

长江经济带土地利用变化及其生态系统响应

金声甜¹ 肖文海¹ 杨胜苏² 赵丹丹²¹

(1. 江西财经大学 生态文明研究院, 中国江西 南昌 330013;

2. 江西财经大学 经济学院, 中国江西 南昌 330013)

【摘要】: 采用 1990、2000、2010 及 2018 年四期长江经济带土地利用类型遥感影像解译数据, 在 ArcGIS10.7 和 GeoDa1.6 等软件的支撑下, 利用谢高地等构建的生态系统服务价值化方法, 测算研究区土地生态系统服务价值, 再运用空间自相关分析法, 研究长江经济带土地生态系统服务价值的空间相关性及其内部异质特征。结果表明:①长江经济带林地、水田、旱地、草地及未利用地面积持续减少, 湿地及建设用地面积持续增加, 河流湖泊面积先减少后大幅度增加, 导致长江经济带土地生态系统服务价值总体上呈先减少后增加态势。②水田、旱地、草地及林地生态系统服务价值在整个研究区内均呈逐步减少态势, 是土地生态系统服务价值减少的根本原因; 湿地生态系统服务价值在整个研究区内呈稳步增加态势, 河流湖泊生态系统服务价值在 2010 年之后大幅度增长, 是土地生态系统服务价值由减少转变为增加的主要原因。③研究期内长江经济带土地生态系统服务价值分布具有较为显著的空间正相关性, 且呈逐渐增强态势。④研究期内长江经济带土地生态系统服务价值的空间分布格局变化明显, 其中高一高集聚区由四川省逐渐扩展到云南省, 区域数量逐渐增加; 低—低集聚区主要由浙江省转移到江苏省; 低—高集聚区和高一低集聚区变化不明显。

【关键词】: 土地利用变化 生态系统服务价值 空间自相关 生态系统 湿地 气候调节

【中图分类号】: F301.24 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2020) 07-0166-08

土地是人类活动的重要载体, 它的承载力是有限的, 当人类活动强度超过土地承载力时, 土地利用便会发生改变。改革开放以来, 我国经济快速发展、人口数量不断增加, 对土地资源的需求也在不断增加, 土地利用方法被迫发生改变, 而且土地利用变化通过影响生态系统的结构、过程及功能, 间接影响其物质循环和能量流动等生态过程^[1,2]。生态系统服务是指生态系统为人类生存所提供的必要的生态产品和服务^[3], 人类活动引起的土地利用变化对生态系统服务产生直接影响^[4], 并体现为生态系统服务价值的变动。因此, 研究土地利用变化对生态系统服务价值的影响, 以此剖析土地利用变化的生态环境效应, 有助于制定科学合理的土地保护政策, 优化土地利用空间格局, 从而推动生态文明建设。

自从 1997 年美国学者 Daily 提出生态系统服务价值的概念及其计算方法后, 大量学者对生态系统服务价值进行了深入研究。目前, 生态系统服务价值的核算方法主要有两类, 即功能价值法^[5]和当量因子法^[6], 其中, 由 Costanza 等最先提出的当量因子法^[3]受到广大学者的普遍认可和运用^[7,8]。但国内学者研究发现, Costanza 等提出的当量因子表^[3]主要适用于全球尺度价值评估, 不符合中国生态现状^[9,10]。谢高地等通过对我国生态学专家进行问卷调查, 先后在 2003 和 2008 年提出了适用于我国生态系统服务价值当量因子表, 并于 2015 年对当量因子表进行修订和补充^[10,11,12], 为我国区域生态系统服务价值研究提供了参考范例, 并

作者简介: 金声甜 (1993-), 女, 安徽安庆人, 博士研究生。主要研究方向为生态经济。E-mail: 1163537908@qq.com。肖文海 (1971-), 男, 江西吉安人, 教授, 博士生导师。主要研究方向为生态经济。E-mail: 463727055@qq.com。

