

文章编号: 1673-9469 (2017) 03-0088-05

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2017.03.019

无锡土地利用变化及生态系统服务价值研究

韩 炜

(河海大学地理信息科学与工程研究所, 江苏南京 211100)

摘要: 选取江苏省无锡市作为研究区域, 探索从2000年到2014年, 无锡土地利用状况及生态系统服务价值的变化。对无锡市的发展状况进行评估并对未来的城市发展做出相应的分析。结果表明, 无锡市土地大多数是从其他土地类型转变为建设用地; 在水域、耕地、林地这3种土地利用类型中, 仅有林地有少幅增加; 建设用地是变化量最大的土地利用类型, 也是最快的类型, 可见无锡的城市化进程在这14年中迅猛发展; 而在生态系统服务价值方面, 无锡的生态系统服务价值也是逐年递增的, 但总体变化幅度不大。

关键词: 土地利用; 遥感影像; 生态系统服务评价; 城市化进程

中图分类号: F301; P237

文献标识码: A

Study on land use change and ecosystem services evaluation of Wuxi

HAN Wei

(Institute of Geographical Information Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 21100, China)

Abstract: Based on the changes of land use and the value of ecosystem services, in this study we select Wuxi City, Jiangsu Province as the research area, and explore the change of land use status and ecosystem service value in Wuxi from 2000 to 2014. The assessment of the development for Wuxi City and the analysis of future development are carried out. The actual results show that most of the land in Wuxi is transformed from other land types to construction land. In the three types of land use types, such as waters, cultivated land and forest land, there is only a slight increase in forest land. Construction land is the largest change and the fastest type in the type of land use. it reveals the process of urbanization in Wuxi in the 14 years of rapid development. In terms of the value of ecosystem services, the value of ecosystem services in Wuxi increases year by year, but the overall change is not significant.

Key words: Land use; remote sensing image; ecosystem service evaluation; urbanization process

土地利用/覆被变化(LUCC)是全球环境变化的重要组成部分, 其不仅带来了地表结构的巨大变化, 而且对生态服务造成重要的影响。进入21世纪以来, 我国的土地生态系统遭到了不同程度的破坏, 出现了水土流失、生态多样性急速减少、土地荒漠化、水体污染等一系列生态问题。由此关于土地利用程度变化、全球生态系统服务价值量的变化等问题越来越被人们关注, 并且逐渐成为全球研究的热点之一^[1]。国内学者对土地利用/覆被变化的研究

进程相对较晚, 从上个世纪90年代开始, 国内学者借鉴了国外的研究成果和经验, 并取得了一定的成就。国内对土地利用与土地覆被变化的研究领域包括: 土地利用/土地覆被时空变化研究、驱动机制研究和生态环境效益研究^[2]。本研究选取国内较为发达的江苏省无锡市作为研究对象, 探讨我国东部沿海城市化进程的现象, 对无锡以及东部沿海城市的土地利用、协调可持续发展提供相应的依据, 为经济持续增长和社会稳定繁荣打下坚实的基础。

收稿日期: 2017-05-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41201394)

作者简介: 韩炜(1994-), 男, 江苏兴化人, 硕士, 研究方向为空间分析与建模。

1 土地利用变化研究

1.1 数据源

本次研究主要采用的数据是2000年5月4号、2007年3月29号和2014年12月29号的TM遥感影像，条带号和行编号都为119、38，这三期的遥感影像质量均较好，且云量基本上控制在5%以下而且无锡区域基本上属于无云区域，所以选择这3期影像处理出来的效果较好，误差较小。年度跨度是14年，有较好的对比度。

1.2 遥感数据预处理

遥感影像的预处理包括了影像的几何纠正，影像的裁剪和拼接，多波段的数据融合及选择，图像的增强等。其中TM影像波段合成选取的是432假彩色合成，即4、3、2波段分别赋予红、绿、蓝色，在植被、农作物、土地利用和湿地分析方面，这是比较常用的波段选择，经过试验，也试用于无锡的土地利用分类。经过如上处理，最终得到的结果见图1。

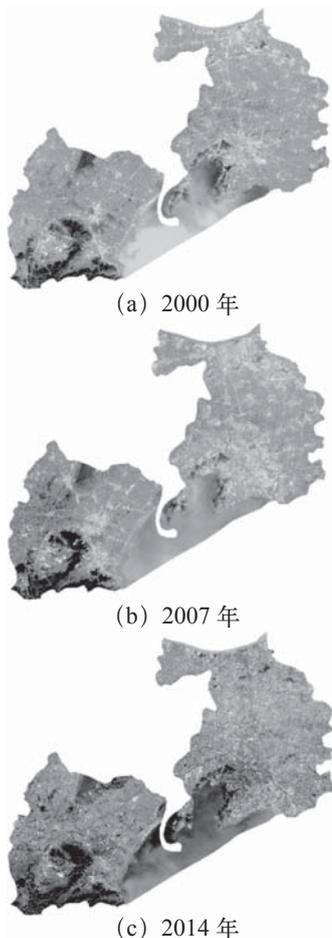


图1 无锡市遥感影像（经过预处理）
Fig.1 The processed remote sensing image of Wuxi

1.3 遥感影像解译分类

本次研究参考了《土地利用动态遥感监测规程》(TD/T1010-1999)以及《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007)，将无锡市的土地利用/土地覆被类别划分为水域、林地、耕地、建设用地、未利用地这5种类型，具体见表1。

