

基于空间格局视角的武汉市土地生态系统服务价值研究¹

张丽琴^{1,2,3}, 渠丽萍², 吕春艳¹, 李玲²

(1. 中国土地勘测规划院, 国土资源部土地利用重点实验室, 北京 100035; 2. 中国地质大学(武汉) 公共管理学院, 湖北 武汉 430074; 3. 渥太华大学地理系, 渥太华 加拿大 K1N6N5)

【摘要】: 为区域生态环境质量提升和土地合理利用提供参考, 以 Landsat TM 影像解译数据为基础, 采用当量因子修正的生态系统服务价值评估模型、空间分析等方法, 分析了武汉市 1990~2016 年 4 个时期土地生态系统服务价值变化特征及空间演变规律。结果表明: (1) 武汉市生态系统服务价值呈先减少后增加态势, 不同时期河流湖泊的生态系统服务价值始终最高, 农田和坑塘湿地次之, 这三类生态系统提供了武汉市 85% 以上的生态系统服务价值; (2) 各乡镇生态系统服务总价值的空间分布特征表现为空间集聚, 且相关性程度有递增的趋势; (3) 各乡镇生态系统服务价值变化率的空间相关性在不断减弱, 后期扩散效应显现; (4) 中心城区生态系统服务价值空间分布不均衡的趋势在向郊区蔓延, 乡镇的区位条件以及河流湖泊的占比与其地均生态系统服务价值的变化有密切的关系。研究显示, 城市生态系统服务价值的空间分布受城市发展方向和土地利用结构影响较大, 河流湖泊在改善城市生态环境方面具有重要作用。

【关键词】: 土地利用 生态系统服务价值 空间自相关 武汉市

【中图分类号】: F301.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227 (2018) 09-1988-10

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj2018090010

土地作为人类活动的载体, 其利用方式及管理模式等都对生态系统服务功能产生深远影响, 而生态系统服务的研究有助于土地利用空间格局优化与管理改良^[1]。

国际上, 对土地生态系统服务研究的重视始于 1990 年代后期, 以 Costanza 等^[2]在 Nature 上发表“全球自然资本评估”为代表, 此后得到学术界广泛关注^[3,4]。目前国外在生态系统服务分类体系、不同用地生态系统服务价值测算与评估方法等方面的研究较之国内更为深入, 在不同空间尺度研究^[5,7]、个案评估模型方法研究^[8]等方面取得了大量有益的成果。由土地利用变化引起的生态系统服务功能变化与城市可持续发展关系紧密, 因此城市土地生态系统服务成为研究的热点。如城市生态系统服务价值评估的概念与框架模型^[9], 生态系统服务价值的空间分布研究^[7]等。在城乡空间梯度视角方面^[10], Vizzari 等^[11]基于 Kernel 密度估算探索空间梯度法则在自然生态系统元素梯度指标计算中的应用, 但该方法也停留在个案比对研究以及方法探索阶段。

¹收稿日期: 2017-11-23; 修回日期: 2018-04-26

基金项目: 国土资源部土地利用重点实验室开放基金 (KLLU201601)

作者简介: 张丽琴 (1973~), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为土地利用规划. E-mail: lqzhangt@gmail.com *通讯作者 E-mail: lvchunyan@mail.cslpi.org.cn

国内,在生态系统服务的定义和分类方面,大量文献采用 Costanza 等(1997)和 MA 的定义和分类。有关城市地区生态系统服务价值的研究主要集中在两方面:(1)快速城市化地区如上海、杭州、厦门等个案地区城市土地利用变化与生态系统服务价值变化评估^[12~14]。基于景观格局或土地利用变化分析城市扩张对生态系统服务的影响,也是目前对该类地区研究的重要方法^[15]。

(2)探索城市地区内部森林、湿地、绿地等生态系统服务价值评估方法模型。研究大多采用 Costanza 等早期的生态系统服务价值参数,对中国的个案地区进行生态系统服务价值评估。目前采用 Costanza 等(2014)修正参数体系的文献相对较少^[16],同时自然生态系统本身的复杂性及评估的不完善,也因此对中国局地个案个性化的研究十分必要。

生态系统服务价值核算研究大致可以分为两类,即单位服务功能价值法与单位面积当量因子法^[17]。生态系统服务当量因子法由 Costanza 等于 1997 年提出并于 2014 年进行了相应改进,应用于全球自然资源的评估。由于直观易用,该方法得到学术界采纳。谢高地等^[17, 18]对该方法在中国的适用进行了跟踪研究,构建了适合中国陆地生态系统的单位面积价值当量因子体系,实现了对全国 14 种生态系统类型及其 11 类生态服务功能在时空序列的综合评估。