基金项目: 国家社会科学基金重点项目 (19AJL008); 中国博士后科学基金第 65 批面上项目 (2019M652271); 湖南省社会科学成果评审委员会一般课题 (XSP19YBZ141)。

被广泛应用于不同尺度区域的各种类型生态系统服务价值研究，如土地^[13]、森林^[14]、湿地^[15]、农田^[16]等生态系统服务价值研究。但目前针对土地利用变化及其生态系统服务价值研究大多参考谢高地 2003 年提出的中国生态系统服务价值当量因子表，对生态系统类型和生态服务功能的划分不够全面^[17]，且存在时间跨度短^[18]、区域内部差异分析不够细致^[19]等问题。

改革开放以来，长江经济带已发展成为我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一^[20]。在经济快速发展的同时，人口规模不断增加，建城区面积不断扩张，导致一系列严重的环境污染问题。鉴于此，本文以长江经济带为例，采用修正的当量因子测算长江经济带土地生态系统服务价值，运用空间自相关分析方法探讨长江经济带生态系统服务价值的空间相关性，并揭示其内部生态系统服务价值异质特征，以此剖析土地利用变化的生态环境效应，从而为促进长江经济带绿色发展提供科学参考。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域

长江经济带以流域为基础、以长江为纽带、以三大城市群为依托，覆盖 9 省 2 市，下辖 127 个地级市，土地总面积约 205 万 km²。该区域以 21% 的土地，养活了我国超过 40% 的人口，贡献了超过 40% 的生产总值，是我国重要的粮食主产区，同时是我国最重要的水源涵养区域和生态屏障。然而，长江经济带经济快速发展、城镇化进程不断加快的同时，对生态环境造成巨大破坏，土地的过度开发利用造成严重的水土流失，工业“三废”的过量排放及化肥农药的过度使用造成严重的面源污染和土壤肥力下降，生态环境脆弱性不断加剧。

1.2 数据来源与处理

本文所需土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心，以各期 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源，通过人工目视解译生成的 1990、2000、2010 及 2018 年全国土地利用类型的 1km 栅格数据。结合 2015 年谢高地等^[12]对我国陆地生态系统的划分及研究区土地利用特征，将长江经济带土地利用类型划分为水田、旱地、林地、草地、湿地、河流湖泊、冰川雪地、建设用地及未利用地等九类。研究所需的粮食产量、粮食播种面积及粮食价格数据来源于 2016—2018 年长江经济带各省级统计年鉴和《全国农产品价格调查年鉴》。

2 研究方法

2.1 生态系统服务价值核算方法

本文基于谢高地等在 2015 年修订和补充的“单位面积生态系统服务价值当量表”^[12]，结合长江经济带粮食单产和价格数据，并根据“一个当量因子的价值量等于当年单位面积粮食产量市场价值的 1/7”^[21]的规则进行修正。为消除自然因素和价格波动对粮食播种面积和价格的影响，取长江经济带 2015—2017 年粮食市场价值平均值的 1/7 作为本文的当量因子价值。各土地利用类型生态系统服务价值当量的选择按以下原则：水田、旱地生态系统服务价值当量直接对应谢高地水田、旱地生态系统服务价值当量，林地生态系统服务当量取针叶、针阔混交、阔叶及灌木四种生态系统价值当量的均值，草地、河流湖泊、湿地、冰川雪地及未利用地生态系统服务价值当量分别对应谢高地灌草丛、湿地、水系、冰川积雪及裸地生态服务价值当量^[22]，建设用地的生态服务价值不予考虑。在此基础上，根据各土地利用类型的面积可计算长江经济带生态系统服务价值，公式如下：

$$ESV = \sum(A_i \times VC_i), \quad ESV_f = \sum(A_i \times VC_{if})$$

式中：ESV 为研究区生态系统服务价值；ESV_f 为第 f 种生态服务功能的价值；A_i 为第 i 种土地利用类型的面积；VC_i 为第 i

种土地利用类型的生态系统服务价值系数； VC_{if} 为第 i 种土地利用类型的第 f 种生态服务功能的价值。

2.2 空间自相关分析

空间自相关分析旨在揭示某种属性的空间分布与其临近区域的关联性 & 差异性，若空间关联性为正，说明该属性值的空间分布存在集聚效应；若空间关联性为负，说明该属性值的空间分布存在显著差异。空间自相关分为全局空间自相关和局部空间自相关^[23]。

