西北农业学报 2010,19(5):202-206
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

基于遥感的抚州市土地利用变化及生态系统服务功能价值变化研究*

于智强[1],臧德彦[1*],陈龙乾[2],谢淑容[1]
(1.东华理工大学 地球科学与测绘工程学院,江西抚州 344000;2.中国矿业大学 国土资源研究所,江苏徐州 221008)

摘 要: 基于1999年和2005年两期TM遥感数据,利用ERDAS8.5和Arcgis等平台进行数据处理,将抚州市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等6类,并得出了各地类的土地面积。然后,计算得出了研究区域内的生态系统服务功能价值并分析了其变化规律。结果表明,抚州市的土地利用变化明显,生态系统服务功能价值增幅较低且总量偏小,土地利用存在一定的结构问题,生态建设的力度还不够。着眼于政策、技术措施、资金和土地管理的综合视角,根据经济发展的实际,应合理调配用地结构,加大生态建设的力度,实现社会效益、经济效益和生态效益的同步提高。

关键词: 遥感;土地利用;生态服务功能价值;抚州市
中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1389(2010)05-0202-05

Changes of Land Use and Ecosystem Services Value Based on Remote Sensing

YU Zhiqiang[1], ZANG Deyan[1*], CHEN Longqian[2] and XIE Shurong[1]
(1. College of Geosciences and Geodetic Engineering, East China Institute of Technology, Fuzhou Jiangxi 344000, China; 2. Institute of Territory Resources, University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221008, China)

Abstract: Based on the TM data of Fuzhou city in 1999 and 2005, and analysis on the data processing platforms of ERDAS 8.5 and Arcgis, the classified land use type was divided into 6 kinds, i.e. cultivated lands, forestland, grassland, body of water, construction area and unused land, and land area was obtained around the classes. Then, the value of ecosystem services was calculated and the changes were analyzed. The results indicated that land-use changed significantly in Fuzhou, but value of ecosystem services was lower increased and the increase amount was too small. Some structure problems of land-use existed in Fuzhou, and the intensity of ecological construction was not enough. In the comprehensive view of policy, technique, fund and management, it is necessary to adopt the actual steps to regulate the land use structure, to enhance the intensity of ecological construction and to achieve harmonious development of social, economic and ecological effects.

Key words: Remote sensing; Land use; Ecosystem services value; Fuzhou city

生态系统服务(Ecosystem services)是指自然生态系统及其物种所提供能够满足和维持人类生存需要的条件和过程。它是人类重要生产生活资料的物质来源,更是人类得以维持生存的生命支持系统[1-2]。1997年Costanza等人对生态服务功能进行了划分,并提出一套价值估算的方法[3]。

* **收稿日期:** 2009-12-31 **修回日期:** 2010-01-07
基金项目: 国家自然科学基金(40874010);江西省教育厅科技项目,赣教技字[2006]215;东华理工大学研究生创新专项资金资助项目(DYCA09007)。
作者简介: 于智强,男,研究方向为土地信息学与土地信息系统。E-mail:yzq999yzq@126.com
* 通讯作者:臧德彦,男,教授,主要从事数据综合理论与方法及土地信息学研究。

受其影响，国内众多学者基于各自的研究方法，对一些典型研究区域进行了生态服务功能价值的估算研究。随着遥感技术的广泛应用，基于遥感方式的区域生态系统服务功能价值估算研究业已成为土地管理学和生态学领域的热点。利用遥感技术可以很好地反映生态系统服务功能价值的类型、质量状况空间、时间上的异质性，反映生态资产在空间上真实的分布状况。本文基于遥感技术，参考已有的研究成果[4-10]，借助 ERDAS 8.5 和 Arcgis 等平台对抚州市 1999－2005 年的土地利用变化和生态系统服务功能价值变化进行了研究。

