

武汉市湿地破碎化对生态系统 服务价值的影响研究

陈莹 郑锦志¹

(华中科技大学 公共管理学院, 湖北 武汉 430074)

【摘要】:以湖泊资源丰富的武汉市为例,通过景观格局指数测定该市湿地破碎化程度,借助GIS技术评估该市湿地生态系统服务价值,并探讨了城市湿地破碎化对生态系统服务价值的影响。结果表明:①2000-2015年武汉市湿地总体破碎化趋势有所缓和,但人工湿地相较于自然湿地破碎化程度要高,特别是2010-2015年湿地总面积下降了2.80%,而斑块密度上升了4.12%,湖泊破碎化程度较高。②2000-2015年,武汉市湿地ESV增长了323.27亿元,各类湿地的生态系统服务价值表现为湖泊>水库坑塘>河流>沼泽。③湿地景观破碎化与部分调节性、支持性和文化性服务功能存在着显著相关关系。

【关键词】:城市湿地 生态系统服务价值 景观格局指数

【中图分类号】:X826 **【文献标志码】**:A **【文章编号】**:1005-8141(2021)03-0257-09

湿地被誉为“地球之肾”,与森林、海洋并列为三大生态系统,承担着涵养水源、调节气候、净化水质、保护生物多样性等多种生态功能,对城市生态文明建设起着重要的支撑作用。随着我国城市建设加速进行,城市湿地破碎化加剧,可供生物栖居和市民旅游休闲的湿地越来越少。当前,生态健康越来越受到人们的关注,而良好的城市环境成为吸引人才的重要条件^[1],同时也是地方政府官员考核与晋升的重要指标^[2,3]。关注城市湿地破碎化对城市生态系统服务的影响,对于保护城市湿地生态系统和建设生态文明城市具有重要的意义。

目前湿地的研究较多关注湿地空间形态演变^[4,5]、湿地土地利用变化^[6]、湿地综合治理^[7,8]、湿地旅游资源开发^[9-11]、湿地生态系统健康评价^[12,13]等方面。这些研究从环境科学、土地管理、旅游管理、生态学等视角进行了相关探讨,研究认为湿地具有重要的生态价值,但目前面临着湿地资源不合理利用和破坏,偏向于湿地资源的保护和旅游资源的开发等问题。有关生态系统服务价值的研究较多,

主要偏重于价值量的测算。1997年,Costanza R.、d'Arge R.、de Groot R.等^[14]构建了生态系统服务评估单价体系,提出了各地类的生态服务价值;谢高地、鲁春霞、冷允法等^[15],谢高地、张彩霞、张雷明等^[16]在此基础上进行了相关修正。之后,也有学者引入遥感和空间化方法^[17]、生态系统服务重要度指数和服务空间丰富度指数^[18],这些研究大大丰富了生态系统服务价值的计算方法。城市湿地的破碎化现象由来已久,这既包括自然作用的影响,也包括人类活动的影响。近年来,学者们加大了对土地细碎化的关注,主要集中在耕地细碎化的影响^[19]、林地细碎化程度对营林积极性的影响^[20]、旅游区景观碎片化对于旅游价值的影响^[21]等。景观破碎化影响生态系统组份、结构与生物学过程^[22,23],进而会影响湿地生态系统服务,同时景观破碎化对湿地景观中的能量流动、物质

¹**基金项目**:国家自然科学基金项目(编号:71603089);教育部人文社科基金项目(编号:16YJA790009);华中科技大学人文社会科学重大及交叉研究专项(编号:2014WZ01)。

作者简介:陈莹(1980-),女,湖北省武汉人,博士,副教授,研究方向为土地利用与管理。

循环和生物多样性均具有重要的影响^[24]。探究湿地破碎化对生态系统服务的影响可以作为连接生态过程和城市化进程的手段,湿地生态系统恢复效果对区域生态系统服务空间格局的评价与预判起着重要的反馈作用^[25]。李东杰、杨利、余俞寒等^[21]通过对东湖土地破碎化的测度得出景观的破碎化破坏了生态系统的完整性,降低了生态服务功能的整体优势。

综合来看,以往研究主要对某一流域或风景区的景观破碎情况进行研究,生态系统服务价值的测算也多采用当量因子,而湿地破碎化对生态系统服务价值的影响研究相对较少。本文运用 GIS 和 RS 工具,以湖泊资源丰富的武汉市为例,从时空维度分析城市湿地破碎化情况和湿地生态系统服务价值,并探讨湿地破碎化对生态系统服务价值的影响,以期由政府及相关部门制定行之有效的湿地保护政策和城市规划发展提供重要的理论与实证支撑。