3 结果与分析

3.1 长江经济带土地利用变化分析

通过对 1990—2018 年四期土地利用现状遥感监测数据的处理，得出长江经济带 4 个年份的土地利用面积及其变化情况。研究区土地利用占比从高到低依次是林地、草地、水田、旱地、建设用地、河流湖泊、湿地、未利用地及冰川雪地。研究期间各用地类型中林地、水田、旱地、草地及未利用地面积在缩减，湿地及建设用地面积在增加，河流湖泊面积先减少后增加，冰川雪地面积极变化幅度不明显。其中水田面积减少最快，28 年内共减少 294.70 万 hm^2 ；其次是草地、旱地和林地，分别减少 135.23、75.68 和 50.93 万 hm^2 ；未利用地减少相对缓慢，仅减少 2.00 万 hm^2 ；建设用地面积增加最快，增加了 398.23 万 hm^2 ，增加幅度高达 95.06%，这主要与建成区面积的迅速扩张有关；湿地面积增加速度仅次于建设用地，增加了 47.32 万 hm^2 ，增长率为 21.69%，这与城市湿地公园数量增加有关；河流湖泊面积在 1990—2010 年呈减少趋势，2010 年以后由于人工湖泊数量的增加，其面积大幅度增加，整个研究期间面积共增加 22.73 万 hm^2 。从总体上看，长江经济带各用地类型中，建设用地增加幅度最大。在分区尺度上，长江上游建设用地的增长率明显大于长江中游，长江下游的浙江省建设用地增长率明显大于江苏省；各地级市间建设用地增长幅度差异非常大，其中昭通市增长率最高，为 782.35%，连云港市增长率最低，仅为 6.52%。

3.2 长江经济带土地生态系统服务价值时序变化特征

3.2.1 各类土地生态系统服务价值分析

利用 ArcGIS10.7 软件对从中国土地利用现状遥感监测数据库里下载的 1990、2000、2010 及 2018 年全国土地利用栅格数据进行处理，得到长江经济带 127 个地级市 9 种土地利用类型的面积，结合土地生态系统服务价值系数，根据公式（1）计算得到长江经济带各类土地生态系统服务价值及其变化情况。

1990、2000、2010 及 2018 年长江经济带土地生态系统服务价值分别为 67256.47、67138.99、67102.13 及 67299.73 亿元，呈先逐步减少后增加态势，累计增加 43.26 亿元，增长率为 0.06%。1990—2000 年，土地生态系统服务价值累计减少 117.48 亿元，降低率为 0.17%，其中林地生态系统服务价值减少幅度最大，减少了 89.63 亿元；水田、旱地、草地及河流湖泊的生态系统服务价值均呈减少状态，分别减少了 31.02、17.04、51.45 及 28.81 亿元；湿地生态系统服务价值呈增加状态，增加了 100.46 亿元，增长率达 4.32%；冰川雪地和未利用地生态系统服务价值波动不明显。2000—2010 年，土地生态系统服务价值累计减少 36.86 亿元，降低率为 0.05%，其中生态系统服务价值减少最快的为草地，减少了 76.45 亿元；水田、旱地、林地及河流湖泊的生态系统服务价值均继续减少；湿地生态系统服务价值进一步增加，增加了 199.64 亿元；冰川雪地和未利用地生态系统服务价值波动不明显。2010—2018 年，土地生态系统服务价值累计增加 197.60 亿元，增长率为 0.29%，主要原因是河流湖泊生态系统服务价值大幅度增加，增加了 620.95 亿元；湿地生态系统服务价值进一步增加，增加了 204.00 亿元；水田、旱地生态系统服务价值仍保持减少状态；水田、旱地、林地和草地生态系统服务价值进一步减少；冰川雪地和未利用地生态系统服务价值波动仍不明显。从不同土地利用类型生态系统服务价值的贡献率来看，研究期内各用地类型生态系统服务价值贡献率无明显波动，其中生态系统服务价值贡献率最高的是林地，保持在 56%左右；其次是草地，保持在 20%左右；然后是河流湖泊，在 12%左右缓