武汉市作为建设中的国家中心城市,近年来随着人口与经济的增长,建设用地规模扩张迅速^[19],土地利用结构与形态均发生了较大变化,对生态系统功能与服务产生了显著影响。相关研究重视采用 RS 影像与 GIS 工具分析武汉城市扩展与土地利用景观格局变化^[20~22],但对生态系统服务时空演进的研究尚不够深入。本文以武汉市为例,采用修正的当量因子测算武汉市生态系统服务价值,运用空间自相关分析方法对研究区生态系统服务价值空间特征进行剖析,并探讨变量之间的相关性,从而揭示研究区内部生态系统服务价值异质特征,为丰富相关研究提供局地个案参考。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区概况

武汉市地处长江中游区,是湖北省省会城市(113° 41'~115° 05' E, 29° 58'~31° 22' N),现辖 13 个行政区,其中 7 个主城区,6 个远城区(图 1),土地总面积 8494km²。该市地势东高西低,南高北低,地貌类型多样,属于亚热带季风性湿润气候,雨量充沛,境内江河纵横、湖泊众多,全市水域面积占全市总面积的近 1/4,被称为“百湖之市”。至 2016 年末,全市常住人口 1060 万人,地区生产总值 11912 亿元。



1.2 数据来源与处理

研究采用的基础数据为武汉市 1990 年、2000 年、2010 年、2016 年四期 Landsat5TM 与 landsat8ETM+表面反演数据, 空间分辨率为 30m*30m, 来源于 USGS 美国地质勘探局网站。在每期波段中选取 1、2、3、4、5 波段在 ENVI5.0 中进行合成。由于 5 波段信息量丰富, 4、3 波段对植被区分效果好, 因此选取 band5、band4、band3 波段组合。结合研究区土地利用/覆盖特点, 将研究区土地生态系统划分为农田、森林、草地、坑塘湿地、河流湖泊、滩涂湿地、建设用地、未利用地八类。研究选取随机样点 300 个, 采取目视判别并辅之以高分辨率影像确定样点在不同年份的真实地类, 进而检验解译精度。结果表明, 1990、2000、2010、2016 年土地利用解译的总体分类精度分别为 81.5%、78.2%、83.6%、82.6%, Kappa 系数分别为 78.2%、76.3%、81.3%、以及 80.1%。解译结果满足。精度要求, 用于进一步的土地生态系统服务价值分析。研究区采用的粮食数据来源于《武汉市统计年鉴》(2011), 林业数据来源于武汉市林业调查资料。

2 研究方法

2.1 生态系统服务价值评估方法

谢高地等 (2015) 结合中国陆地生态系统和生态关注焦点, 形成包括供给服务、调节服务、支持服务、文化服务 4 个一级类 11 个二级类生态服务分类体系。本研究即采用此分类体系。

(1) 当量因子体系修正研究依托谢高地等提出的生态系统服务当量因子体系, 结合武汉市实际, 采用农田结构、林分结构进行修正。

1990 年以来, 武汉市水田与旱地的面积结构基本保持在 4:6 的水平。以面积比例为权重, 采用谢高地等提出的旱地与水田价值当量因子系数的加权和, 作为武汉市农田生态系统服务价值当量系数。

森林生态系统核算方面, 根据林分结构与不同林分的差异, 换算武汉市森林生态系统服务当量因子系数。武汉市林分结构以针叶林、阔叶林、针阔混交林和竹林为主。由于谢高地等生态系统服务价值当量因子体系中对森林生态系统的二级分类包括针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌木林 4 类, 而没有竹林^[17], 所以研究借鉴王兵等^[24]应用中国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008) 对我国灌木林、经济林、竹林评估的成果, 计算基于灌木林生态系统服务价值的竹林生态系统服务价值指数, 并进一步将灌木林生态系统服务价值当量因子换算为竹林生态系统服务价值当量因子。

表 1 武汉市生态系统服务单位面积当量因子表
Tab. 1 Ecosystem service equivalent value per unit area in Wuhan City

生态系统 \ 服务项目	食物生产	原材料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	废物处理	水文调节	保持土壤	维护养分循环	生物多样性	提供美学景观	总计
农田	1.16	0.21	1.56*	0.93	0.49	0.14	1.74	0.42	0.16	0.18	0.08	7.07
森林 2016 年	0.26	0.60	0.31	1.99	5.87	1.74	3.96	2.38	0.19	2.16	0.95	20.38
森林 2010 年	0.25	0.59	0.30	1.94	5.74	1.70	3.89	2.33	0.18	2.12	0.93	19.96
森林 2000 年	0.24	0.57	0.29	1.86	5.53	1.63	3.77	2.25	0.17	2.05	0.90	19.26
森林 1990 年	0.24	0.56	0.29	1.83	5.45	1.60	3.60	2.22	0.17	2.02	0.88	18.87
草地	0.38	0.56	0.31	1.97	5.21	1.72	3.82	2.40	0.18	2.18	0.96	19.69
坑塘湿地	0.51	0.50	2.59	1.90	3.60	3.60	24.23	2.31	0.18	7.87	4.73	52.02
河流湖泊	0.80	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89	125.61
未利用地	0	0	0	0.02	0	0.10	0.03	0.02	0	0.02	0.01	0.20