1 研究区域

武汉市位于湖北省东部,处于长江和汉江交汇处,地理位置为 25° 59′ -31° 22′ N、113° 41′ -115° 05′ E,素有“百湖之城”的称号。武汉市湿地资源丰富,湿地面积 1624.61km²,约占全市国土总面积的 18.9%,拥有 5 个湿地自然保护区(沉湖、涨渡湖、草湖、武湖和上涉湖),其中沉湖湿地自然保护区为国际重要湿地保护区;拥有 6 处国家级湿地公园(东湖、金银湖、安山、后官湖、杜公湖和藏龙岛)、4 处省级湿地公园(索子长河、桐湖、谪洋海和木兰花溪)和大大小小的湖泊、沼泽和库塘等,被美国《国家地理》杂志评为全球内陆湿地资源最丰富的三座城市之一。本文将湿地划分为自然湿地(湖泊、河流、沼泽地)和人工湿地(水库坑塘等),武汉市的湿地以湖泊为主,占该市湿地总面积的 50%左右。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文数据包括 Landsat 影像数据、武汉市行政区域图、社会统计年鉴数据,由于涉及数据众多,以 5 年作为时间间隔。为整合数据,结合武汉市湿地地类变化情况,特选取 2000—2015 年期间的 4 期数据。其中 2000 年、2010 年和 2015 年 Landsat 数据为地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>)的 30m×30m 影像图,2005 年数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心的土地利用遥感监测数据库,分辨率为 30m。以 ERDAS9.2 软件为技术平台,对案例地 4 期影像数据进行提取和计算,同时结合 ArcGIS 平台进行稽核校正和投影变换。主要流程包括:①基于多项式的几何校正。选取地面控制点,构建多项式校正模型,将影像间的误差控制在一个像元内。②进行图像的裁剪。采用武汉市城区矢量边界裁剪出研究区域。③定义地类训练样本。评价训练样本并对其进行修正,采用 Minimum Distance 方法进行监督分类,4 期影像图的分类精度分别为 96.4%、95.1%、95.7%、96.0%,在 ArcGIS10.2 软件下参照 Googleearth 历史影像数据,对得到的湿地地类数据进行目视解译及修正处理。

2.2 湿地景观破碎化测度

破碎化是指由单一、均质、连续向复杂、异质、非连续转变的过程。景观破碎化指数是用于描述和反映景观被分割破碎程度的重要方法。本文借鉴前人研究成果^[21,23],结合武汉市湿地景观特征,选取湿地景观破碎化指数,并借助 FRAGSTAT4.2 软件进行综合测算。

湿地作为一种兼具经济价值和非经济价值利用的土地类型,其生态系统服务价值可分为直接价值和间接价值。根据千年生态系统评估(MA)的分类,结合谢高地、鲁春霞、冷允法等^[15]对生态系统服务功能的划分,湿地生态系统服务功能包括供给服务功能、调节服务功能、文化服务功能和支持服务功能。湿地生态系统服务各项功能价值的测算应结合实际案例和应用条件,采用适宜的测算方法(表 1)。

表 1 湿地生态系统服务价值评价内容和评价方法

服务类型	湿地生态系统服务功能	评价方法	文献
供给服务	提供食物与原材料	市场价值法	[35]
	水源供给	市场价值法	[34]
调节服务	气候调节	替代成本法	[26, 35]
	固碳释氧	替代成本法、碳税法	[34]
	调蓄洪水	替代成本法	[36]
	涵养水源	替代成本法	[34]
文化服务	旅游休闲	比例折算法	[34]
	科研教育	价值当量法	[37]
支持服务	维持生物多样性	价值当量法	[34]
	保持土壤	替代成本法、价值当量法	[34]

提供食物和原材料。湿地生产的食物和原材料主要包括淡水动物产品(鱼类、虾蟹类、贝类和其他)和植物产品(睡莲、菖蒲等),武汉市湿地提供食物和原材料主要为淡水鱼类产品。湿地提供食物和原材料的价值计算公式为:

$$V_1 = Q \times F \dots\dots\dots (1)$$

式中, Q为武汉市淡水鱼类产品的产量(t); F为鱼类产品当年的市场价格(元)。由于沼泽地不生产鱼类, 因此以河流、湖泊和水库坑塘的面积加权作为对应生态系统服务价值。

水源供给。武汉市水源供给分居民用水、非居民用水和特种用水。湿地水源供给的生态系统服务价值计算公式为:

$$V_2 = \sum U_i \times S_i \dots\dots\dots (2)$$

式中, U_i 为第 i 种用途用水量(m^3); S_i 为第 i 种用途水的价格(元)。按《武汉市中心城区供水价格分类标准》, 居民用水取第一梯度价格 1.37 元/ m^3 , 非居民用水价格为 2.12 元/ m^3 , 特种行业用水价格为 8.1 元/ m^3 。由于 2005 年和 2000 年并未单列出非居民用水和特种用水, 所以将 2015 年和 2010 年非居民用水和特种行业用水量和单价进行加权平均后(2.19 元/ m^3)作为 2005 和 2000 年除居民用水以外的其他用水单价, 自然湿地和人工湿地价值同上进行分别计算。

气候调节。湿地具有调节温度, 增加空气湿度, 对局部气候进行调节的功能。根据《关于武汉市水环境调查报告》, 武汉市的多年平均水面蒸发量为 927.1mm, 平均陆面蒸发值为 726.6mm, 标准大气压下水的汽化热为 2260kJ/kg, 再取水面蒸发折算系数为 0.75, 水的密度是 103kg/ m^3 , 则武汉市湿地蒸发吸收总热量2000年、2005年、2010年和2015年分别为 $2.57 \times 10^{15} \text{kJ}$ 、 $2.66 \times 10^{15} \text{kJ}$ 、 $2.70 \times 10^{15} \text{kJ}$ 和 $2.63 \times 10^{15} \text{kJ}$ 。按空凋制冷消耗, 以一年中夏季为主要时间段计算蒸发降低气温的价值, 则折算系数为 0.25, 空凋的能效比取 $3.0^{[26]}$, 电价取 0.573 元/kW·h。同时, 计算湿地增加的空气湿度。用加湿器使用消耗, 计算水域蒸发增加空气湿度的价值。以常见的家用加湿器功率 32W 计算, 将 $1m^3$ 水转为蒸汽的耗电量约为 125kW·h, 另外乘以一个折算系数 0.25, 电价同样取