慢变动；水田、旱地及湿地生态系统服务价值贡献率均在 3%~4%之间；冰川雪地和未利用地生态系统服务价值贡献率均不足 1%。

3.2.2 土地生态系统各项服务功能价值分析

根据公式（1）还可计算出长江经济带土地生态系统各项服务功能价值及其变化情况。各年土地生态系统各项服务功能价值占比从高到低依次是：水文调节、气候调节、土壤保持、生物多样性、气体调节、净化环境、美学景观、食物生产、原料生产、维持养分循环和水资源供给，其中水文调节和气候调节的价值之和占生态系统服务价值总量的 50%以上，而水资源供给价值始终为负值。研究期内（1990—2018 年），除了水资源供给、水文调节和美学景观价值分别增加了 210.84、399.13 和 12.03 亿元外，其余各项生态系统服务功能价值均以不同速度在减少，其中气候调节价值下降最快，减少了 198.13 亿元，其次是气体调节，价值减少 129.80 亿元。阶段性变化中，1990—2018 年水资源供给和美学景观价值稳步增加；水文调节价值经过 1990—2000 年减少 26.47 亿元后稳步增加；生物多样性呈先减少后增加然后继续减少的波动变化趋势；其余各项生态服务功能价值在 1990—2018 年均稳步减少。

3.2.3 三大城市群土地生态系统服务价值分析

城市群是城市化发展的高级阶段，是国家经济要素的精华所在，是参与全球化竞争合作的最高端平台。长江经济带上、中、下游分别有长江三角洲城市群、长江中游城市群和成渝城市群，三大城市群是长江经济带发展格局中的“三极”，是三大坐拥黄金水道的动力引擎，对于推动长江经济带绿色发展意义重大。由于历史、资源及交通等原因，长江上、中、下游发展差异巨大。而不同城市的经济、人口、土地资源政策等因素的差异，导致其土地生态系统服务价值差异显著^[24]。为了进一步研究长江上、中、下游土地生态系统服务价值的差异，本文以三大城市群为例，根据公式（1）分别计算出三大城市群在 1990、2000、2010 及 2018 年的土地生态系统服务价值。

长江中游城市群土地生态系统服务价值远高于成渝城市群和长三角城市群。从总体变化来看，长江中游城市群增长最快，增长了 4419.55 亿元，增长率高达 52.92%，年均增长率为 1.59%；其次为长三角城市群，增长了 1813.83 亿元，增长率为 38.12%，年均增长率为 1.20%；增长最慢的为成渝城市群，增长了 1161.08 亿元，增长率仅为 23.32%，年均增长率为 0.78%。分阶段来看，三大城市群生态系统服务价值均在 1990—2000 年较大幅度增长后，保持相对稳定。从单位面积生态系统服务价值来看，长江中游城市群依然最高，其次为成渝城市群，最低的为长三角城市群，长江中游城市群土地利用类型中林地占比达 48%^[25]，为其提供高额的生态系统服务价值；成渝城市群扼守长江上游河段，是我国长江上游和三峡库区重要的生态屏障，具有水源涵养、水土保持和洪水调蓄功能，其单位面积生态系统服务价值较高；长三角城市群经济发达，人口密集，建设用地占据主要部分，生态用地面积不足使其生态系统服务价值最低。

