

# 2000–2015 年安徽省土地利用及 生态系统服务价值变化分析

彭鹏 梁栋栋<sup>1</sup>

（安徽师范大学 地理与旅游学院，安徽 芜湖 241000）

**【摘要】：**以四期安徽省土地利用遥感数据为数据源，基于 GIS 空间分析及 SPSS 相关分析，系统分析了安徽省土地利用变化和生态系统服务价值变化的特征以及前者对后者的影响。研究表明：（1）2000–2015 年安徽省耕地、林地、草地面积减少，建设用地、水域、未利用地面积增加，其中建设用地与耕地是转换最为活跃的地类；（2）安徽省生态系统服务价值总体下降，由 2000 年的 3130.33 亿元减少为 2015 年的 3094.99 亿元；（3）以林地为主的森林生态系统是安徽省生态系统服务价值的主要提供者，约占安徽省生态系统服务价值的 43%；（4）安徽省生态系统服务价值变化呈现明显的地域差异，生态系统服务价值高值区主要集中在皖南山区、皖西大别山区；（5）安徽省生态系统服务价值与建设用地面积呈负相关关系，建设用地的增加给生态系统服务带来了一定程度的损害。

**【关键词】：**安徽省 土地利用变化 生态系统服务价值 GIS 空间分析

**【中图分类号】**F062.2 **【文献标识码】**A

生态系统服务是指人类从生态系统中获得的各种惠益，生态系统服务为人类提供赖以生存的物质基础和环境。土地利用变化通过影响区域生态系统的结构和功能，决定着生态系统所能向人类社会提供的各项服务价值和功能。随着社会经济的发展和城市化的不断推进带来的土地利用变化，生态系统服务功能出现了不同程度的退化。国土空间规划体系的构建与完善，对生态空间的保护也提出了更为严格的要求。分析土地利用与生态系统服务的时空变化规律，研究二者可能存在的相互关系，对优化土地利用，保护生态环境有着重要意义。

部分学者首先对生态系统服务价值的时空演变开展了深入的研究，阐释了不同区域的生态系统服务价值的演变规律。随着研究的深入，土地利用变化与生态服务价值的关系成为研究的焦点，在这一阶段，研究区域的选择也是学者们研究的重点。为了进一步研究土地利用与生态系统服务之间的相互关系，空间自相关、地理加权回归等模型也被陆续引入到相关研究中，拓展了研究二者相互关系的方法。

近年来对安徽省的相关研究更侧重于土地利用及生态系统服务价值的数量变化，缺少对空间变化规律的研究，同时大多忽略建设用地的生态负效应。故本研究以 2000/2005/2010 年/2015 年四期安徽省遥感监测数据为数据源，研究安徽省土地利用及生态系统服务的时空变化及二者的关系，为安徽省的生态环境保护以及整体的发展战略的制定提供一定的参考。

## 1 研究区概况

---

**作者简介：**彭鹏（1995–），男，安徽合肥人，硕士研究生，研究方向：土地生态。  
梁栋栋（1971–），男，安徽亳州人，博士，副教授，硕导，研究方向：土地利用变化。

安徽省位于东经 114° 54′ ~119° 37′ 与北纬 29° 41′ ~34° 38′ 之间，总面积约 14.01 万 km<sup>2</sup>，下辖 16 个地级市。安徽省是全国重要的农业生产区，其自然资源也相当丰富，水资源总量约 700 亿 m<sup>3</sup>，矿产资源储量在全国名列前茅。但随着经济的不断发展和城市化的推进，安徽省也面临着越来越多的生态环境问题。

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据来源

数据主要包括：2000/2005/2010/2015 年四期中国土地利用现状遥感监测数据（中国科学院资源环境科学数据中心，数据栅格单元大小为 1km×1km）；社会经济数据（安徽省统计年鉴、中国统计年鉴）；