注: (1) 谢高地将水田视为耗水系统, 水资源供给服务价值为负。而在 Costanza 等 (1997, 2014) 当量体系中将水田视为供水系统。考虑到武汉市降雨量丰富, 1986~2015 年气候平均数据显示武汉市全年平均降雨量为 1 301 mm, 水田在集雨区的存蓄

水资源的功能大于其耗水需求，本研究将水田考虑为供水系统，水田的水资源供给当量采用的湿地水资源供给当量参数；(2) 森林生态系统服务价值基于林分结构计算。1990年、2000年、2010年及2016年林分结构是在武汉市1985年、1999年、2006年林业调查获取的林分结构的基础上^[23]，采用线性模拟内插与外推得出；(3) 草地、坑塘湿地、河流湖泊、未利用地生态系统服务当量值分别对应采用谢高地灌草丛、湿地、水系、裸地生态服务当量值；(4) 研究未涵盖城市生态系统服务价值当量。

当量价值系数的核算以2010年武汉市地均农田粮食生产利润为依据，进行当量因子体系修正。根据武汉市统计年鉴确定1414.13元/hm²作为当量价值。研究所确定的武汉市生态系统服务当量系数具体见表1。

(2) 生态系统服务价值测算研究区生态系统服务价值计算公式为：

$$ESV = \sum A_i \cdot VC_i \quad (1)$$

式中： A_i 是第*i*种土地利用类型的面积； VC_i 为生态系统服务价值系数。

2.3 空间统计分析方法

作为一种典型的人地关系现象，生态系统服务在特定的地域范围内不同空间单元之间相互影响和依赖^[25]。借助空间统计分析可以进一步认识与地理位置相关的数据间的空间关联或空间自相关。空间自相关分为全局和局部自相关，全局空间自相关用于整个研究区域的空间模式，而局部空间自相关则能发现区域内部的相关程度与差异特征。全局自相关和局部自相关一般采用Moran's I指数和LISA指数来描述。

全局Moran's I指数和局部Moran's I指数计算公式分别为：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij} \cdot (X_i - \bar{X}) \cdot (X_j - \bar{X})}{S^2 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij}} \quad (2)$$

$$I_i = \frac{(X_i - \bar{X})}{S^2} \sum_j W_{ij} \cdot (X_j - \bar{X}) \quad (3)$$

式中： $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ ； X_i 和 X_j 分别表示单元*i*和单元*j*的属性值；*n*为空间单元个数； W_{ij} 为空间权重矩阵。

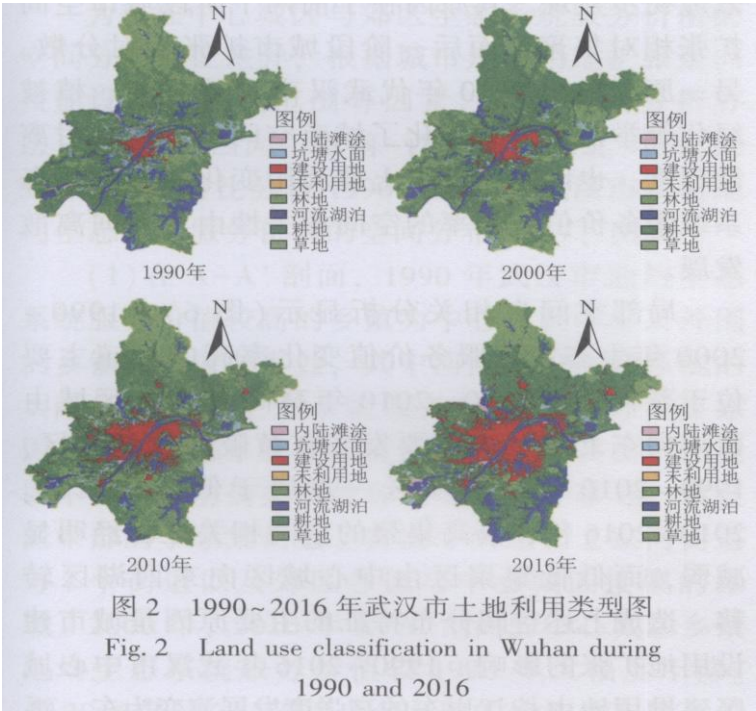
为了更加直观的说明城市内部各乡镇生态系统服务价值空间分布的特点，本文采用Moran's I和LISA集聚图，借助geoda软件对武汉市各乡镇1990年、2000年、2010年和2016年的生态系统服务价值做空间自相关分析。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化