3.3 长江经济带土地生态系统服务价值空间分异特征

3.3.1 全局空间自相关分析

为探究长江经济带土地生态系统服务价值空间相关性的变化趋势，利用 GeoDa1.6 软件分别对 1990、2000、2010 及 2018 年长江经济带土地生态系统服务价值进行全局空间自相关测算。得出四期长江经济带土地生态系统服务价值的 Moran' sI 指数值均为正值，说明长江经济带土地生态系统服务价值分布具有较为显著的空间正相关性，即长江经济带生态系统服务价值的空间分布呈高一高集聚和低一低集聚状态。从 Moran' sI 指数值的变化情况来看，1990、2000、2010、2018 年 Moran' sI 指数值分别为 0.283703、0.293054、0.291711、0.292541，呈波折缓慢上升态势，表明长江经济带生态系统服务价值的空间相关性有逐渐增强趋势。分阶段来看，1990—2000 年生态价值空间集聚效应逐渐增强；2000—2010 年生态价值空间集聚效应稍有减弱；2010—2018 年生态价值空间集聚效应又逐渐增强。其原因在于，第一阶段经济快速发展，经济发展的空间溢出效应使长江经济带生态价值空间集聚性逐渐增强；而第二阶段经济快速发展给环境带来的负面影响逐渐显现，耕地、林地、草地面积不断缩小，

建设用地面积不断增加，各地级市间建设用地增长率的差异导致长江经济带生态价值空间集聚效应稍有减弱；第三阶段，国家重视经济的绿色发展，强调绿水青山就是金山银山，土地利用布局的重新调整促进长江经济带生态价值的空间集聚效应又逐渐增强。

3.3.2 局部空间自相关分析

全国空间自相关分析反映长江经济带土地生态系统服务价值整体的集聚程度，为了进一步揭示长江经济带内部土地生态系统服务价值的空间自相关变化特征，本文运用 GeoDa1.6 软件对 1990、2000、2010、2018 年长江经济带土地生态系统服务价值进行局部空间自相关测算，并绘出 LISA 集聚图（图 1）。由图 1 可知，长江经济带生态系统服务价值空间异质性较大，高值区主要位于四川省的各自治州和云南省的昆明、玉溪等区域，低值区主要位于江苏省的宿迁、常州、徐州、扬州、泰州、镇江和安徽省的蚌埠、淮北、滁州、亳州、宣城等区域。研究期间内土地生态系统服务价值的空间分布格局变化明显，其中高一高集聚区主要位于长江上游，由四川省逐渐扩展到云南省，区域数量逐渐增加，这主要与云南省大力发展旅游业，注重生态保护有关；低一低集聚区主要位于长江下游，由浙江省转移到江苏省，安徽省的蚌埠、淮北、亳州及宣城等地区始终属于低一低集聚区，这主要是由于浙江省经济发展水平较高，开始注重生态环境保护，而江苏省建成区面积不断扩大；低一高集聚区变动不大，主要位于攀枝花市；高一低集聚区没有变动，位于苏州市。分阶段来看，1990—2000 年，高一高集聚区分布变动不大，仅减少了文山州，增加了铜仁地区；低一低集聚区分布变动较大，主要由浙江省向安徽省和江苏省转移。2000—2010 年，高一高集聚区由四川省扩展到云南省的丽江市、昆明市、昭通市、玉溪市、红河州及湖北省的十堰市等地；低一低集聚区分布稍有变动，如自贡市、南通市、常州市、天门市及苏州市等进入低一低集聚区，南京市、盐城市及台州市等进入高一高集聚区；2010—2018 年四种类型集聚区均变动较小。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文以 1990、2000、2010 及 2018 年四期长江经济带土地利用类型遥感影像解译数据为基础，利用谢高地等构建的生态系统服务价值化方法，测算研究区土地生态系统服务价值，再运用空间自相关分析法，研究长江经济带土地生态系统服务价值的空间相关性及内部异质特征。得出研究结论如下：