本研究依据数据源的分类体系及《土地利用现状分类标准》（GB/T21010—2007）将各地类归并为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。基于生态系统分类将源数据的二级类重新整合为农田生态系统、森林生态系统、草地生态系统、水体生态系统、湿地生态系统、城市聚落生态系统、荒漠生态系统以对应生态系统服务价值的核算。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 生态系统服务价值的计算。

Costanza 等估算了全球的生态系统服务价值，谢高地等制定了中国陆地生态系统生态服务价值当量因子表。由于区域间存在差异，根据谢高地等测算的我国不同省份农田生态系统生物量因子，取安徽省系数 1.17 对生态系统服务当量因子表进行省域修正。同时依据相关统计年鉴得到安徽省 2000–2015 年平均粮食单产 4727.10kg/hm<sup>2</sup>，2015 年粮食平均单价 2.44 元/kg，从而计算出安徽省一个当量因子的价格约为 1647.73 元/hm<sup>2</sup>。对于城市聚落生态系统的生态系统服务价值则参照相关研究赋值，从而得到安徽省的生态系统服务价值表。并结合生态系统服务价值的计算公式与 ArcGIS 的栅格计算进一步描述安徽省生态系统服务价值的时空变化特征。生态系统服务价值的计算公式如下：

$$\begin{aligned} ESV_k &= \sum_f A_k \times VC_{kf}; \quad ESV_f = \sum_k A_k \times VC_{kf} \\ ESV &= \sum_k \sum_f A_k \times VC_{kf} \end{aligned} \quad (1)$$

式中：ESV<sub>k</sub>、ESV<sub>f</sub>和 ESV 分别为第 k 类生态系统的服务价值（元/hm<sup>2</sup>/年）、第 f 项生态服务功能价值和生态系统服务总价值，A<sub>k</sub>为第 k 类型的生态系统土地面积（hm<sup>2</sup>），VC<sub>kf</sub>为第 k 类型生态系统第 f 项生态服务单位面积的服务价值（元/hm<sup>2</sup>）。

#### 2.2.2 相关分析。

相关分析是以数量的方法来表现变量之间联系的紧密程度。基于 SPSS 软件采用皮尔逊(Pearson)系数和斯皮尔曼(Spearman)系数，对 2000–2015 年间安徽省各市域生态系统服务价值与建设用地的关系进行分析。

## 3 结果分析

### 3.1 土地利用数量结构变化

2000-2015 年间,安徽省的耕地、林地、草地总体呈现下降趋势,而水域、未利用地、建设用地总体呈现增加趋势。结合土地利用转移矩阵可知,由于城市发展所带来的大量建设需求,安徽省耕地面积不断减少,约有 1745km<sup>2</sup>的耕地转化为建设用地,占耕地减少量的 85.92%。同时有将近 18km<sup>2</sup>的耕地转化为未利用地,这占到了 2015 年末未利用地总数量的 64.29%,可见有相当一部分的未利用地来源于耕地的污染破坏或抛荒。2000-2015 年增加的耕地主要来源于水域与建设用地,分别占增加的 70.40%和 24.00%,水域的转化主要得益于自然环境的变化以及土地整治,而建设用地的转化则来源于耕地占补平衡等相关政策的完善与推进。林地在 2000-2015 年间总体下降,但 2000-2005 年略微上升,1999 年国家开始推行植树造林、退耕还林政策,安徽省也积极响应,使得林地面积增加。在 2000-2015 年间,林地增加的 80%均来源于耕地,退耕还林成为林地增加的主要来源。但同时也有大量的林地和城市扩张的过程中被侵占破坏,根据转移矩阵可知,约将近 90.10%的林地转化均为向耕地的转变,因而总体上林地的面积依旧逐渐减少。与林地变化类似,草地面积的变化在 15 年间呈下降趋势。同样得益于退耕还草政策的开展,草地面积的增加 75%由耕地转化而来,但在草地转化为其他地类中,有 88.68%的草地转化为建设用地,建设用地不断的扩张是导致草地面积逐年减少的主要原因。水域的面积逐年上升,其面积增加的来源主要是耕地,占转化为水域各地类总面积的 96.73%。水域则主要转化为耕地与建设用地,分别占水域转化为其他地类总面积的 67.69%和 30.00%。2000-2015 年是安徽省城市飞速发展的时期,建设用地的需求旺盛,导致大量地类转换为建设用地,各地类转化为其他地类总面积中占比最高的就是转换为建设用地。但就建设用地的增加而言,其主要来源还是耕地,15 年间耕地的转换占建设用地增加量的 92.72%,耕地保护与城市建设发展之间的矛盾依旧是安徽省土地利用的主要矛盾,协调二者关系是未来土地利用管理的核心任务。未利用地在 2000-2010 一直保持在较低的数量,但 2010-2015 年间其数量增加了 6 倍,其增加来源主要是耕地与林地,可见随着城镇化的持续发展,生态环境保护的压力也不断增加。