基于遥感解译数据，得到武汉市4个年份的土地利用类型图（图2），可知研究区土地利用中耕地面积占比最大，其次为河

流湖泊与林地。1990~2000 年,各地类向耕地的转移占据主导,其中转移量最大的是林地,其次是河流湖泊和坑塘湿地。2000~2010 年,则以耕地向林地、建设用地、坑塘湿地和河流湖泊等地类转移为主。2010~2016 年,地类间转移量最大的是林地向耕地的转移,同时仍然有大量耕地向建设用地、林地、河流湖泊和坑塘湿地转移。耕地和林地的相互转化主要集中分布在山丘与平原的交错地带,平原地区则呈离散分布;耕地转换为建设用地集中分布在城市边缘以及原有的居民点附近;耕地和水域的相互转换主要分布在坑塘水面与河流湖泊周围。26a 间,耕地、森林、坑塘湿地面积下降比例分别为 0.12%、0.21%、0.33%,河流湖泊、建设用地、草地面积增加比例分别为 0.21%、4.35%和 1.02%。从总体上看,武汉市各地类变化中建设用地增加幅度最大。在分区尺度上,郊区建设用地的扩张规模明显大于中心城区,其中东西湖区、蔡甸区、江夏区的扩张速度最快;中心城区各区扩张速度差异较大,其中洪山区和汉阳区扩张相对较快。



3.2 生态系统服务价值时序演变特征

表 2 1990-2016 年武汉市土地生态系统服务价值(亿元)
Tab. 2 Ecosystem service value changes in Wuhan during 1990 and 2016 (100 million Yuan)

生态系统	1990 年	2000 年	2010 年	2016 年
草地	0.32	0.16	1.01	0.64
农田	53.59	59.89	49.44	47.04
河流湖泊	191.07	165.83	180.79	231.58
建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00
坑塘湿地	44.51	20.89	35.64	29.73
森林	36.21	29.34	37.77	28.44
滩涂湿地	2.52	1.44	2.65	4.48
未利用地	0.00	0.00	0.00	0.00
总计	328.21	277.54	307.30	341.91

采用生态系统服务当量价值测算法,得出武汉市 1990 年、2000 年、2010 年和 2016 年的生态系统服务总价值分别为 328.21

亿元、277.54 亿元、307.30 亿元及 341.91 亿元（表 2）。

1990~2016 年间武汉市生态服务总价值呈先减少后增加态势，2016 年区域生态服务总价值恢复至 1990 年水平。这与研究期间耕地面积先增加后减少、河流湖泊面积先减少后增加，引起生态服务价值变化密切相关。1990~2000 年间，由于人类干预活动的加剧，林地、河流湖泊和坑塘湿地向耕地的转移，使得区域生态环境效应下降，造成生态服务功能持续降低。2000~2010 年间，武汉市加强了水土流失的防治，并为响应两型社会的建设，加快推进城市生态环境建设和重点生态保护区建设。耕地向林地、坑塘湿地和河流湖泊等地类转移，其成效反映为 2000~2016 年生态系统服务价值的持续增长。

从各地类生态系统提供的服务价值来看，不同时期河流湖泊的生态系统服务价值始终最高，农田和坑塘湿地次之，这三类生态系统提供了武汉市 85% 以上的生态系统服务价值。但从总体趋势而言，农田、森林、坑塘湿地的生态系统服务价值均有一定程度下降，而河流湖泊、滩涂湿地呈增长趋势。

3.3 生态系统服务价值空间分异特征

3.3.1 生态系统服务价值空间相关性分析

对武汉市 1990 年、2000 年、2010 年和 2016 年生态系统服务价值进行全局空间自相关分析。结果显示（图 3），四期生态系统服务价值全局空间自相关 Momn’ sI 指数均大于 0 且逐年增加，Z（I）值均高于 1% 显著性水平，表明研究区生态系统服务价值空间分布具有较强的空间自相关性，表现出空间相似值之间的空间聚集，且相关性程度有逐渐增加的趋势。

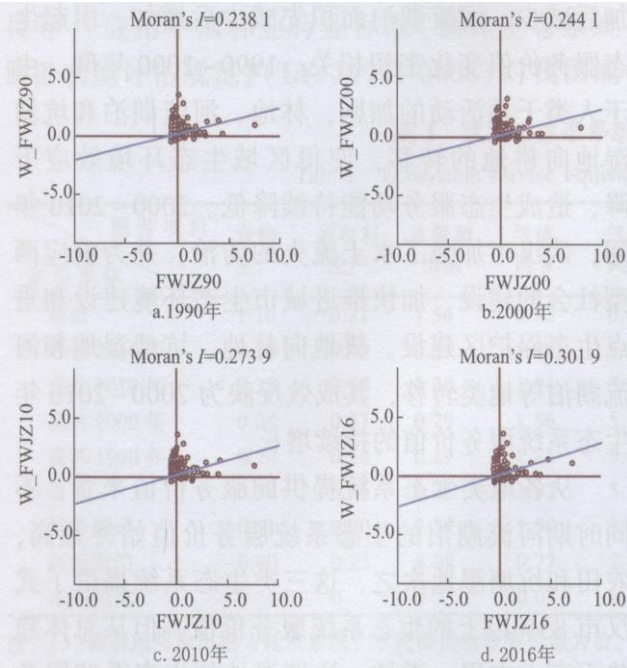


图 3 1990~2016 年武汉市各乡镇生态系统服务价值 Moran's I 指数散点图
Fig. 3 Moran's I scatter plot of Wuhan ecosystem service value at town level between 1990 and 2016