(1) 长江经济带经济快速发展、城镇化进程不断加快，林地、水田、旱地、草地及未利用地面积持续减少，建设用地面积持续增加，导致 1990—2010 年土地生态系统服务价值稳步减少；随着人们对生态环境质量要求的提高，城市湿地公园、人工湖泊等数量增加，促进河流湖泊和湿地面积大幅度增加，导致 2010 年以后土地生态系统服务价值逐渐增加。

(2) 从各类土地生态系统服务价值来看，水田、旱地、草地及林地生态系统服务价值在整个研究区间内均呈逐步减少态势，是土地生态系统服务价值减少的根本原因；湿地生态系统服务价值在整个研究区间内均呈稳步增加，河流湖泊生态系统服务价值在 2010 年之后大幅度增长，是土地生态系统服务价值由减少转变为增加的主要原因。从各项土地生态系统服务功能价值来看，水文调节和气候调节价值最高，两者之和占生态系统服务价值总量的 50% 以上。从三大城市群来看，长江中游城市群土地生态系统服务价值最大，增长速度最快，其次为长三角城市群，成渝城市群增长速度最慢。

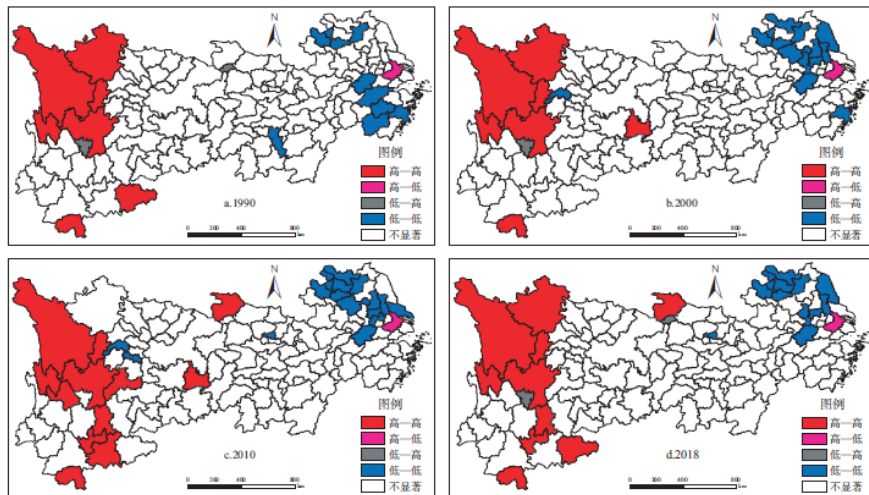


图 1 1990—2018 年长江经济带土地生态系统服务价值 LISA 集聚图

(3) 1990—2018 年长江经济带土地生态系统服务价值分布具有较为显著的空间正相关性，且高值区各地市间生态价值差异较大，低值区各地市间生态价值差异较小。从长期变化趋势来看，长江经济带生态系统服务价值的空间相关性有逐渐增强趋势。

(4) 研究期间内长江经济带土地生态系统服务价值的空间分布格局变化明显，其中高一高集聚区由四川省逐渐扩展到云南省，区域数量逐渐增加；低一低集聚区主要由浙江省转移到江苏省；低一高集聚区变动不大，主要位于攀枝花市；高一低集聚区没有变动，位于苏州市。

4.2 讨论

与已有研究成果相比，本文测算的长江经济带土地生态系统服务价值与钟业喜等^[20]测算的差距较大，但与刘园等^[26]测算的差距较小，且总体变化趋势、空间分布特征等基本相似。土地生态系统服务价值的差异主要是在土地面积数据来源、生态系统服务价值测算方法等方面与钟业喜、刘园等存在差异^[20,26]。本文土地利用数据是从中国科学院资源环境科学数据中心下载的 1990、2000、2010 及 2018 年四期全国土地利用类型的 1km 栅格数据；并基于谢高地等^[12]在 2015 年修订和补充的“单位面积生态系统服务价值当量表”测算长江经济带土地生态系统服务价值，相对于 2003 年的，生态系统及其服务功能划分更细，更加符合实际情况。本文对长江经济带土地生态系统服务价值的动态变化特征、空间相关性及内部异质特征进行了详细探讨，但受研究者经验的限制，本文尚未对长江经济带生态系统服务价值变动的影响因素进行研究，也忽略了建设用地提供的生态价值，这也是今后进一步研究的内容。