1　数据准备及预处理

1.1　遥感数据

利用的数据为 1999 年和 2005 年抚州市两时相 TM 数据，数据来源于美国马里兰大学遥感数据下载网站（http://glcf.umiacs.umd.edu / index.shtml）。通过 ERDAS8.5Haze 处理后，进行薄云噪音处理，采用二次多项式变换成像，利用最邻近法对影像重采样后进行几何校正。投影坐标系采用高斯克吕格投影和北京坐标系。利用 ER Mpper6.1 软件 Mosaic 功能将各时相的两景影像进行镶嵌。将抚州市土地利用现状图行政边界矢量化后导入 ER Mpper 中，将边界图层存为 Region，并分别存到 2 个镶嵌好的影像中，继而实施掩膜算法截取研究区域。最后进行图像增强等相关处理，为数据提取做准备。

1.2　气象数据和地理底图数据

本研究利用的气象数据主要来源于中国气象局网站。数据的主要内容是研究期间内的降水量、气温、风速、日照、经纬度及海拔高度等。对获得的数据进行精度检验，除去变化差异大的干扰数据。地理底图数据主要是《中国植被类型图》、《抚州市土地利用现状图》，《抚州市地形图》以及研究期间内抚州市的土地利用现状数据等。

2　主要试验方法

2.1　生态系统服务价值计算方法

一定区域内生态资产的总量是一个随时间动态变化的量值，它是区域内所有生态系统类型提供的所有服务功能及其自然资源价值的总和，并随着区域内所含有的生态系统的类型、面积、质量的变化而变化[3-4]。一定区域内的生态资产价值总量可以表示为：

$$V=\sum_{c=1}^{n}Vc$$

式中 $c=1,2,\cdots,n$，表示生态系统类型；Vc 表示第 c 类生态系统生态资产价值量。

$$Vc=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}Rij\times Vci\times Sij$$

式中 $i=1,2,\cdots,n$ 表示第 c 类生态系统的第 i 种生态服务功能；Vci 表示第 c 类生态系统的第 i 种生态服务功能类型的单位面积价值；$j=1,2,\cdots,m$，表示一定区域内第 c 类生态系统在空间上分布的象元数；Sij 表示各个象元的面积大小；Rij 表示每个象元的调整系数，它是由生态系统的质量状况决定的[3]。

$$Rij=F(A_1,A_2\cdots,A_n)$$

式中 A_1、$A_2\cdots,A_n$ 表征生态系统质量状况的生态参数，不同质量状况同一生态系统类型的 Vci 是不同的，其差别由 Rij 来调整。参考潘耀忠等[3]提出的方法，本文选取植被覆盖度（fi）和植被净第一性生产力（NPP）作为表征当年生态系统质量状况的生态参数，对于任一像元，调整系数可表示为：

$$Rij=[\frac{NPPj}{NPP\mathrm{mean}}+\frac{fj}{f\mathrm{mean}}]/2$$

式中 NPPmean 和 $f$mean 为研究区内第 c 类生态系统植被净第一生产力的均值和植被覆盖度的均值；$NPPj$ 和 fj 为 j 像元的第一性生产力和植被覆盖度。

2.2　植被覆盖度 fi 的计算

植被覆盖度 fi 被定义为植被投影面积在单位面积上所占比例，它和叶面积指数可以作为衡量地表植被数量的指标。可利用 $NDVI$ 计算植被覆盖度，公式如下：

$$fi=(NAVI-NDVI\mathrm{soil})/(NDVI\mathrm{veg}-NDVI\mathrm{soil})$$

式中 $NDVI$soil 为裸土或无植被覆盖区域的 $NDVI$ 值，即无植被像元值；而 $NDVI$veg 则代表完全被植被所覆盖的像元的 $NDVI$ 值，即纯植被像元的 $NDVI$ 值。利用 ERDAS IMAGE 软件在 Model Maker 窗口中利用输入上述公式，确定输出图像后，执行 Process|｜Run 命令，便可得到植被覆盖度的数据。