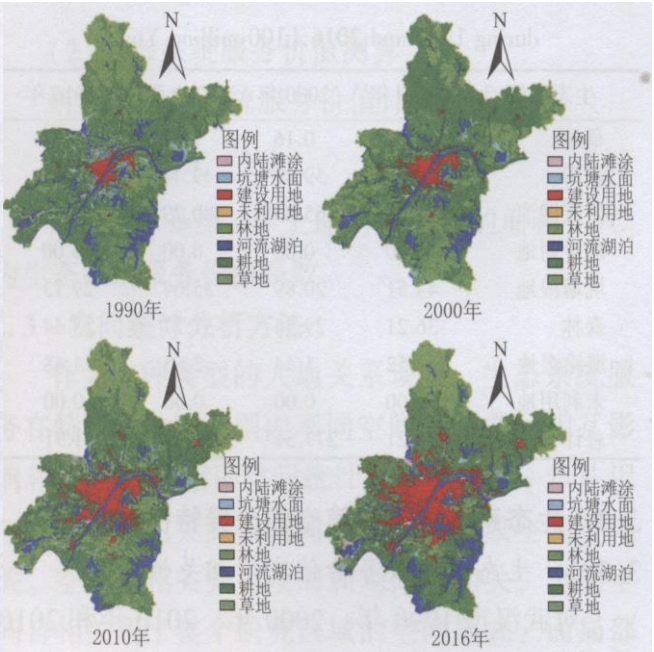


图 4 1990~2016 年武汉市乡镇生态系统服务价值 LISA 聚集图
Fig. 4 LISA cluster map of Wuhan ecosystem service value at town level between 1990 and 2016

为了更直观地掌握武汉市生态系统服务价值的空间分布情况，利用 LISA 聚集图（图 4）表征其空间自相关关系。由图可知，

江夏经济开发区梁子湖风景区办事处等乡镇和其周边乡镇是生态系统服务价值高高聚集区；江岸区上海街办事处等乡镇和其周边乡镇是低低聚集区；江夏纸坊街办事处等乡镇的生态系统服务价值远低于其周边乡镇，属于低高聚集区；1990 年和 2000 年无高低聚集区，洪山区东湖风景区街道在 2010 年和 2016 年为高低聚集区。该结果与前文土地利用变化分析中建设用地在江夏区、洪山区扩张较快相一致。造成这种分布的原因主要是武汉市城市发展是由中心向外围扩散，且位于中心城区的乡镇对建设空间扩张的用地供应能力已十分受限，大部分农田都转为了建设用地，而建设用地在本研究中视为不贡献生态系统服务价值，因此中心城区为低值聚集区。高高聚集区大多覆盖有大面积的河流湖泊和林地，区内建设用地较少，可见生态系统服务价值的空间分布受城市发展方向和土地利用结构影响较大。

3.3.2 生态系统服务价值变化率空间相关性分析

对武汉市不同阶段生态系统服务价值变化率进行全局自相关分析（图 5），从图中可以看出：

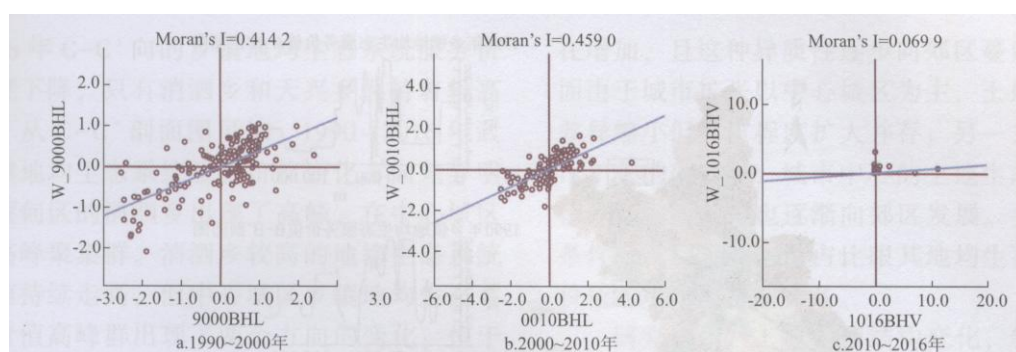


图 5 1990~2016 年武汉市乡镇生态系统服务价值变化率 Moran's I 散点图

Fig. 5 Moran's I scatter plot of Wuhan ecosystem service value at town level between 1990 and 2016

（1）武汉市各乡镇的生态系统服务价值变化 I 率的 Moran's I 均为正，且对其检验结果也均显著，说明 1990~2016 年间武汉市各乡镇生态系统服务价值变化率呈现空间集聚的特点；