0.573 元/kW·h。

固碳释氧。湿地固碳释氧价值可分为湿地植物固碳释氧和土壤固碳：①湿地植物固碳释氧正效应价值。根据光合反应方程式，植物生产 1kg 干物质，能吸收 1.63kg 的 CO₂，释放 1.20kg 的 O₂。释放的 O₂ 价格为 1037 元/t^[27]，固碳价格采用瑞典碳税率 150 美元/t^[28]，折算成人民币为 934.26 元/t (2015 年平均汇率)。②土壤固碳释氧正效应价值。根据武汉市典型湖泊水生植物生物量平均值为 167.70g/m²^[29]，湿质量：干质量=11：1，则干质量为 15.245g/m²。武汉湖泊、河流和水库坑塘固碳速率采用 56.74g/(m²·a) 碳计算，沼泽固碳速率取 28.64g/m²·a。

调蓄洪水。调蓄洪水的计算公式为：

$$V_5 = \sum Z_i \times D \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中，Z_i 为第 i 类湿地调蓄洪水量；D 为单位水库造价。根据潘方杰、王宏志、王璐瑶的研究^[30]，武汉湖泊单位面积洪水调蓄量为 311.62×104m³/km²，河流与水库坑塘也取此值。另外，依据东部平原湿地洪水期湿地最大淹没深度为 1m，计算沼泽地调蓄洪水能力。单位库容水库造价取 6.11 元/m³。由于武汉市降雨主要集中在 5-8 月，洪水调蓄主要在城中区的东湖、沙湖、南湖和汤逊湖等，因此实际调蓄量大概占武汉市湿地可调蓄量的 1/10。

涵养水源。湿地涵养水源可以通过计算处理污水、净化水质的能力得到，计算公式为：

$$V_6 = \sum (R_i \times G_i) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中，R_i 为第 i 种污染物指标的排放量(t)，包括总氮(TN)、总磷(TP)和化学需氧量(COD)；G_i 为第 i 种污染物的净化处理成本(元/kg)，净化 TN、TP 和 COD 的成本分别为 1.5 元/kg、2.5 元/kg^[31]和 1.6 元/kg^[32]。另外，以自然湿地和人工湿地面积比例作为各自生态价值量。武汉市污水年排放量参照《武汉统计年鉴》。

旅游休闲。湿地旅游休闲价值计算公式为：

$$V_7 = W_i \times C_i \times I_i + W_o \times C_o \times I_o \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中，W_i 和 W_o 分别为水域在国内游客和入境游客感兴趣的旅游资源中所占比例(%)；C_i 和 C_o 分别为国内游客和入境游客的观光游览/度假休闲旅游目的地所有旅游目的地中所占的比例(%)；I_i 和 I_o 分别为国内旅游收入和旅游外汇收入(元)。由于人们旅游主要以自然湿地为目的地，因此自然湿地旅休闲价值占总体价值的 90%。

科研教育。科研教育功能价值计算公式为：

$$V_8 = \sum M_i \times K \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中，M_i 为可供开展科研教育的湿地面积(km²)；K 为湿地生态系统单位面积的文化教育价值(元/km²)。采用张翼然、周德民、刘苗^[33]对 47 个湿地样本点科研教育价值的统计平均值(46.3×104 元/km²)对武汉市湿地科研教育价值进行评价。

维持生物多样性。湿地维持生物多样性价值计算公式为：

$$V_9 = H \times N \cdots \cdots \cdots (7)$$

式中, H 为生物栖息地单位面积价值(元/km²); N 为提供生物栖息的湿地面积(km²)。根据谢高地等修正的单位面积生态生态系统服务价值当量表, 得到河流、湖泊和水库坑塘维持生物多样性价格为 561842 元/km², 沼泽地维持生物多样性价格为 1741001 元/km²。

保持土壤。湿地保持土壤价值主要包括减少土地废弃、保持土壤养分和减少泥沙淤积 3 个方面, 本文通过采用替代成本法, 参照谢高地、张彩霞、张雷明等^[16]修正的单位面积生态系统服务价值当量表, 得到河流、湖泊和水库坑塘土壤保持的单位面积价值为 820 元/km², 沼泽地土壤保持单位面积价值为 349530 元/km²。

