DOI: 10.5846/stxb201403280583
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.生态学报,2015,35(13):4279-4286.
Zhang Y R, Zhou D M, Liu M.Ecosystem service valuation research of Chinese inland wetlands based on case study.Acta Ecologica Sinica,2015,35(13):4279-4286.

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

张翼然[1],周德民[2,*],刘 苗[2]
1 国家基础地理信息中心, 北京 100830
2 首都师范大学资环学院, 北京 100048

摘要:湿地生态系统为人类生存和发展提供了多种服务功能,不仅包括水资源、水产品等直接输出功能,还包括调蓄洪水、净化水质、调节大气成分等调节服务功能和文化服务功能。通过对已经发表湿地生态系统服务功能价值评价相关的文献进行搜集和整理,得到全国 71 个湿地案例点的价值评价数据,在此基础上对湿地生态系统各项服务功能在全国各区域的生态系统价值量进行对比分析。全国湿地价值评价结果显示,按照各项服务功能按照价值量高低排序依次为调节气候>调蓄洪水>涵养水源>净化水质>保持土壤>产品输出>固碳>释氧>生物栖息地>旅游休闲>科研教育。在对全国湿地进行分区分析得知,东北平原及山区、东部地区和青藏高原地区在各项调节、供给服务功能方面发挥着显著的积极作用,这 3 个区域同时也是我国湿地的密集分布区。结合不同地理分区下的湿地生态系统服务功能价值量特点,可以实现区域发展与湿地生态环境研究的协同发展,并能够为湿地的保护和建设起到科学、合理的参考方案。

关键词:湿地; 生态系统; 服务功能; 价值评估

Ecosystem service valuation research of Chinese inland wetlands based on case study

ZHANG Yiran[1], ZHOU Demin[2,*], LIU Miao[2]
1 *National Geomatics Center of China*, *Beijing* 100830, *China*
2 *College of Resource Environment and Tourism*, *Capital Normal University*, *Beijing* 100048, *China*

Abstract: Wetlands support ecosystems with great biodiversity all over the world, which are highly productive and valuable, also provide a large array of benefits to human well-being society. The ecosystem services refer to the actual and potential benefits provided to human beings by wetlands, which include provisioning services, such as timber, food and water; regulating services, such as regional climate regulation and flood regulation; supporting services, such as soil formation, biodiversity and nutrient cycling; and cultural services, such as recreational and aesthetic. On one hand, wetland ecosystems are confronted with serious degradation due to human activities such as industry pollution and overexploitation; On the other hand, the demand for wetland ecosystem services is rapidly increasing as populations and living quality increase in recent years, but the public characteristics of the goods and services they provide often result in wetland being undervalued in policy and decision making. The importance of wetland ecosystem to human well-beings has many aspects (ecological, social, economic and so on), and evaluating the ecosystem services in monetary units is an effective tool to raise protection awareness of wetland to citizen, which could promote the transform form traditional national

基金项目:国家林业公益性行业科研专项"典型湖沼湿地生态系统服务功能评价研究";国家测绘地理信息局基础测绘科技项目"自然生态空间监测及评价方法研究"
收稿日期:2014-03-28; **修订日期**:2015-04-03

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zhoudemin@ neigae.ac.cn

economy calculation system to the integrated calculation system of economy-environment. Through selecting open published literatures related to wetland ecosystem service valuation all over China, this study collected 68 papers, from which 71 primary cases about wetland valuation were obtained, including marsh, lake and river wetland. Data in the primary cases should include individual wetland location, area, type, ecosystem services and the value, and then the dataset of wetland ecosystem service value in SPSS software was constructed. The wetland service value of each type in the dataset was standardized to the unit 10^4yuan km^{2-} a^{-1} in 2008 by GDP indices. Valuation results of various wetland ecosystem service types and location were compared and analyzed. The conclusions of this study are: (1) the wetland ecosystem valuation result of each service type is as follows: climate regulation > water regulation > water retention > waste treatment > soil retention > production > carbon regulation > oxygen regulation > habitat > tourism > science, which also means the contribution degree of each service type in wetlands to the environment. (2) There has certain positive correlation between wetland area and ecosystem service value, which was verified after data collection and processing from case studies. However the quantitative relationship between wetland value result and multiple factors are still in progress, which need further research. (3) Through wetland ecosystem value analysis and comparison at regional scale, the wetlands in northeast plain and mountains region, east region and Qinghai-Tibet plateau have obvious and positive effect at regulation and supply functions, where also have concentrated distribution of wetland. Considering the value characteristic of wetland ecosystem service at different geographical regions could help to realize the coordinated development between regional economy and environmental ecology, thus providing scientific and reliable reference scheme for wetland conservation and development.