### 3.2 土地利用空间位置变化

耕地的减少主要以耕地向建设用地的转换为主,转换为建设用地主要集中在合肥、铜陵、芜湖、马鞍山这几个城市化较为迅速的地区,而皖南的大部分地区以及皖西地区由于地理环境的限制以及经济发展的相对滞后,建设用地需求较小,耕地转换为建设用地的数量较少。皖北地区的淮北、淮南、蚌埠也是耕地向建设用地转换较为集中的地区。林地的减少主要以林地转换为建设用地为主,其分布较为离散,这一转换主要在皖南山区以及皖西地区较为活跃,铜陵与池州两个市是林地转换为建设用地的主要地区,这可能与两地的矿产资源的开采密切相关。草地向其他地类的转换主要以草地转换为建设用地为主,与林地转换为建设用地一致,铜陵、池州两市的转换最为明显,宿州、淮北也有较为零散的分布。建设用地的减少主要来源于建设用地向耕地的转换,这一转换在皖北地区较为集中,皖南地区相对较少,合肥、六安也有零星分布。水域主要转化为建设用地和耕地,水域转化为建设用地大量集中于淮北市,在安庆、池州两市的交界也有一定分布。未利用地则主要由耕地转换而来,其自身数量相对稳定,几乎不发生向其他地类的转换,这与未利用地自身难以被开发的性质有关。(图 1)

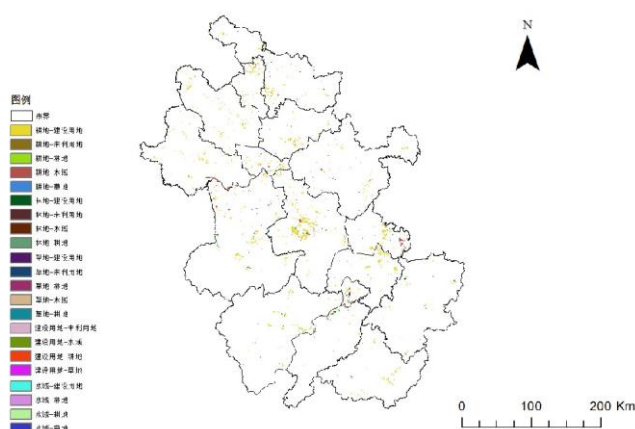


图 1 2000-2015 年安徽省土地利用各地类空间变化

### 3.3 生态系统服务价值变化分析

#### 3.3.1 生态系统服务价值时间变化分析。

2000-2015 年年安徽省生态系统服务价值总体呈明显的下降趋势，2000-2005 年、2005-2010 年、2010-2015 年三个时期，安徽省生态系统服务价值分别减少了 3.03 亿元、12.67 亿元、19.63 亿元，减少的数量不断增加，从侧面反映了安徽省土地利用结构变化的不合理。由于具有生态负效应的建设用地对耕地、林地等具有显著生态正效应地类的侵占，安徽省的生态环境面临着越来越大的压力。