3 结果及分析

3.1 武汉市湿地破碎化时空格局

武汉市湿地破碎化时空格局变化见图 1 所示。2000—2015 年, 武汉市湿地面积先缓慢增加后再减少; 2000—2010 年湿地总面积以年均 0.51% 的速率增加, 共计增加了 83.68km²; 2010—2015 年, 湿地面积下降较多, 主要是湖泊和沼泽被转换, 累计减少了 46.94km², 年平均减少了 9.39km²。湿地斑块数量在 2010 年达到低谷, 2005—2010 年间湿地景观斑块数量减少了 101 块, 随后又在 2015 年恢复到 2000 年的水平。其中, 耕地、林地、沼泽地、建设用地表现出趋势性变化(表 2), 耕地、林地在和沼泽地面积在 15 年间持续减少, 而建设用地面积不断增加, 这是农用地和湿地减少的主要原因; 草地、湖泊、河流、水库坑塘面积变化主要受自然条件和建设用地扩张的影响; 城市建设的开展, 也会造成湿地地类转换, 影响湿地景观格局的变化, 而湿地景观格局的变化最终会导致区域能量流变化和生态系统服务功能价值的改变。

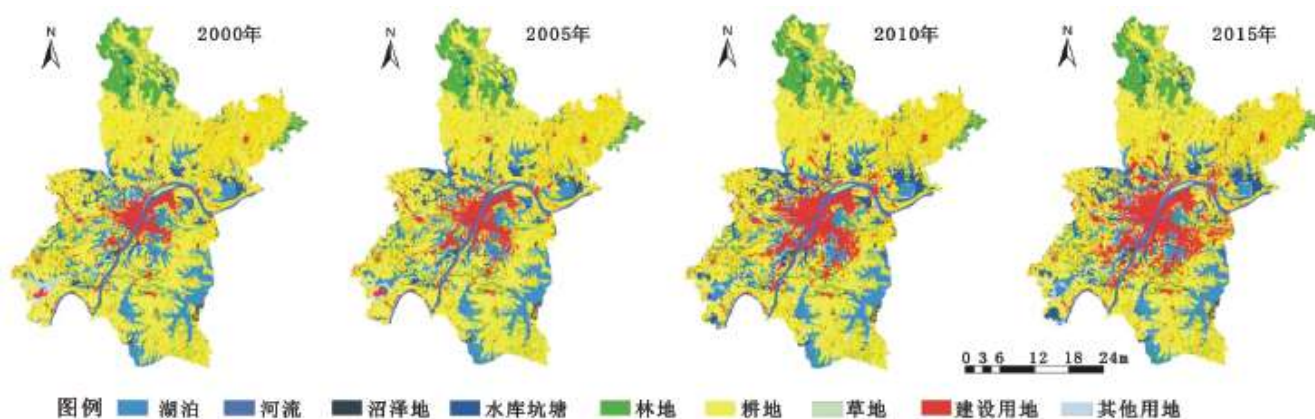


图 1 2000—2015 年武汉市土地利用空间分布变化情况

本文进一步通过 ArcGIS 软件对 2000 年和 2015 年两组数据进行地类转换和叠加分析(图 2)发现, 2000—2015 年, 湖泊和沼泽地是主要被转换湿地类型, 并主要被建设用地侵占。其中, 南湖水系、东湖—沙湖水系、墨水湖—龙阳湖—太子湖水系、北湖水系等被侵占严重, 破碎度较高。结果表明, 随着武汉市大力发展基础设施建设和建设国家中心城市战略的实行, 大规模道路扩张, 住宅和商业用地等开发建设造成武汉市湿地大面积破坏, 大量自然地类被迫转换。值得关注的是, 随着城市生态文明建设意识的增强、

对长江的治理和保护, 水库坑塘和河流的面积有所增加, 生态文明建设效果初显, 但湖泊破坏依然严重。

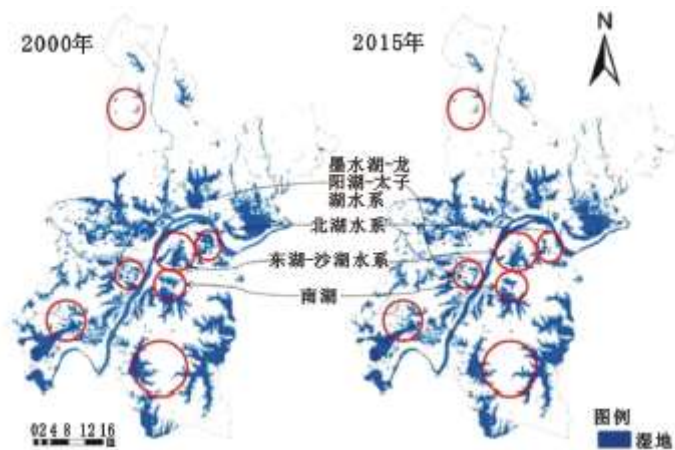


表 2 2000—2015 年武汉市各土地利用类型面积及变化率

	土地 利用类型	耕地	林地	草地	自然湿地			人工湿地	建设用地	其他用地
					河流	湖泊	沼泽地	水库坑塘		
面积 (km ²)	2000 年	5227.66	797.88	72.44	908.15	251.05	65.17	410.80	665.46	179.70
	2005 年	5077.38	782.88	67.28	918.96	287.84	62.75	423.41	785.74	124.10
	2010 年	4770.63	776.31	75.33	847.46	267.54	56.65	547.21	1050.31	186.74
	2015 年	4563.25	774.14	78.56	822.44	284.99	56.05	508.43	1281.77	208.62
变化率 (%)	2000—2005 年	-2.87	-1.88	-7.12	1.19	14.65	-3.72	3.07	18.08	-30.94
	2005—2010 年	-6.04	-0.84	11.96	-7.78	-7.05	-9.71	29.24	33.67	50.47
	2010—2015 年	-4.35	-0.28	4.29	-2.95	6.52	-1.07	-7.09	22.04	11.72