Key Words: wetland; ecosystem; services; evaluation

“湿地公约”将湿地定义为“天然或人工、长久或暂时性的沼泽地、泥炭地或水域地带、静止或流动、淡水、半咸水、咸水体,包括低潮时水深不超过 6 m 的水域;同时还包括邻接湿地的河湖沿岸、沿海区域以及湿地范围内的岛屿或者低潮时不超过 6 m 的海水水体”。作为自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一,湿地与人类的生存、繁衍和发展息息相关[1-2]。湿地生态系统服务功能是指人类从中所获得的惠益,包括对人类产生直接影响的供给服务、调节服务和文化服务,以及维持其他服务所需的支持服务,这些服务的变化可以对人类福祉产生深远重要的影响[3-5]。国内外很多学者开展了湿地生态系统服务功能价值量评价工作,并通过市场价格法、影子工程法、成本替换法、碳税法、以及工业制氧法等方法实现湿地生态系统价值估算[6-10],通过货币化的评价结果阐述湿地生态系统的重要性。湿地生态系统服务功能及其经济价值定量评价的理论和方法研究,已经成为国内外湿地研究领域的重要内容,是当前湿地生态学与经济学的交叉前沿领域[11-13]。科学地对湿地的功能与价值构成进行分析,不仅可以提高人们对湿地生态研究的深度与广度,还可为湿地的保护与开发提供科学依据,确保湿地及其资源的可持续发展[14-15]。

在全国不同的地理环境下,湿地环境呈现出复杂多样的特征性质,在时间、精力一定的条件下,进行大尺度的湿地生态系统价值估算是较为困难的[16-18]。因此国内外学者研究出通过对单个研究进行统计综合、找出普遍结论并发现差异的定量研究方法[19-21]。在研究大尺度生态学问题和综合性研究方面,基于多案例的分析整合能够真实的地理环境特征,表现出很高的应用价值,如在全球气候变化及其响应、生态系统及多样性保护等[22-23]。在湿地价值研究方面,Woodward 等针对北美和欧洲湿地的评估结果,对 39 个湿地案例进行分析比较;Luke 等搜集 190 个湿地研究,在解释变量中加入社会经济因素、自然地理环境条件因素,使评估结果更加接近真实值[24]。国内的赵玲等利用效益转移法对中国自然资源价值进行评估,该研究采用了 114 个样本对包括湿地、湖泊和河流等自然资源类型的生态系统服务功能与恢复进行了评估[25]。基于案例分析进行的湿地价值效益转移,通过对案例研究计算大尺度下湿地生态系统价值总量,为各级政府决策和需求部门提供技术支持,是国内外研究的最新进展和前沿领域[26-28]。尽管如此,案例分析还存在着一定的风险和不足,如文件筛选的主观性、原始文献中的数据缺失问题等[29-31],这也是在用该方法过程中需要格外注意和需要避

免的。总体来说借助统计学原理,以生态经济学、湿地生态学为基础,对一系列原始研究进行整合分析,能够有助于描述、验证湿地生态价值评估过程中的理论并挖掘出新的生态学现象[32-33]。

本文通过搜集国内相关湿地生态系统服务功能价值估算的相关案例,采用 GDP 参数作为调整方法,将案例数据统一调整到以 2008 年为基准年,从而消减由于市场价格浮动造成的对湿地价值量的影响。分析对比了湿地各项服务功能价值量高低以及单位面积与其价值量的相关关系,对比大空间尺度下各地理区域间湿地主导功能的差异。文章为合理探讨我国内陆湿地生态系统及其服务功能现状,开展积极的定量化评价研究,进而进行有效的综合管理提供科学依据。