参考文献:

- [1]Daily G C. Nature's Service:Societal dependence on natural eco-systems[M]. Washington D. C. :Island Press, 1997.
- [2]彭保发,陈端吕. 常德市土地覆被的生态服务价值空间变异分析[J]. 经济地理, 2012, 32(1) : 141-145.
- [3]Costanza R, R Déarge, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630) : 253-260.

-
- [4]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.
- [5]王景升,李文华,任青山,等. 西藏森林生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2007(5):831-841.
- [6]孙新章,周海林,谢高地. 中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J]. 中国人口·资源与环境, 2007(4):55-60.
- [7]Zhang L L, Yu X F, Jiang M, et al. A consistent ecosystem services valuation method based on Total Economic Value and Equivalent Value Factors: A case study in the Sanjiang Plain, Northeast China[J]. Ecological Complexity, 2017, 29:40-48.
- [8]Huang X, Ma J X. Changes in the ecosystem service values of typical river basins in arid regions of Northwest China[J]. Ecohydrology, 2013, 6(6):1048-1056.
- [9]薛明皋,邢路,王晓艳. 中国土地生态系统服务当量因子空间修正及价值评估[J]. 中国土地科学, 2018, 32(9):81-88.
- [10]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(2):189-196.
- [11]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.
- [12]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):1 243-1 254.
- [13]徐忆楠,李志军,王东,等. 灵丘县土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(6):175-183.
- [14]马鹏嫣,王智超,李晴,等. 秦皇岛市北戴河区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 水土保持通报, 2018, 38(3):286-292.
- [15]张彪,史芸婷,李庆旭,等. 北京湿地生态系统重要服务功能及其价值评估[J]. 自然资源学报, 2017, 32(8):1 311-1 324.
- [16]成波,李怀恩,黄康,等. 基于河道生态基流保障的农田生态系统服务价值损失量研究[J]. 水资源与水工程学报, 2018, 29(4):255-260.
- [17]刘亚男,李淑杰,孙博,等. 扶余市生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(3):592-597.
- [18]Feng Y, He C, Yang Q, et al. Evaluation of ecological effect in land use planning using ecosystem service value method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(9):201-211.
- [19]毛晓曦,郭云继,崔江慧,等. 滨海生态脆弱区土地生态系统服务价值动态变化分析——以黄骅市为例[J]. 水土保持研究, 2016, 23(2):249-254.
- [20]钟业喜,朱治州. 长江经济带土地利用及其生态系统服务价值演变研究[J]. 江西师范大学学报:哲学社会科学版, 2018, 51(3):100-107.

-
- [21]陈阳,张建军,杜国明,等.三江平原北部生态系统服务价值的时空演变[J].生态学报,2015,35(18):6 157-6 164.
- [22]张丽琴,渠丽萍,吕春艳,等.基于空间格局视角的武汉市土地生态系统服务价值研究[J].长江流域资源与环境,2018,27(9):1988-1997.
- [23]张利国,鲍丙飞,杨胜苏.我国农业可持续发展空间探索性分析[J].经济地理,2019,39(11):159-164.
- [24]虎陈霞,郭旭东,连纲,等.长三角快速城市化地区土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以嘉兴市为例[J].长江流域资源与环境,2017,26(3):333-340.
- [25]陈万旭,李江风,冉端.长江中游城市群土地利用转型和城镇化之间的空间关系[J].长江流域资源与环境,2019,28(5):1 036-1 048.
- [26]刘园,周勇.长江经济带生态系统服务价值时空变化特征分析及灰色预测[J].生态经济,2019,35(4):196-201.