其次, 武汉市湿地破碎化过程分析。武汉市湿地景观整体呈现破碎化趋势。本文利用 Fragstats4.2 软件平台测算分析了 2000—2015 年武汉市湿地景观破碎化指数(表 3)。结果发现, 2000—2010 年, 湿地破碎化程度不明显, 湿地斑块数量上升后下降、湿地总面积增加较多。但在 2010—2015 年, 湿地破碎化程度有所加剧, 其中斑块数量从 1603 块增加到 1638 块, 但是湿地总面积却从 1718.86km² 下降到了 1671.91km²。2000—2015 年, 武汉湖泊和沼泽地面积呈缩减趋势, 且斑块密度总体上也是下降的。这些变化表明武汉市总体湿地景观特征呈现从整体、连通性较高向缩减、分离化转变的趋势。由于武汉市的持续城市化建设, 湿地被侵占严重, 面积减少和破碎化是景观格局变化的主导趋势, 这一趋势仍在继续。

表 3 2000—2015 年武汉市湿地景观破碎化指数

类型	年份	面积 CA (km ²)	斑块数量 NP (块)	斑块密度 PD	最大斑块 指数 LPI	边缘密度 ED	平均斑块分维 数 FRAC_MN	分离度指数 SPLIT
湖泊湿地	2000	908.15	332	0.0387	2.4661	5.2777	1.0990	1098.3313
	2005	918.96	343	0.0402	2.4845	5.0640	1.0943	1077.2959
	2010	847.46	308	0.0359	2.3716	4.3947	1.0948	1225.0864
	2015	822.44	313	0.0365	2.3701	4.3492	1.0989	1302.5478

自然湿地	河流湿地	2000	251.05	54	0.0063	2.3986	1.5772	1.1562	1720.3682
		2005	287.84	57	0.0067	3.0089	1.6920	1.1547	1102.8322
		2010	267.54	52	0.0061	2.4983	1.6245	1.1546	1584.8108
		2015	284.99	47	0.0055	2.7355	1.7459	1.1606	1324.4503
	沼泽湿地	2000	65.17	154	0.0180	0.1373	0.8147	1.0922	315291.1564
		2005	62.75	160	0.0188	0.1382	0.8039	1.0904	320604.5238
		2010	56.65	139	0.0162	0.1396	0.7277	1.0898	376744.5589
		2015	56.05	137	0.0160	0.1394	0.7029	1.0895	379318.7392
自然湿地合计	2000	1224.37	540	0.0505	2.8095	7.2832	1.1023	547.602	
	2005	1269.55	560	0.0525	3.9611	7.0917	1.0977	384.4886	
	2010	1171.65	499	0.0451	3.3341	6.3546	1.0982	493.3870	
	2015	1163.48	497	0.0451	3.8657	6.4305	1.1004	424.5919	
人工湿地/水库坑塘	2000	410.80	1083	0.1262	0.2295	4.9952	1.0803	33281.8668	
	2005	423.41	1144	0.1341	0.2738	5.0755	1.0783	27754.0364	
	2010	547.21	1104	0.1287	0.5041	5.2441	1.0776	9671.7570	
	2015	508.43	1141	0.1330	0.4478	5.2015	1.0772	13189.9864	
湿地合计	2000	1635.17	1623	0.1360	3.3616	11.0344	1.0828	410.3716	
	2005	1692.96	1704	0.1415	5.5410	10.7946	1.0804	229.1425	
	2010	1718.86	1603	0.1359	5.0751	10.4067	1.0801	257.4640	
	2015	1671.91	1638	0.1415	4.3239	10.4871	1.0801	316.4399	

湖泊和水库坑塘是武汉市主要的湿地类型, 市内湿地景观格局的改变主要受这两种湿地类型变化的影响。①自然湿地。2000—2015 年, 湖泊分离度指数总体上升, 上升幅度为 18.59%, 而总面积下降。湖泊的斑块数量减少了 19 块, 最大斑块指数从 2.4661 下降到 2.3701, 下降了 4.10%。斑块密度从 0.0387 下降到 0.0365, 说明湖泊湿地斑块变小并且连接度下降, 湖泊分离成更小的块状, 导致整片连续的湖泊生态功能性下降。河流相对来说破碎化程度趋于缓和。河流斑块数量和斑块密度逐年减少, 河流边缘密度从 1.5772 上升到 1.7459, 平均斑块分维度指数也有所上升, 最大斑块指数在 2005 年最高, 在 2010 年又回落。河流斑块密度下降、边缘密度上升、空间的连续性下降, 河流相对于沼泽地而言景观破碎化程度要低。沼泽地的斑块数量、斑块密度和边缘密度均有所减少, 其中斑块数量减少了约 10%。斑块密度的下降和分离度指数的上升说明 15 年间沼泽地的分离度增加, 景观异质性增加, 沼泽地面临着被其他地类侵蚀的问题。整体来看, 自然湿地的景观破碎度逐年下降, 特别是从 2005 年以来, 自然湿地的斑块数量和斑块密度下降, 整体性和连接性有所上升。②人工湿地。水库坑塘和河流相似, 景观破碎化程度不是很显著, 但人工湿地斑块数量和斑块密度有所增加, 15 年间斑块密度总体上升了 4.46%, 分离度指数下降了近 60%, 且边缘密度从 4.9925 上升到 5.2015, 特别是在 2010 年以后, 人工湿地的斑块密度上升, 最大斑块指数从 0.5041 下降到 0.4478。整体上看, 人工湿地相对于自然湿地破碎化程度较大, 特别是近年来人工湿地的景观破碎度格局趋势更加明显。