2.3　植被净第一性生产 *NPP* 的计算

计算 NPP 时采用改进的光能利用率模型[10]，形式如下：

$$NPP=\varepsilon\times f_1(T)\times f_2(\beta)\times PAR\times FPAR-R$$

式中 R 表示呼吸消耗碳元素量；ε 表示最大光能利用率；$f_1(T)$ 和 $f_2(\beta)$ 分别表示温度和土壤水分的影响；PAR 表示到达地表的光合有效辐射，FPA 表示植被所吸收的光合有效辐射比例，由植被指数确定[11]。

2.4 LUCC 数据的获取

以 1999 年和 2005 年两时相经预处理过的遥感数据为基础，利用 ERDAS8.5 和 Arcgis 软件并结合外业调查等有关基础数据进行分类处理。首先，通过软件进行自动非监督分类。然后，建立解译标志进行监督分类。在 ERDAS IMAGE 主菜单中选择 Classifier，在下拉菜单中选择 Signature Editor，利用其弹出对话框完成训练样本选择、观察和评价，并保存训练样本文件。最后，在 Signature Editor 对话框中完成监督分类，获取土地被覆信息。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

由表 1 可以看出，抚州市主要土地利用类型为耕地和林地，分别占到总面积的 19.83%（2005 年）和 67.36%（2005 年），合计达到 87.19%。而未利用土地约为 106 615.07 hm^2，仅占总面积的 5.37%。

在 1999－2005 年间，抚州市各土地利用类型都有一定程度的变化。变化幅度顺序依次为建设用地＞未利用土地＞耕地＞林地＞草地＞水域。呈减少趋势的是耕地、草地、水域和未利用土地，分别减少 13 214.57、4.10、83.67 和 5 592.64 hm^2，其中未利用土地的减幅最大，达 5.25%；耕地面积的减少量最大（13 214.57 hm^2），主要是由于社会经济的快速发展和人口的增加，大量的土地转化为工矿和城乡建设用地。这一现象与当地经济的快速发展和城区南部新区建设有关；林地面积有较大的增加，达 15 250.79 hm^2，这说明抚州市植树造林生态建设工程成果显著；未利用土地的大面积减少（5 592.64 hm^2），一方面是源于植树造林用地，另一方面是耕地开发的补偿性开垦；草地和水域的变化较小，基本维持稳定。从以上分析可以看出，抚州市作为经济快速发展的新兴城市，土地开发的热情高涨，土地利用变化主要是与当地经济的快速发展、人口增加以及城市化进程加快等因素有着密切的联系。

表 1 1999－2005 年抚州市土地利用变化

Table 1 Changes of land use in Fuzhou City during 1999－2005 hm^2

类型 Type	1999		2002		2005		1999～2005		
	面积 Area	比例 Proportion	面积 Area	比例 Proportion	面积 Area	比例 Proportion	变化 Changes	变化率 Changing rate	排序 Ranking
耕地 Farmland	386194.47	20.53	382016.70	20.31	372979.90	19.83	－13214.57	－3.42	3
林地 Forestland	1251803.73	66.55	1255845.41	66.76	1267054.52	67.36	15250.79	1.22	4
草地 Grassland	630.40	0.03	626.45	0.03	626.30	0.03	－4.10	－0.65	5
水域 Waters	71162.76	3.78	70839.09	3.77	71079.09	3.78	－83.67	－0.12	6
建设用地 Building land	64705.89	3.44	67164.92	3.57	68349.99	3.63	3644.10	5.63	1
未利用土地 Unused land	106615.07	5.67	104619.75	5.56	101022.43	5.37	－5592.64	－5.25	2

注：2002 年数据来源于土地利用修编；考虑到遥感解译的精度，1999 年和 2005 年数据按 2002 年做归一化处理。

Note: The datas in 2002 was from Revision of Land Use; Considering the accuracy of remote sensing interpretation, the data in 1999 and 2005 was normalized according with 2002.