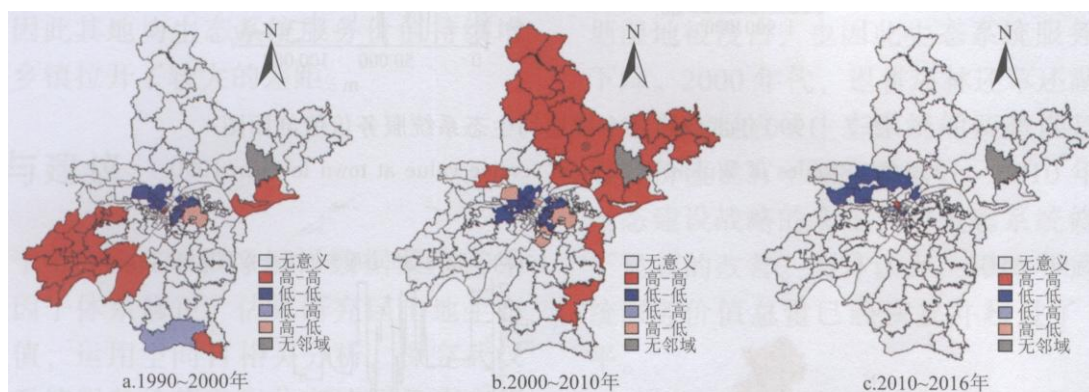


图 6 1990~2016 年武汉市乡镇生态系统服务价值变化率 LISA 图

Fig. 6 LISA cluster map of ecosystem service value change rate in Wuhan between 1990 and 2016

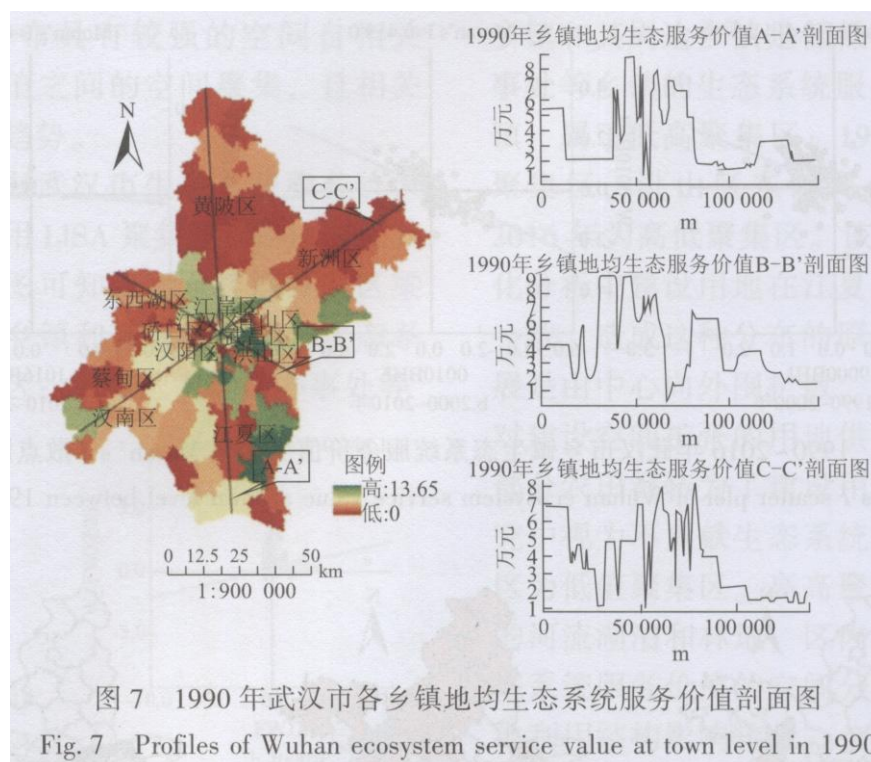
（2）武汉市各乡镇生态系统服务价值变化率的 Moran's I 值呈先小幅度上升再急速下降趋势，表明各乡镇生态系统服务价值变化率的空间相关性在不断减弱，对应于城市发展则表现为 1990~2010 年间以聚集效应为主、2010~2016 年间离散效应初步显现。其原因在于前两个阶段城市空间扩张相对集聚，而后一阶段城市扩张相对分散。另一原因在于 2010 年代武汉市湿地重

建、植被绿化等举措进一步强化了城市空间扩张的相对离散程度。也因此，由于土地利用变化引发的生态系统服务价值变化率的空间相关性由集聚向离散发展。

局部空间自相关分析显示（图 6），1990-2000 年生态系统服务价值变化率高的乡镇主要位于蔡甸区，2000-2010 年高高集聚的区域由西南向东北转移，主要发生在黄陂区和新洲区，1990~2010 年中心城区一直属于低低集聚区。2010~2016 年，高高集聚的空间相关性已经明显减弱，而低低集聚区由中心城区向东西湖区转移。造成上述空间分布特征的主要原因是城市建设用地扩张的影响。1990~2016 年武汉市中心城区建设用地由长江以东的高强度发展演变为东、西兼有式扩张；而在远城区扩张重心由蔡甸区转移到黄陂区、新洲区和东西湖区。生态系统服务价值变化率的空间分布在一定程度上反映了建设用地扩张重心的发展方向。