1　数据来源与处理

“湿地公约”中将天然湿地的划分为滨海湿地和内陆湿地,二者在形成机理和能量物质流通方面各具特征。我国内陆幅员辽阔,湿地分布广泛类型丰富,不仅为人类提供丰富的物质产品,还有巨大的调节功能和环境效益,本文主要的研究内容集中在内陆湿地生态系统服务功能及其价值量方面。

通过中国期刊全文数据库(CNKI),输入关键字湿地、生态系统和价值评价,符合以下条件的视为有效文献:(1)研究案例为计算中国内陆湿地生态系统服务功能价值研究的文献;(2)对如下湿地生态系统服务功能进行货币化计算:产品输出、涵养水源、调蓄洪水、保持土壤、固碳、释氧、调节气候、净化水质、生物栖息地、旅游休闲、科研教育功能;重复发表的湿地价值估算的案例点选择一篇。通过筛选最终得到有效案例 68 篇,案例点共计 71 个,主要的湿地类型为沼泽、湖泊以及河流湿地。

将案例中每项服务功能价值量数据统一调整为单位湿地面积价值量(万元/km^2)。提取文献中案例湿地面积、地理位置,以及各项生态系统服务功能价值量并将其录入到 SPSS 软件中,创建湿地生态系统案例点价值量数据库。为了使数据之间具有可比性,便于适合作为案例分析的基础数据,将不同年份的价值估算结果通过 GDP 指数调整为以 2008 年为基准年的数据,调整方案如下[34]:

$$V_{2008} = \frac{\mathrm{GDP}_{2008}}{\mathrm{GDP}_n} V_n$$

式中,GDP_{2008}为湿地案例点所在市 2008 年的 GDP 数值,n 为湿地案例文献中进行统计的年份,GDP_n为该市在 n 年的 GDP 数值,V_n为该湿地生态系统服务功能价值量,V_{2008}为调整到 2008 年的价值量。各市的 GDP 数值来自中国统计年鉴。

另外为了探讨不同地理环境背景下湿地服务功能的区域差异特征,本研究参考全国生态功能分区、湖泊沼泽分区、湿地分区结果等[35-38],研究区域分为:东北平原及山区,蒙新高原、青藏高原区、云贵高原区以及东部平原地区。

2　结果与分析

2.1　全国湿地生态系统服务价值分析

基于收集到的 71 个湿地案例进行统计,得到湿地各项服务功能的统计学参数(表 1)。按照每项生态系统服务功能单位面积平均价值量高低排序依次为:调价气候>调蓄洪水>涵养水源>净化水质>保持土壤>产品输出>固碳>释氧>生物栖息地>旅游休闲>科研教育。这也反映了湿地生态系统的特点和生态服务功能的特征:不可替代的调节功能、重要的供给和文化服务功能。

水文是湿地环境中最重要的因子之一,湿地水分的数量和质量及其运动方式控制和维持着湿地生态系统的功能和结构。由于湿地的特殊水文作用而形成的涵养水源、调蓄洪水、调节气候、净化水质方面的调节功能是重要的服务功能,是维持其他生态系统健康发展的前提,也是湿地生态系统有别于森林、草地等其他自然生态系统的特质。湿地中的沼泽环境的相对负地形条件使得湿地具有良好的蓄水能力,如三江平原沼泽湿地存在许多闭合的蝶形洼地,既能够在地表储存水分,同时松散的土壤层也有隐性的蓄水空间;而湖泊湿地宽阔的