3.2 土地利用类型生态服务功能价值（ESV）变化分析

表 2 给出了抚州市各土地利用类型的 ESV。1999 年、2002 年和 2005 年的 ESV 分别为 300.29、300.66 和 302.38 亿元。同期的 ESV 与 GDP 之比为分别 2.24、1.81 和 1.15，呈减小趋势。抚州市在 1999－2005 年间 ESV 总量从 300.29 亿元增加到 302.38 亿元，仅增加 2.09 亿元，而同期 GDP 增加了 128.22 亿元，ESV 增幅远远落后于 GDP 的增幅。2002－2005 年间的增加量大于 1999－2002 年间的增加量，增幅有扩大的趋势。

从表 2 可以看出林地的 ESV 最高且占的比例最大，2005 年达到 81.09%，2005 比 1999 年增加 2.95 亿元，增量也是最大的，这与当地较高的森林覆盖率和森林面积的大量增加有关。水域的

ESV 总量排名第二,2005 年为 34.18 亿元,比 1999 年减少 0.04 亿元。虽然水域的总面积不大,但由于水域用地有着较大的单位价值量,所以其价值量较大。水域生态系统在生态服务方面发挥着重要的作用,在生态建设中占有重要的地位,应特别重视水域用地的保护和建设。耕地 2005 年的 ESV 为 22.81 亿元,总量排名第三位,比 1999 年减少 0.8 亿元,减幅达 33.88%,这主要源于耕地面积的大量减少。由于耕地生态价值量有较大的减幅,这提醒当地政府应进一步加大对耕地的保护力度,保证土地资源的集约利用。由于草地面积总量基本维持不变,故其 ESV 基本保持稳定。未利用土地虽然也有一定的变化,但是其占的比例较小,对总体 ESV 的影响较弱。

表 2　1999 年－2005 年抚州市各土地利用类型生态服务功能价值

Table 2　Ecosystem services value(ESV) for different land use types in Fuzhou during 1999－2005

	耕地 Farmland	林地 Forestland	草地 Grassland	水域 Waters	未利用土地 Unused land	合计 Total
1999 年 ESV/亿元	23.61	242.02	0.04	34.22	0.40	300.29
比例 Proportion	7.86	80.60	0.01	11.40	0.13	100.00
2002 年 ESV/亿元	23.36	242.81	0.04	34.06	0.39	300.66
比例 Proportion	7.77	80.76	0.01	11.33	0.13	100.00
2005 年 ESV/亿元	22.81	244.97	0.04	34.18	0.38	302.38
比例 Proportion	7.55	81.09	0.01	11.30	0.13	100.00
1999－2005 年 ESV 变化 Changs of ESV during 1999－2005	0.73	－2.95	0.00	－0.04	－0.02	－
1999－2005 年 ESV 变化率 Changing rate of ESV during 1999－2005	3.39	－1.22	0.00	－0.12	－5.00	－

3.3　各生态服务功能价值分析

表 3 给出了抚州市各项服务功能 ESV 的基本情况。气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、生物多样性保护、原材料生产和休闲娱乐呈增长趋势,但增量不大,其中原材料生产增量最大,其次是气体调节。这主要得益于森林面积的大量增加,因为森林对气体调节、气候调节、水源涵养以及原材料生产等方面的影响较大,且森林在气体调节服务项中的单位价值量最高。ESV 减少的是废物处理和食物生产。食物生产的减少量最大,主要由于耕地的大量减少。水域的单位价值在废物处理项中是最高的,无疑水域面积的减少使得废物处理的 ESV 有所减少。

表 3　1999－2005 年抚州市不同生态服务功能的价值量

Table 3　Ecosystem services value(ESV) for different ecosystem types in Fuzhou during 1999－2005