3.3.3 生态系统服务价值剖面分析

为表征中心城区与郊区生态系统服务价值的空间分布特征差异，根据城市建设用地扩张走向及建设用地扩张范围等因素，采用剖面分析方法，选择东-西向、东南-西北向、东北-西南向 3 条剖面线对比分析 1990-2016 年武汉市乡镇地均生态系统服务价值的空间分布（图 7、图 8）。



(1) 在 A-A' 剖面，1990 年武汉市地均生态系统服务价值较高的乡镇为中心城区中心及外围的乡镇和街道办事处，其中河湖湖泊生态系统的贡献是该区域生态系统服务价值较高的主要原因。地均生态系统服务价值较低的乡镇位于江夏区中部的纸坊街办事处和乌龙泉街办事处、黄陂区中部的李家集街道、罗汉寺街道和王家河街道等 7 个街道以及郊区各区与中心城区接壤的区域。2000 年、2010 年 A-A' 剖面的中心城区乡镇地均生态系统服务价值较 1990 年大幅度下降。而 2016 年 A-A' 剖面上各乡镇的地均生态服务价值都较 2010 年有所增加，其中增加最多的是黄陂区山坡乡，中心城区地均生态服务价值增加幅度较小。该阶段，武汉市城市生态建设战略实施的效应得以显化，中心城区生态系统服务价值呈现增加态势。

4 结论与建议

本文基于 LandsatTM 影像解译数据及生态系统服务当量因子体系修正,估算研究区土地生态系统服务价值,运用空间自相关分析,探究武汉市土地生态系统服务价值空间分布特征及演变规律,主要研究结论如下:

(1)从全市层面来看,2000~2016 年武汉市建设用地呈现快速增长趋势,导致耕地大幅度减少,随之而来的是全市生态系统服务价值总量的大幅度减少;退田还湖等政策的实施使得全市水域面积增加幅度较大,抵消了一部分由耕地面积减小引起的生态系统服务价值总量的减少,保持了全市生态系统服务价值的增长趋势。从不同生态系统角度分析,河流湖泊生态系统的生态系统服务价值占比最高,其次是农田生态系统。

(2)从乡镇层面来看,1990~2016 年生态系统服务价值空间相关性在逐渐增加;而生态服务价值变化率的空间相关性不断减弱,后期扩散效应显现。与各乡镇生态系统服务价值变化率相比较,其服务价值总量的空间相关性较弱;但从发展趋势而言,各乡镇生态系统服务价值总量的空间相关性逐渐增加,而服务价值变化率从空间集聚向空间离散发展。其原因在于城市空间扩张呈现先集聚后分散的特点。同时在 2010~2016 年间,武汉湿地重建、植被绿化等生态举措,提高了城市空间扩张的相对离散程度。

(3) 研究进一步利用剖面分析法解读了乡镇地均生态系统服务价值,中心城区内部乡镇的地均生态系统服务价值差异逐渐缩小但其异质性也在增加,且这种异质性逐步向郊区蔓延。这一方面由于城市扩张以中心城区为主,土地利用结构差异缩小但异质程度扩大并存;另一方面随着城市扩张的郊区化,城市中心的土地生态系统服务价值的空间特征也逐渐向郊区发展。乡镇的区位条件以及河流湖泊的占比跟其地均生态系统服务价值的变化有密切关系。

研究认为,土地利用结构变化,特别是城市建设扩张,是城市地区土地生态系统服务价值演进的直接原因。1990 年代,城市扩张以及基于农业税收优惠政策的农田垦殖的发展,使得大量坑塘湿地被侵占,也因此生态系统服务价值大幅度下降。2000 年代,退耕还林还草还湖政策的实施一定程度促进了生态系统的调整恢复,生态系统服务价值也有了相应的回升。2010 年代,武汉市生态建设战略的实施,对生态系统修复的功能有了显著的改善。测算认为,2016 年武汉市生态系统服务价值总量已经恢复并超过了 1990 年的水平。

综上,武汉市 20 多年土地生态系统服务价值演变规律的研究,对加强武汉市生态环境建设具有重要的参考价值,也将有助于运用土地生态系统服务价值研究成果,优化城市国土空间布局。国家生态环境保护政策与地方城市生态重建战略的有效实施可促进生态系统的改善与生态服务价值的增加,而城市建设用地扩张、以及土地利用方式向低生态服务价值当量用地类型的转换等人为过度干预会降低生态系统服务功能。因此,为促进武汉市生态环境建设,需要加大对湖泊坑塘等湿地和农田的保护,严格控制建设用地规模,挖潜城市存量建设用地,提高土地集约利用水平。在湖泊坑塘湿地和农田资源丰富的地区,要在保护现有生态优势的基础上,减少城市发展对生态用地的破坏与干预。

参考文献:

[1]何玲,贾启建,李超,等.基于生态系统服务价值和生态安全格局的土地利用格局模拟[J].农业工程学报,2016,32(3):275-284.