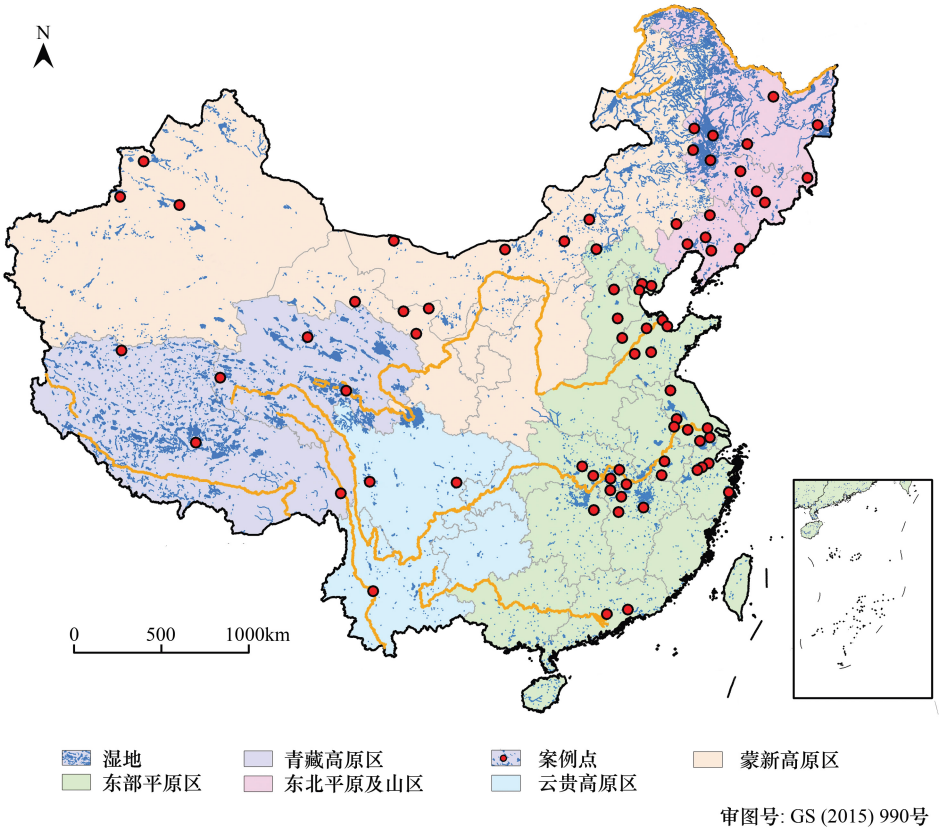

图 1 案例点分布

Fig.1 the distribution of case study

水面和库容,是重要的天然蓄水枢纽。

此外,尽管固碳、释氧和生物栖息地功能所占比例不高,同样发挥着不容忽视的作用。通过湿地生态系统中的植被、土壤、微生物等介质中实现碳、氧、氮、磷等元素的迁移和转化,构成全球大气循环的重要组成部分,生态系统的固碳功能对于增加陆地碳库和缓解全球变暖具有深远意义,释氧功能为保证地球生命活动提供基本的条件。而作为自然界最富生物多样性的生态景观之一,湿地生态系统为众多重要物种(鸟类、鱼类等)提供生境栖息地,是重要的物种基因库。

表 1 湿地各项服务功能价值量统计值/(万元/km^2)及评估方法

Table 1 The statistic value of wetland ecosystem services and valuation method

服务类型 Service type	平均值 Average value	最大值 Max value	最小值 Min value	标准差 Standard deviation	样本数 Sample number	主要评估方法 Main valuation method
产品输出 Production	294.7	1217.2	73.3	335.8	63	市场价格法
涵养水源 Water retention	893.3	1461.3	89.2	411.0	36	替代成本法
调蓄洪水 Water regulation	927.7	1710.8	100.3	455.3	45	替代成本法
保持土壤 Soil retention	333.0	880.0	28.0	216.7	26	机会成本法
固碳 Carbon fixation	180.2	402.0	35.1	97.7	51	碳税法、造林成本法
释氧 Oxygen release	178.0	406.7	30.7	94.8	40	工业制氧法、造林成本法
调节气候 Climate regulation	963.4	3656.7	146.9	720.4	12	替代成本法
净化水质 Waste treatment	578.9	1218.1	121.5	232.2	58	替代成本法
生物栖息地 Habitat	130.4	386.7	20.1	77.8	65	机会成本法
旅游休闲 Tourism	92.8	254.3	27.5	67.9	51	旅行费用法
科研教育 Science	46.3	147.8	21.0	33.0	47	意愿调查法

2.2　湿地价值量及其影响因素分析

湿地生态系统是一个由多要素构成的复杂系统,系统各要素之间、人类与生态系统之间以及不同尺度之间存在动态的能量和信息交换过程。决定湿地生态系统环境及其服务功能的因素包括生物因素(如植物、动物、微生物)以及非生物因素(光、水文、土壤等),这些生物与非生物因素之间相互联系与影响,支持湿地生命系统的水文过程、生物地球化学过程以及湿地生物多样性条件等。生态系统价值估算是涉及到湿地学、生态学、经济学等方面的交叉领域,决定湿地价值量高低的因素有很多方面,除了反应湿地环境特征的面积、类型等,价值量的估算方法、湿地所在环境的人口经济情况等也能够影响其估算结果。