表1 无锡市土地利用类型划分
Tab.1 The classification of land-use of Wuxi

一级类	二级类
水域	河流、湖泊、鱼塘、沟渠、水库等
林地	林地、灌木林、乔木林、茶园等
耕地	旱地、水田
建设用地	居民地、城乡建设用地、道路、水利设施用地等
未利用地	荒草地、裸地等

本文采用最大似然法监督分类的方法对影像进行解译，具体处理步骤如下：

(1) 建立解译标志（表2）

表2 无锡TM影像解译标志
Tab.2 Interpretation marks for the TM image of Wuxi

类型	影像特征
水域	轮廓、几何特征明显；影像中呈现深蓝或淡蓝色
林地	边界清晰，形状不规则；影像中深红色或褐色
耕地	块状，边界清晰；有纹理；影像中呈浅红色或粉红色
建设用地	边界模糊，几何形状较明显；影像中呈灰黑色，夹有白、黄色等杂色
未利用地	边界清晰；纹理单调；影像中呈白色或浅黄色

(2) 监督分类：本文采用的是ENVI的最大似然法(Maximum Likelihood)进行监督分类，分类结果见图2。

(3) 分类后处理：分类过程中会出现面积较小的图斑或者分类结果与事实不符的情况，则可以通过人工处理将那块区域重新分类到应属的类别中去，可提高精度。

(4) 精度检验：用ENVI软件计算分类混淆矩阵和Kappa指数。得到2000年、2007年、2014年三期影像处理的总体分类精度为90.01%、92.75%、88.14%，Kappa指数为0.86、0.88、0.82，符合要求。

(5) 面积计算：通过软件计算出各利用地的面积（表3）。

表 3 2000—2014 年间无锡地区土地利用变化分类面积表
 Tab.3 The area of classified land-use change in Wuxi from 2000 to 2014 (单位: km²)

土地利用类型	2000 年	2007 年	2014 年	2000—2007 年	2007—2014 年	2000—2014 年
水域	876	779	761	-97	-18	-115
林地	720	786	755	66	-31	35
耕地	1 987	1 872	1 690	-115	-182	-297
建设用地	1 027	1 173	1 402	146	229	375
未利用地	2	2	4	0	2	2
总面积	4 612	4 612	4 612	--	--	--