3.2 湿地生态服务价值变化

2000—2015 年, 武汉市湿地生态系统服务价值呈现前期降低, 后期上升的趋势。其中, 2000—2005 年, 武汉市湿地生态系统服务总价值由 2000 年的 728.22 亿元上升至 2015 年的 1051.49 亿元, 年均增加了 21.55 亿元。2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年自然湿地生态系统服务价值分别为 547.14、572.60、598.96 和 795.59 亿元, 占总价值比重为 75.13%、75.56%、70.86%和 75.66%。4 个年份的人工湿地生态系统服务价值为 181.09、185.21、246.37 和 255.91 亿元。武汉市湿地生态系统服务功能的主体湿地为湖泊, 其次为水库坑塘、河流和沼泽地。武汉市湿地生态系统服务价值总体来看调节服务>供给服务>文化服务>支持服务。从 2015 年看, 武汉市湿地生态系统各项服务功能价值的次序为: 气候调节>旅游休闲>提供食物和原材料>调蓄洪水>水源供给>维持生物多样性

性>科研教育>涵养水源>固碳释氧>保持土壤。其中,湿地固碳释氧功能和调蓄洪水价值较为稳定,气候调节和土壤保持服务价值下降,旅游休闲价值较2000年增长了15.13倍,土壤保持服务价值降低。

3.3 湿地破碎化对生态系统服务价值的影响

武汉市湿地生态系统服务价值总体上呈上升趋势,这与湿地破碎化的趋势上升呈现一定的相关关系。本文运用SPSS软件对两者进行相关性分析,将自然和人工湿地景观格局作为自变量,各自对应的生态系统服务价值作为因变量,得到湿地景观格局对生态系统服务价值的影响结果。

从景观格局和生态系统服务价值关系上来看:首先,自然湿地的斑块数量和斑块密度与自然湿地气候调节、固碳释氧、调蓄洪水、科研教育和维持生物多样性价值呈正相关关系,特别是斑块密度与维持生物多样性功能价值的相关性达到0.995,在0.01的水平性上显著。随着武汉市湖泊和沼泽地不断被其他地类特别是建设用地侵占,湖泊和沼泽地的斑块数量不断减少,单位面积的斑块密度下降。随着自然湿地斑块数量和斑块密度的下降,自然湿地的气候调节、调蓄洪水和固碳释氧等功能价值降低,但由于旅游休闲价值年际变化较大,因此自然湿地整体价值量呈现逐年增加趋势。从2010年以来气候调节与维持生物多样性价值下降速度可以看出,自然湿地斑块数量和斑块密度下降速度趋缓。其次,人工湿地最大斑块指数和边缘密度与保持土壤、调蓄洪水和固碳释氧等功能价值呈正相关关系。人工湿地最大斑块指数与气候调节和调蓄洪水的相关性系数为0.996,相关性较大。人工湿地作为城市湿地生态系统中的重要一部分,承担着重要的生态价值,特别是在调蓄洪水和气候调节方面。随着人工湿地最大斑块指数从2000年的0.2295上升到2010年的0.5041,人工湿地的气候调节功能价值也从2000年的136.77亿元上升到2010年的182.19亿元。另外,人工湿地的景观分离度指数与固碳释氧、科研教育和维持生物多样性等功能价值呈负相关关系,相关性系数为-0.986。武汉市近年来加强了对生态系统的保护,同时武汉市作为受洪涝灾害影响较严重的城市,更加注重水库坑塘的建设和保护,使得人工湿地的最大斑块指数有所上升,而分离度下降,人工湿地的生态系统服务价值有相对明显的提升。