HE L, JIA Q J, LI C, et al. Land use pattern simulation based on ecosystem service value and ecological security pattern [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(3): 275—284.

[2] COSTANZA R, D' ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital

-
- [J]. Nature, 1997, 387(15) : 253 — 260.
- [3] MA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and human well-being, a framework for assessments [M]. Washington, DC, USA: Island Press, 2005.
- [4] TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) . TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management, 2010.
- [5] COSTANZA R, DE GROOT R, SUTTON P, et al. Changes in the global value of ecosystem services [J]. Global Environmental Change, 2014, 26(1) : 152-158.
- [6] MOLNAR J L, KUBISZEWSKI I. Managing natural wealth: ecosystem services in the united states and canada[J]. Ecosystem Services, 2012, 2: 45-55.
- [7] DEPIETRI Y, WELLE T, RENAUD F G. Social vulnerability assessment of the cologne urban area (germany) to heat waves: links to ecosystem services[J]. International Journal of Disaster Risk Reductions. 2013, 6: 98-117.
- [8] RADFORD K G, JAMES P. Changes in the value of ecosystem services along a rural-urban gradient: a case study of greater manchester, UK [J]. Landscape and Urban Planning , 2013, 109(1) : 117-127.
- [9] MCPHE ARSON T, KREMER P, HAMSTEAD Z A. Mapping ecosystem services in new york city: applying a social-ecological approach in urban vacant land [J]. Ecosystem Services, 2013, 5: 11-26.
- [10] KROLL F, MULLER F, HAASE D, et al. Rural urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics [J] • Land Use Policy, 2012, 29(3) : 521-535.
- [11] VIZZARI M, ANTIGNELLI S, HILAL M, et al. Ecosystem services along the urban-rural-natural gradient: an approach for a wide area assessment and mapping [C]. In Computational Science and Its Applications-ICCSA 2015 (pp. 745 -757). Springer International Publishing. 2015.
- [12] YIN J, YIN Z, ZHONG H, et al. Monitoring urban expansion and land use/land cover changes of Shanghai metropolitan area during the transitional economy (1979-2009) in China [J] • Environmental monitoring and assessment, 2011, 177(1-4), 609-621.
- [13] WU K, YE X, QI Z, et al. Impacts of land use/land cover change and socioeconomic development on regional ecosystem services: The case of fast-growing Hangzhou metropolitan area, China[J]. Cities, 2013, 31, 276-284.
- [14] LIN T, XUE X, SHI L, et al. L. Urban spatial expansion and its impacts on island ecosystem services and landscape pattern: a case study of the island city of xiamen, southeast china [J]. Ocean & coastal management ,2013, 81(9) : 90-96•
- [15] SU S, XIAO R, JIANG Z, et al. Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale [J]. Applied Geography, 2012, 34(1) : 295-305.

-
- [16] 张丽琴, 吕春艳, 渠丽萍. 土地利用生态系统服务研究进展及启示[J]. 国土资源情报, 2017(4): 52-56.
- ZHANG L Q, LV C Y, QU L P. Progress and enlightenment of research of land use ecosystem services [J]. Land and Resources Information, 2017(4) : 52-56.
- [17] 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]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8) : 1243-1254.
- XIE G D, ZHANG C X, ZHANG L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area [J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30 (8): 1243-1254.
- [18] 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, 2003, 23(5): 911-919.
- XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China [J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5) : 911-919.
- [19] ZENG C, LIU Y, STEIN A, et al. Characterization and spatial modeling of urban sprawl in the wuhan metropolitan area, China [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 34(1) : 10-24.
- [20] ZHOU K, LIU Y, TAN R, et al. Urban dynamics, landscape ecological security, and policy implications: a case study from the wuhan area of central China [J] • Cities, 2015, 41: 141- 153.
- [21] JIAO L, MAO L, LIU Y. Multi-order landscape expansion index: characterizing urban expansion dynamics [J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 137: 30-39.
- [22] HU S, TONG L, FRAZIER A E, et al. Urban boundary extraction and sprawl analysis using landsat images: a case study in wuhan, China [J]. Habitat International, 2015, 47 (47): 183-195.
- [23] 尤光辉. 武汉市森林资源动态分析及林业可持续发展探讨[D]•武汉: 华中农业大学, 2009.
- YOU G H. Study on the forestry sustainable development and dynamic analysis of forest resource in Wuhan [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University 2009.
- [24] 王兵, 魏江生, 胡文. 中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估[J]. 生态学报, 2011, 31(7), 1936 -1945.
- WANG B, WEI J S, HU W. The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(7), 1936- 1945.
- [25] 涂小松, 龙华楼. 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.
- TU X S, LONG H L. Spatial patterns and dynamic evolution of ecosystem service values in poyang lake region from 2000 to 2010[J]. Resources Science, 2015, 37(12) : 2451-2460.