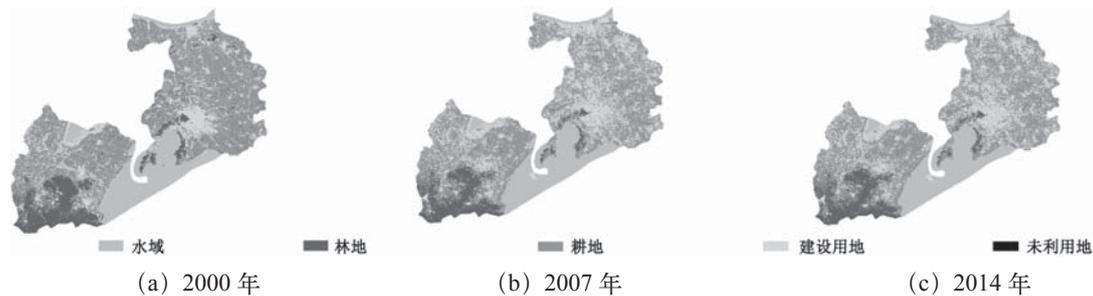


图 2 无锡土地利用图
 Fig.2 Land use map of Wuxi

1.4 土地利用变化趋势分析

水域在 2000—2014 年间, 总体减少了 115 km², 减少量较大, 主要是各项建设用地的扩张占据了水体, 由于不同月份水位的高低不同, 也造成了 2014 年的影像数据水域面积偏小。林地在 2000—2014 年间, 总体增加了 35 km²。其原因主要是政策的支持, 在 2000—2007 年间兴起了退耕还林的活动, 许多农田也转变为经济果园, 使得林地总体增加。耕地在 2000—2014 年间, 总体减少了 297 km²。在这 5 种土地利用类型中是减少量最多的。主要是因为建设用地的扩张, 也有退耕还林使得一部分耕地转变为林业用地。建设用地在 2000—2014 年间, 总体增加了 375 km²。在 5 种土地利用类型中增加量最多。原因主要是城市化的进程进一步加快, 城区人口的进一步增加导致用地紧张, 需要扩张来维持城市的发展, 其余土地利用类型减少绝大多数都转移到建设用地上, 使得建设用地在 14 年间迅速增长。未利用地在 2000—2014 年间, 总体增加了 2 km²。未利用地在无锡主要指的是江阴长江边上在长江落潮时裸露出来的泥沙地表, 因此和月份有很大的关系。由于影像选取的时间, 2000 年和 2007 年均是在 3 月份选取的影像, 所以总体上, 未利用地的面积差别不大, 而 2014 年主要选取的是 12 月份的影像, 属于冬季枯水期, 长江水位下降, 裸露出来的地表便比前两年得到的结果多出了 2 km²。总体来说, 未利用地对

无锡的土地利用变化的研究影响不大。

2 生态系统服务价值分析

生态系统通过各部分之间以及生态系统与周围环境之间的物质和能量交换, 直接或间接地为人类提供各种服务, 是人类赖以生存的物质基础。生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到生命支持产品和服务, 包括供给服务、调节服务、支持服务和文化服务^[3]。

2.1 指标体系的构建

本文分析无锡的生态系统, 是在千年生态系统评估 (millennium ecosystem assessment, 简称 MA)、Constanza 以及谢高地等人的研究基础上, 将无锡的生态系统评估的指标体系构建如表 4^[4]。

2.2 生态系统服务价值当量因子的构建

1997 年, Constanza 最先开始在全球范围内的生态系统服务价值的估算研究, 但是存在一定的不足。中国谢高地等针对其不足, 取其精华, 去其糟粕, 在此基础上制定了中国生态系统服务价值当量因子表。提供了全国基准的生态系统服务价值的单价。之后, 又有很多的学者基于谢高地等的研究, 结合本地区实际进行了因子的适当调整。付光辉等在前

表4 无锡市生态系统评估指标体系
Tab.4 Ecosystem Assessment Index System of Wuxi

服务类型	评价指标	指标描述及细化	主要土地类型
供给服务	食物生产	农副产品	水域、林地、耕地
	原材料	工业、建筑业材料提供	耕地、林地
调节服务	气体调节	吸收 CO ₂ 、SO ₂ ，释放 O ₂	林地
	气候调节	气温、湿度调节	水域、林地
	水源涵养	淡水净化、水质优化	水域、林地
	废物处理	废物降解	水域、林地
支持服务	土壤形成	控制养分	林地
文化服务	生物多样性	生物控制	水域、林地
	娱乐文化	景观、娱乐、文化	水域、林地

表5 江苏省生态系统服务价值当量因子表
Tab.5 Equivalent weight factor of ecosystem services per hectare of ecosystem in Jiangsu province

价值分类	一级类型	二级类型	耕地	园地	林地	草地	其他农用地	居民点及工矿用地	交通用地	水利设施用地	水域	未利用土地
市场价值	供给服务	食物生产	1.00	0.10	0.20	0.30	0.04	0.00	0.00	0.03	0.10	0.18
		原材料	0.10	2.60	1.33	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
非市场价值	调节服务	气体调节	0.50	2.15	3.50	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.48
		气候调节	0.89	1.80	2.70	0.90	0.18	0.00	0.00	0.11	2.06	0.54
		水源涵养	0.60	2.00	3.20	0.80	8.15	0.00	0.00	5.10	16.83	0.48
		废物处理	1.64	1.31	1.31	1.31	7.27	0.00	0.00	4.54	15.45	0.79
	支持服务	土壤形成	1.46	2.93	3.90	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.17
		生物多样	0.71	3.26	2.17	1.16	1.00	0.00	0.00	0.62	2.12	0.65
文化	娱乐文化	0.01	1.28	0.66	0.04	1.74	0.00	0.00	1.09	3.81	0.02	

注：建设用地对应居民点及工矿和水利设施用地类型。

人研究的基础上，结合江苏省的实际，提出了江苏地区的生态系统服务价值当量因子表^[5-6]。经过调查研究，以上评价因子也适用于无锡地区，于是本文也采用该表作为无锡市生态系统服务价值因子当量表（表5）。

2.3 生态系统服务价值的运算

本文在谢高地等人制定的标准的基础上，制定了无锡市生态系统1个当量因子的价值计算公式为

$$E_n = \frac{P_n \times Q_n}{S_n} \times \frac{1}{7} \quad (1)$$

式中： E_n 为第 n 年无锡的单位某种生态系统服务的经济价值； P_n 为无锡市第 n 年经济回报的平均价格； Q_n 为无锡市该种土地利用的经济作物的总产量； S_n 为无锡市该土地利用类型的面积。