湿地的面积是影响其生态系统服务功能及其价值量高低的一项重要因素,图 2 可以看出,湿地面积与其总价值量之间的相关性系数为 0.6553。一方面,说明湿地面积的确是价值量高低的积极影响因素,二者的相关性是存在的,即面积越大,湿地的生态系统服务功能价值量越高。原因在于生态学意义上,只有在一定面积条件下的湖泊或者河流湿地,才能为大多数动物提供核心生存环境,才能维持其生境稳定性以及其生态系统功能的正常发挥;许多生态功能需要在一定生境面积以上才能够有效的发挥,如许多濒危物种需要大面积的自然湿地生境才能保证生存;而另一方面,面积并不是影响湿地价值量高低的唯一因素。湿地自身的环境特征也会影响到各项生态系统服务功能的发挥[32,34,39],如植被的生长茂密程度会导致其生产力的高低,进而影响固碳、释氧、调节气候等功能,湿地水质优良则会有着更大的污垢包容能力,即有着更大的净化水质空间。此外由于生态系统价值估算涉及经济-生态环境的各项参数,即湿地价值与其所在环境的社会经济情况也是有关的。在经济条件较好、人口密度较高的地区,湿地的价值也是会升高的,这是由于湿地服务功能与人类有着直接或间接的联系。湿地与人口的空间关系决定了湿地服务功能的使用情况,如产品输出功能、休闲旅游、科研教育等,并影响着人们对湿地的支付意愿。

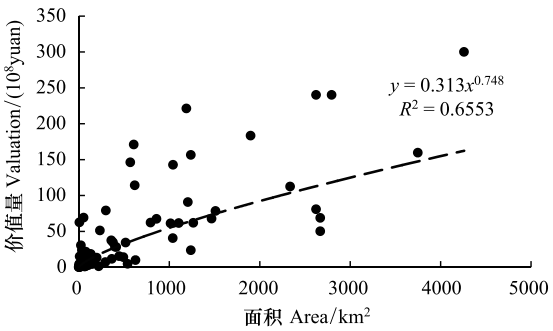

图 2　湿地价值量与面积关系

Fig.2　Relationship between wetland ecosystem value and area

根据联合国千年生态系统评估(MA)[40],湿地生态系统及其服务功能受到来自不同组织层次的相互作用的驱动机制作用,其中包括人口、经济等人文驱动力,又包含气候、生物过程等自然驱动力。限于数据获取的限制和文章主旨需要,本研究只通过模型探讨湿地面积与价值量之间的关系,为以后建立影响湿地价值量数值的多元分析模型,深入研究价值量的影响机制做出铺垫。

2.3　区域服务功能对比

中国地理条件复杂多样,湿地分布广泛,不同区域环境下的湿地环境有着不同的特征,其生态系统所发挥的各项服务功能也不尽相同。对湿地案例中的数据按照分区进行整理(图 3),分析不同地理环境条件下湿地功能发挥异同。各区域的特征如下:

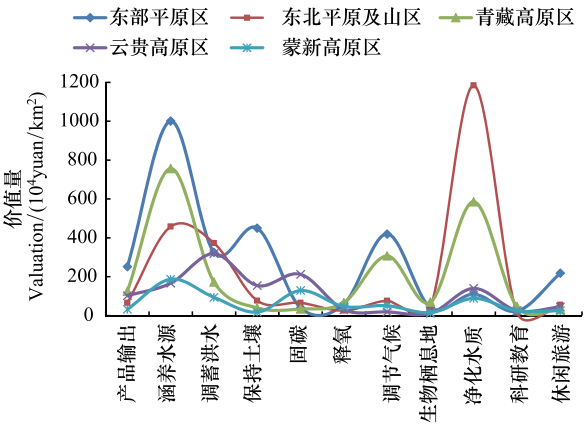

图 3　湿地服务功能价值量分区对比

Fig.3　the comparison of wetland value at regional scale

产品输出 Production;涵养水源 Water retention;调蓄洪水 Water regulation;保持土壤 Soil retention;固碳 Carbon fixation;释氧 Oxygen release;调节气候 Climate regulation;净化水质 Waste treatment;生物栖息地 Habitat;旅游休闲 Tourism