类别 Category	1998 年			2005 年			1998－2005 年
	ESV	比例 Proportion	排序 Ranking	ESV	比例 Proportion	排序 Ranking	ESV
气体调节 Gas regulation	41.59	13.85	3	41.94	13.87	3	0.84
气候调节 Climate regulation	34.36	11.44	5	34.57	11.43	5	0.61
水源涵养 Water storage	51.38	17.11	1	51.75	17.11	1	0.72
土壤形成与保护 Soil formation and protection	49.27	16.41	2	49.59	16.40	2	6.34
废物处理 Waste Treatment	31.58	10.52	6	31.56	10.44	6	－0.06
生物多样性保护 Maintaining biodiversity	40.46	13.47	4	40.78	13.49	4	0.79
食物生产 Food production	4.56	1.52	9	4.51	1.49	9	－1.10
原材料生产 Raw material production	30.15	10.04	7	30.54	10.10	7	1.29
休闲娱乐 Recreational entertainment	16.94	5.64	8	17.14	5.67	8	1.18
合计 Total	300.29	100.00	－	302.38	100.00	－	－

从 ESV 的构成结构来看,以 2005 年为例前 6 种非实物型生态服务功能所占的比例达到

82.74%，这一比例 1999 年为 82.79%。以上现象说明该市以非实物型 ESV 为主，实物型 ESV 所占比重有所增加，但是增幅较小。这要求我们在注重增加生态价值总量的同时，还要注重生态效益结构的变化，实现生态效益和经济效益的同步增加。

4 小 结

4.1 1999－2005 年期间抚州市耕地、草地、水域和未利用土地逐年减少，其中耕地和未利用土地减幅较大。林地和建设用地逐年增加，且增幅都比较大。说明该市在这 6 年里经济迅速发展，城市化建设不断加快。同时，大规模的植树造林工程取得了显著的成果。

4.2 抚州市 ESV 的总量较小，而且增长的幅度也不大，这与期间 GDP 的迅速增长极不相称，需采取积极措施，加强生态功能建设。

4.3 林地、水域和耕地在各用地类型中的 ESV 较大，对总体生态效益的影响也较大，需特别关注此类用地的变化，保证生态效益的稳步增加。

4.4 该市实物型 ESV 所占的比例较大，须进一步调配生态功能价值结构，实现生态效益和经济效益的同步增加。

通过以上研究，建议抚州市在保证经济发展对土地需求的同时，应切实控制耕地的减少速度，在提高单位用地经济产出方面多下功夫。继续加强植树造林工作，保证较高的森林覆盖率是维持生态环境的重要措施。总之，要根据经济发展的实际，合理调配用地结构，加大生态建设的力度，实现土地资源的可持续利用，实现社会效益、经济效益和生态效益的同步提高。

参考文献：

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

[2] 欧阳志云，王如松. 生态系统服务功能与可持续发展[M]//社会-经济-自然复合生态系统可持续发展研究，北京：中国环境科学出版社，1999.

[3] Costanza R，D'Arge R，Groot R，*et al*. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature，1997，387(5)：253-260.

[4] 潘耀忠，史培军，朱文泉，等. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量[J]. 中国科学：D 辑，2004，34(4)：375-384.

[5] 陈龙乾，郭达志，胡召玲，等. 徐州矿区土地利用变化遥感监测及塌陷地复垦利用研究[J]. 地理科学进展，2004，23(2)：10-15.

[6] 李 京，陈云浩，潘耀忠，等. 生态资产定量遥感测量技术体系研究-生态资产定量遥感评估模型[J]. 遥感信息，2003，3：8-10.

[7] 王玉梅，常学礼，丁俊新，等. 基于 RS/GIS 的呼和浩特市生态系统服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境，2009，23(8)：9-13.

[8] 谢高地，张亿锂，鲁春霞，等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报，2001，16(1)：47-53.

[9] 胡振琪，陈 涛. 基于 ERDAS 的矿区植被覆盖度遥感信息提取研究-以陕西省榆林市神府煤矿区为例[J]. 西北林学院学报，2008，23(2)：164-167.

[10] 孙 睿，朱启疆. 中国陆地植被净第一性生产力及季节变化研究[J]. 地理学报，2000，55(1)：36-45.

[11] Sellers P J，Tueker C J，Collatz G J，*et al*. Aglobal 10 by 10 NDVI Data set for climate studies part2：the generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from the NDVI[J]. International Journal of Remote Sensing，1994，15(17)：3519-3545.