从生态系统角度，各生态系统的贡献率排序如下：森林>农田>水体>湿地>草地>荒漠，而城市聚落生态贡献率为负，有着显著的生态负效应。森林是生态贡献率最高的生态系统，其贡献率一直稳定在 43%以上，并且稳中有升。农田的贡献率不断下降，大量的耕地转换为建设用地，二者的生态服务贡献之差深刻影响着安徽省生态系统服务价值的变化。建设用地的负贡献率逐渐增加，建设用地不断增加给生态系统服务价值总量的稳定带来了巨大冲击。草地和水体生态系统的贡献率相对比较稳定，安徽省荒漠生态系统面积较少，对生态系统服务价值的影响有限。

从生态系统服务角度，安徽省生态系统功能中的调节服务、支持服务、供给服务均呈下降趋势，而文化服务则呈上升趋势。2000-2015 年，调节服务功能约占生态系统服务总价值的 56%，是安徽省生态系统服务的主要功能，其次依次是支持服务功能、供给服务功能和文化服务功能。对于二级生态系统服务功能，水源涵养、废物处理、土壤形成与保护是三项占比最高的二级生态系统服务功能，均占生态系统服务总价值的 16%以上。水源涵养功能是变化最剧烈的二级生态系统服务功能，15 年间减少了 4.61 亿元。建设用地的扩张使得大部分生态系统服务功能受损，生态系统服务价值降低。由于对湿地的保护不断增强，湿地的面积有所增加，使得文化服务功能有所上升。

#### 3.3.2 生态系统服务价值空间变化。

安徽省生态系统服务价值的高值区主要集中在皖南山区，皖西大别山地区，其森林等自然资源丰富，生态系统服务功能发达，同时土地利用程度较低，生态环境受城市建设影响较小，因此生态服务价值也相对较高。并且这些地区对于安徽省的气候调节、土壤保持、生物多样性保护等都有着重要的意义，是安徽省生态系统的核心区域。巢湖、长江、淮河等水系水源涵养与废物处理功能较强，其单位面积生态系统服务价值可达 88622 元/hm<sup>2</sup> 以上。生态系统服务价值则主要集中在合肥市，其部分地区单位面积生态系统服务价值为负值，由于近年来合肥处于高速发展的时期，不可避免的会对生态环境产生负面影响（见图 2）。

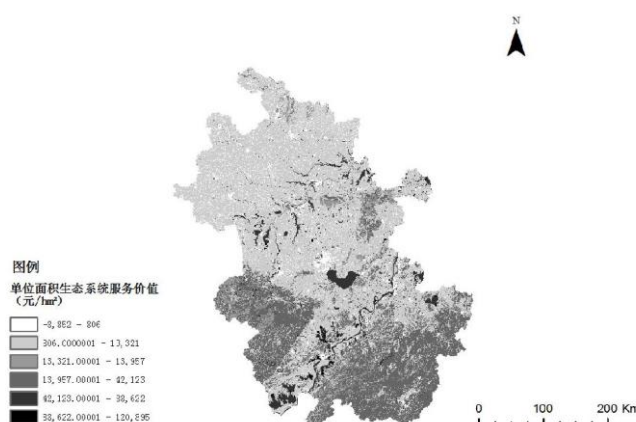


图 2 安徽省单位面积生态系统服务价值

### 3.4 土地利用与生态系统服务的相关分析

因为建设用地对生态系统服务的影响显著且各地类向其转换最为活跃，分析建设用地面积变化与生态系统服务之间的关系。计算得出各市域 2000-2015 年间建设用地面积变化和生态系统服务价值变化，从而根据 SPSS22.0 软件分析土地利用变化与生态系统服务价值的关系。首先要对各变量进行正态性检验，其 K-S 结果的 .sig 值均大于 0.05，说明各变量均符合正态分布。在相关检验中分别选取了 person 系数和 speraman 系数进行检验，其检验结果如下：

2000-2015 年安徽省建设用地的变化量与生态系统服务价值变化量的相关性为显著负相关，皮尔逊系数和斯皮尔曼系数的值分别为-0.832 和-0.597，说明建设用地的快速增加导致了生态系统服务价值量的减少。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