4 结论与建议

本文综合分析了2000—2015年武汉市湿地破碎化情况,并运用时空地理学方法和ArcGIS、Frag stats等软件探究了城市湿地破碎化对生态系统服务价值的影响,得出以下主要结论:①2000—2015年,武汉市湿地景观破碎化呈逐渐缓和的趋势,特别是在2010—2015年,湿地面积增加了36.74km²,上升了2.2%,这主要得益于人工湿地的增加,但湿地斑块总量增加了15块。主要湿地类型湖泊呈破碎化趋势较为严重,面积下降了85.71km²,最大斑块指数从2.47下降到2.37,斑块分离度指数从1098.33上升到1302.55;沼泽地分离度指数从315291.16上升到379318.74,边缘密度从0.81下降到0.70;河流湿地边缘密度从1.58上升到1.75。相对于自然湿地,人工湿地破碎化要明显,主要体现在斑块数量和斑块密度的增加。从湿地景观总体来看,分离度、边缘密度下降,破碎化渐趋缓和。②2000—2015年武汉市湿地生态系统服务价值2000年、2005年、2010年和2015年分别为728.22、757.82、845.32和1051.49亿元,湿地生态系统服务价值较大。武汉市不同类型湿地生态系统服务价值量大小依次为湖泊>水库坑塘>河流>沼泽地。从湿地生态系统服务功能来看,除了旅游休闲外,各项服务功能价值年际变化较平稳。各项生态系统服务功能价值次序为气候调节>旅游休闲>提供食物和原材料>调蓄洪水>水源供给>维持生物多样性>科研教育>涵养水源>固碳释氧>保持土壤。③在城市湿地破碎化对生态系统服务价值的研究中,湿地景观的破碎化对于生态系统服务价值的价值是较显著的,随着城市化建设,湿地景观格局呈现一定的破碎化趋势,这也间接导致了价值的变化,主要体现在自然湿地斑块数量和斑块密度对部分调节服务和支持服务功能价值的影响,人工湿地最大斑块指数、边缘密度和分离度对调蓄洪水、维持生物多样性等功能服务的影响。综合来看,湿地景观格局的变化与城市生态系统服务价值变化存在一定的相关关系,但由于社会经济的发展,武汉市湿地生态旅游和部分供给服务功能价值大幅增加,导致武汉市湿地整体生态系统服务价值呈逐年上升趋势。

城市承载着人们对美好生活的向往,建设生态宜居的城市是建设发展的方向。本文发现湿地作为城市生态系统服务的重要地类,其生态功能价值显著,湿地景观格局的变化影响着湿地生态功能的发挥,城市管理者与治理者应从整体格局出发,将城市建设发展与湿地生态保护结合起来。针对武汉市湿地破碎化问题,本文提出以下建议:①重视湿地生态功能价值,建立湿地生态补偿机

制。湿地对于城市生态建设起着重要的支撑作用,围绕湿地保护与开发利用,能产生巨大的经济效益。完善湿地生态补偿机制,对享受到湿地生态功能的人群建立意愿支付机制,对保护湿地的贡献者与利益受损者给予补偿,从而建立湿地保护和利用的良性循环机制。当然,这一机制的实现需要实现生态品的物格化、价格化和市场化,实现湿地产品价值。②加强湿地保护和规划,划定湿地保护红线。湿地具有重要的生态价值,城市发展不能以牺牲生态为代价。城市建设对湿地的侵占会导致湿地面积萎缩,湿地景观破碎化影响了湿地生态功能价值的发挥,因此需要加强湿地保护和规划。城市建设不以破坏湿地为代价,在城市规划中避免对湖泊、河流、沼泽等湿地地类的侵占,尽量保持整体性的湿地景观格局。③提高湿地利用效率,重视湿地旅游资源开发与利用。湿地功能价值丰富,但目前利用效率不高。同时,湿地旅游资源丰富,产生的旅游经济效益很高,因此应加强对于湿地旅游资源开发宣传,打造整体性的湿地旅游区建设,促进湿地资源的整合,提高湿地资源的利用效率,为湿地资源的可持续开发和利用提供物质支撑。

5 讨论与展望

本文对于研究宏观尺度上城市景观变化与城市生态系统服务价值变化相互关系和城市生态文明建设具有一定的促进作用。研究发现湿地景观格局变化主要受城市开发建设和城市湿地的不合理利用的影响,导致湿地趋于破碎化和减少。因此,要加强湿地的保护,合理开发利用湿地资源。由于生态系统服务的量化计算缺乏统一标准,各项生态系统服务价值在某些方面存在一些交叉,难于计算,在实际核算过程中,需综合考虑自然因素和社会经济因素的影响。如,在湿地旅游休闲价值的核算过程中,缺乏数据并只考虑到社会经济因素,从而导致生态系统服务价值年际差异较大。虽然武汉市自然湿地特别是湖泊和沼泽下降较多,但是生态系统服务价值却呈年际上升的趋势,这是因为在考虑湿地生态系统服务价值的同时,将经济社会指标纳入到当年湿地生态系统服务价值之中,导致某些生态系统服务价值的趋势性可能与湿地景观的破碎化出现不相符合的地方。同时,本文只选取了斑块层面的景观格局指数和 4 个时期的影像数据,由于经济社会统计数据的滞后和影像数据更新较慢处理复杂,只选取到 2015 年,数据存在一定滞后性。但已有数据也足够支撑相关研究论述,未来应通过增加整个景观层面的景观格局指数和更新到最新的数据来提高研究的科学性与准确性。城市湿地破碎化对城市生态系统服务价值影响机制研究还有更多值得探讨的地方。

参考文献:

