RS 与 GIS 的西南喀斯特环境移民区土地利用/覆被变化特征分析[J]. 应用基础与工程科学学报, 2006, 14(2):228-238.
- [9]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.
- [10]COSTANZAR, D' ARGER, DEGRROOTR, etal. The Value of the Word' s Ecosystem Services and Natural Capital [J]. Nature, 1997, 387(4):253-260.
- [11]宗跃光,徐宏彦,汤艳冰,等. 城市生态系统服务功能的价值结构分析[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(4):19-22.
- [12]宋莉娟,蔡邦成,陆根法. 铜陵市生态系统服务功能价值评估与调整[J]. 生态经济, 2005(10):159-162.
- [13]段瑞娟,郝晋珉,王静. 土地利用结构与生态服务功能价值变化研究[J]. 生态经济, 2005(3):60-65.
- [14]闵捷,高魏,李晓云,等. 武汉市土地利用与生态系统服务价值的时空变化分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4):171-176.
- [15]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):55-62.
- [16]喻建华,高中贵,张露,等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2):213-217.