(1)2000-2015 年，安徽省耕地、林地、草地面积减少，而建设用地、水域、未利用地面积增加。其中减少的耕地主要转换为建设用地，15 年间建设用地数量增加了 1882km<sup>2</sup>。除耕地以外，增加的建设用地主要来源于林地、草地的转换，这导致了林地、草地的面积减少。水域面积有所增加，受退耕还湖政策影响，其增加部分主要来自于耕地的转换。未利用地在 2010-2015 年面积显著增加，耕地的抛荒污染成为未利用地增加的主要来源。

(2)2000-2015 年安徽省生态系统服务价值呈下降趋势，在 15 年间共减少 35.34 亿元，主要原因在于土地利用结构的不合理造成的生态系统服务功能的减弱。各生态系统的贡献率排序如下：森林>农田>水体>湿地>草地>荒漠，一级生态系统服务功能中除文化服务外生态系统服务价值均有所减少，水源涵养、废物处理、土壤形成与保护是三项主要的二级生态系统服务功能，共占生态系统服务总价值的 42%以上。安徽省生态系统服务价值空间分布有着明显的地域差异，皖西大别山区、皖南山区生态系统服务价值较高，合肥以及皖北部分城市生态系统服务价值较低。

(3)安徽省各市的生态系统服务价值与建设用地面积呈负相关关系，建设用地的大量增加给生态系统服务价值的维持带来了巨大压力。

### 4.2 讨论

2000-2015 年间安徽省土地利用变化深刻影响着生态环境，优化土地利用结构，平衡生态与发展建设需求成为保护生态环境的关键。森林、水体、湿地这些对生态环境有着重要意义的生态系统应当重点保护；充分考虑产业结构、资源禀赋的区域差异，从整体的角度协同优化现有的生态环境保护政策；逐步构建完善生态补偿机制，实现生态保护区与受益区的协调发展；合理制定相关规划，明确三生空间的界线，严格限制建设用地的无序扩张。

### 参考文献：

[1]Leemans H B J, Groot R S D. Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being: a framework for assessment[J]. Physics Teacher, 2003, 34 (9): 534-534.

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

- 
- [3] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999 (05): 19-25.
- [4] 严岩, 朱捷缘, 吴钢, 等. 生态系统服务需求、供给和消费研究进展[J]. 生态学报, 2017, 37(08): 2489-2496.
- [5] 王军, 顿耀龙. 土地利用变化对生态系统服务的影响研究综述[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(5): 798-808.
- [6] 徐媛银, 郭砾, 薛达元, 等. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变[J]. 生态学报, 2019, 39(06): 1969-1978.
- [7] 邓楚雄, 钟小龙, 谢炳庚, 等. 洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化[J]. 地理研究, 2019, 38(04): 844-855.
- [8] 涂小松, 龙花楼. 2000-2010 年鄱阳湖地区生态系统服务价值空间格局及其动态演化[J]. 资源科学, 2015, 37(12): 2451-2460.
- [9] 郑江坤, 余新晓, 贾国栋, 等. 密云水库集水区基于 LUCC 的生态服务价值动态演变[J]. 农业工程学报, 2010, 26(09): 315-320.
- [10] 刘桂林, 张落成, 张倩. 长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3311-3319.
- [11] 韩增林, 孟琦琦, 闫晓露, 等. 近 30 年辽东湾北部区土地利用强度与生态系统服务价值的时空关系[J]. 生态学报, 2020, 40(08): 2555-2566.
- [12] 乔斌, 祝存兄, 曹晓云, 等. 格网尺度下青海玛多县土地利用及生态系统服务价值空间自相关分析[J]. 应用生态学报, 2020, 31(05): 1660-1672.
- [13] Costanza R, Arge, Groot RD, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Nature, 1997, 387 (15): 253-260.
- [14] 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(03): 10-13.
- [15] 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(02): 189-196.
- [16] 段瑞娟, 郝晋珉, 王静. 土地利用结构与生态系统服务功能价值变化研究——以山西省大同市为例[J]. 生态经济, 2005(03): 60-62+64.