- [1]张海峰,林细细,梁若冰,等.城市生态文明建设与新一代劳动力流动——劳动力资源竞争的新视角[J].中国工业经济,2019,(4):81-97.
- [2]黎文靖,郑曼妮.空气污染的治理机制及其作用效果——来自地级市的经验数据[J].中国工业经济,2016,(4):93-109.
- [3]ChenYJ,Li P,Lu Y.Career Concerns and Multitasking Local Bureaucrats:Evidence of a Targetbased Performance Evaluation System in China[J].Journal of Development Economics,2018,133:84-101.
- [4]张雪,张学霞,余新晓,等.基于图谱的 4 个时期若尔盖县湿地演变分区[J].湿地科学,2019,17(6):623-630.
- [5]杨利,石彩霞,谢炳庚.长江流域国家湿地公园时空演变特征及其驱动因素[J].经济地理,2019,39(11):194-202.
- [6]陈媛媛,柯新利,刘帆,等.1987 年以来 4 个时期武汉市湿地面积、分布和变化[J].湿地科学,2019,17(5):553-558.
- [7]宋萌勃,刘其发,李南海.黄盖湖湿地资源与综合治理对策初探[J].人民长江,2013,44(S2):114-117.
- [8]鲁飞飞,张勇,李雪,等.乌梁素海流域湿地保护与恢复建设的探讨[J].林业资源管理,2019,(5):23-27,67.
- [9]李悦铮,牟方元,梁娟.湿地旅游资源评价指标体系构建与应用[J].经济地理,2019,39(1):192-197.

-
- [10]张秀娟,肖群芳,吴楚,等. 洪湖湿地生态旅游开发策略[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(20) : 5096-5099.
- [11]莫妮娜,肖瑜,许晋. 基于生态保护的高原湿地旅游资源开发研究[J]. 资源开发与市场, 2014, 30(8) : 1019-1021, 989.
- [12]朱锦,朱卫红,金日,等. 中国图们江流域湿地生态系统健康评价研究[J]. 湿地科学, 2019, 17(3) : 344-351.
- [13]王贺年,张曼胤,崔丽娟,等. 基于 DPSIR 模型的衡水湖湿地生态环境质量评价[J]. 湿地科学, 2019, 17(2) : 193-198.
- [14]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) : 253-260.
- [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, (2) : 189-196.
- [16]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) : 1243-1254.
- [17]Liu S, Costanza R. , Troy A. , et al . Valuing New Jersey' s Ecosystem Services and Natural Capital: A Spatially Explicit Benefit Transfer Approach[J]. Environmental Management, 2010, 45(6) : 1271-1285.
- [18]吴健生,岳新欣,秦维. 基于生态系统服务价值重构的生态安全格局构建以重庆两江新区为例[J]. 地理研究, 2017, 36(3) : 429-440.
- [19]文高辉,杨钢桥. 耕地细碎化对农地整治中农户权属调整意愿的影响研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3) : 623-631.
- [20]刘晶,刘璨,杨红强,等. 林地细碎化程度对农户营林积极性的影响[J]. 资源科学, 2018, 40(10) : 2029-2038.
- [21]李冬杰,杨利,余俞寒,等. 都市生态旅游区土地利用碎片化对生态系统服务价值的影响——以武汉东湖生态旅游区为例[J]. 生态学报, 2019, (13) : 1-10.
- [22]胡鑫,杨东,石三娥,等. 黑河流域甘肃段湿地破碎化及生态环境质量[J]. 水力发电学报, 2019, 38(4) : 119-135.
- [23]王云,周忠学,郭钟哲. 都市农业景观破碎化过程对生态系统服务价值的影响——以西安市为例[J]. 地理研究, 2014, 33(6) : 1097-1105.
- [24]张金茜,柳冬青,巩杰,等. 流域景观破碎化对土壤保持服务的影响研究——以甘肃白龙江流域为例[J]. 资源科学, 2018, 40(9) : 1866-1877.
- [25]李佳鸣,冯长春. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究——以内蒙古自治区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(13) : 4741-4750.
- [26]江波,欧阳志云,苗鸿,等. 海河流域湿地生态系统服务功能价值评价[J]. 生态学报, 2011, 31(8) : 2236-2244.

-
- [27]周文昌, 史玉虎, 潘磊, 等. 2017 年武汉东湖湿地生态系统最终服务价值评估[J]. 湿地科学, 2019, 17 (3) : 318-323.
- [28]国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准 LY-T1721-2008:森林生态系统服务功能评估规范[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
- [29]谢正鹏. 武汉市典型城市湖泊人工湿地植物群落生物量研究[D]. 武汉:华中农业大学硕士学位论文, 2010.
- [30]潘方杰, 王宏志, 王璐瑶. 湖北省湖库洪水调蓄能力及其空间分异特征[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27 (8) : 1891-1900.
- [31]张修峰, 刘正文, 谢贻发, 等. 城市湖泊退化过程中水生态系统服务功能价值演变评估——以肇庆仙女湖为例[J]. 生态学报, 2007, (6) : 2349-2354.
- [32]何介南, 康文星. 洞庭湖湿地对污染物的净化功能与价值[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, (2) : 24-28, 34.
- [33]张翼然, 周德民, 刘苗. 中国内陆湿地生态系统服务价值评估——以 71 个湿地案例点为数据源[J]. 生态学报, 2015, 35 (13) : 4279-4286.
- [34]吴后建, 但新球, 刘世好, 等. 湖南省湿地生态系统服务价值初步评价[J]. 湿地科学, 2016, 14 (6) : 781-787.
- [35]崔丽娟, 庞丙亮, 李伟, 等. 扎龙湿地生态系统服务价值评价[J]. 生态学报, 2016, 36 (3) : 828-836.
- [36]崔丽娟. 鄱阳湖地湿地生态系统服务功能价值评估研究[J]. 生态学杂志, 2004, (4) : 47-51
- [37]陈鹏. 厦门湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 湿地科学, 2006, (2) : 101-107.