根据在无锡市统计局网站搜集的无锡市2000、2007、2014年水产品、林地（茶叶为主）、农田产品的相关数据，得到相应的环境价值。

2.4 生态系统服务价值评估

本文在中国生态系统服务价值当量因子的基础上，考虑到社会经济的因子，建立无锡市生态系统服务价值的模型如下：

$$ESV = \sum_i^n E_n \times A_{in} \times S_{ij} \times S_n \quad (2)$$

式中： ESV 为无锡市生态系统服务价值总量； E_n 为第 n 年的单位面积某种生态系统服务的价值； A_{in} 为 i 类土地生态系统在第 n 年的面积； S_{ij} 为江苏省生态系统服务价值当量因子； S_n 为第 n 年社会经济因子的调整后的系数。

2.5 生态系统服务价值分析

将不同年份不同土地利用类型的生态系统服务价值作比较并计算出不同类型变化的速率，可以更好地分析生态系统服务价值的变化（表6、表7）。

从表7可以看出：无锡的生态系统服务总体价值是持续增加的，不过增速在放缓；各种土地利用类型的生态系统服务价值也是持续增加的，其中只

表6 无锡市2000、2007、2014年生态系统服务的总价值 (单位:万元)
Tab.6 The values of ecosystem services of Wuxi in 2000、2007、2014 (unit: Ten thousand yuan)

年份	水体生态系统	林地生态系统	农田生态系统	总价值
2000	15 754.462 2	404 966.248 5	26 065.335 5	446 786.046 1
2007	17 999.999 7	618 739.202 0	36 849.300 3	673 588.502 1
2014	25 043.997 3	806 055.095 2	43 457.142 2	874 556.234 7

(注:本文中建设用地与未利用地生态系统服务价值均为0)。

表7 无锡市各土地利用类型生态系统服务价值变化
Tab.7 The changes of the value of ecosystem services of different land use in Wuxi

	2000—2007 变化量	变化速率 /%	2007—2014 变化量	变化速率 /%
水体	2 245.537 5	14.25	7 043.997 6	39.13
林地	213 772.953 5	52.79	187 315.893 1	30.27
农田	10 783.964 8	41.37	6 607.841 9	17.93
总体	226 802.456 0	50.76	200 967.732 6	29.84

有水体生态服务价值是增长得越来越快的;林地、农田生态系统的服务价值增速都在放缓;各种土地利用类型中,增加量最大的是林地生态系统;在2000到2007年间,变化速度最快的是林地,最慢的水体;在2007到2014年间,变化速度最快的是水体,最慢的是农田。

从上述的趋势中我们可以看出,无锡地区的生态系统服务的价值是持续增加的,虽然水体的面积总体在减少,耕地的面积在减少,但是由于其单位农田和单位水体的生态系统服务价值是增加的,所以总体上水体和农田生态系统服务价值还是增加的,林地的总体面积在增加,而且单位林地生态系统的服务价值也是持续增加的,所以林地的生态系统服务价值也在持续增加,只不过幅度在减小。而造成总体生态系统服务价值增加的原因,主要是由于人们保护生态意识的提高、政策的扶持以及经济的发展等各方面因素^[7]。

3 结论

1) 无锡市在2000—2014年中是一直处于城市化的高速发展当中,且后7年比前7年还快。而在土地利用强度方面,在14年中,土地利用强度等级向高级别方向不断发展,利用强度不断增大。

2) 无锡的土地利用大多数都是转变为建设用地,这对无锡的生态环境是有着一定程度的影响,但是在当地政府和居民的共同努力下,实施了退耕还林、退渔还湖等措施,并且随着生产技术的提升,使得综合生态系统服务价值稳步提升。

参考文献:

- [1] 张军辉. 基于遥感的区域土地利用变化及生态系统服务价值研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [2] 杨凯, 陈军, 关泽群, 等. 用多时域遥感影像测定城市演变的方法[J]. 经济地理, 1986(3): 191-195.
- [3] 徐丽芬, 许学工, 罗涛, 等. 基于土地利用的生态系统服务价值当量修订方法——以渤海湾沿岸为例[J]. 地理研究, 2012, 31(10): 1775-1784.
- [4] SHAO J A, WEI C F, XIE D T. Sustainable land use planning based on ecological health[J]. Chinese Geographical Science, 2005, 15(2): 137-144.
- [5] 付光辉, 刘友兆, 祖跃升, 等. 区域土地整理综合效益测算——以徐州市贾汪区为例[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 25-30.
- [6] 王同坤. 基于生态系统服务价值的生态补偿研究——以无锡市新区为例[J]. 江苏城市规划, 2016(2): 20-23.
- [7] 刘韬, 陈斌, 杜耘, 等. 洪湖湿地生态系统服务价值评估研究[J]. 华中师范大学学报: 自科版, 2007, 41(2): 304-308.