涵养水源功能以东部地区和青藏高原地区最为显著,这也是是全国湖泊分布密度最大的两个区域,储存着大量的水资源。东部平原区长江及淮河中下游、黄河及海河下游等沿岸分布着众多大小湖泊,五大淡水区均位于此区域,约占全国湖泊总面积 30%,为居民生产、

生活提供者丰富的水源供给,另外在动植物产品、水资源方面也有着较高的价值,输出了丰富的经济产品作物;青藏高原湖泊约占全国湖泊面积的 49%[41],作为众多河流的发源地,并有着地球上面积最大的高原湖泊群。调节气候服务功能以东部平原区和青藏高原区较为明显:湿地由于强烈的蒸发过程,对于维持周边区域湿润环境、调节小气候作用明显,形成冷湿效应。湿地是重要的水源,通过热量和水气的交换,使得上空和周围地带空气温度下降,湿度增加。湿地的净化水质功能通过湿地生态环境独特的吸附、降解和沉积污水中的污染物过程实现,主要通过湿地植物、微生物等生物作用和理化作用等,将潜在的污染物转化为可利用资源。东北平原及山区遍布的沼泽湿地和洪泛地区中茂盛的湿地植被又能够减缓水流速度,起到滞留沉积物的作用;湿地的调蓄洪水功能包括减缓洪水流速、削减洪峰、延长水流时间等,以东北平原与山区、东部地区较为明显。东北地区分布着我国最大的淡水沼泽区,沼泽湿地复杂的微地貌条件和松散的土壤结构,使得该地区湿地有着强大的水分缓冲空间。东北地区的嫩江、松花江流域,长江中下游的鄱阳湖、洞庭湖都在洪水调节过程中起到关键作用。

结合各区域湿地生态特征、服务功能特点,基于湿地生态系统的主导服务功能,能够针对性的制定湿地发展保护规划。以中国内陆湿地生态系统功能的区域化差异为基础,明确各区生态系统的功能角色和生态环境管理要求,提出符合区域内湿地生态科学管理的有效对策,进而确保湿地保护和持续利用,增强湿地生态对人类福祉的贡献。

3 讨论

3.1 湿地类型对生态系统服务功能的影响

与森林、草地等其他自然生态系统相比,湿地生态系统本身就存在复杂性和科学认知的局限性,目前对于湿地生态系统服务功能的研究中仍有一些方面有待深入,如某些服务功能的内涵尚未清晰,湿地生态的服务过程、机理需要深入。我国自然内陆湿地类型多样分布广泛,湖泊、沼泽、河流湿地有着相似的服务功能类型,但由于在物质流通、能量循环方面存在差异,主导服务功能也应有所区别。如湖泊湿地涵养水源、产品输出功能价值较高,河流、沼泽湿地的调蓄洪水功能较高。对于该问题的深入研究需要基于合理的湿地分类体系,同时结合区域地理环境特征、人口与经济背景等,有待作者在以后的研究中进一步深入研究。

此外,在表 1 中各项服务功能的样本数中,湿地生态系统的直接服务功能(产品输出)样本数较高,这说明人们对于该项功能的认知程度是较高的。同时某些间接服务功能(如调节气候、保护土壤)的样本数量较低,可能来源于如下原因:首先是对于某些服务功能的认识不足,生态系统的大多数间接服务功能不能够在市场上直接交易,容易导致民众对其的理解不够普遍;其次是对这些间接服务功能的无法准确的定量化描述和定价,或者抽象模拟的评价方法缺乏必要的数据支撑,导致对该功能的计算忽略。

3.2 方法和指标选取对评价结果影响讨论

尽管很多学者对于湿地生态系统进行了评估研究,但是由于对湿地服务功能的理解和分类不同,采取的评价方法各不一致,物质量指标和价格参数也存在差异,这也影响了湿地生态系统服务功能价值量的评估结果准确程度。湿地生态的评估价值量过高则会出现“虚高”的现象,评估结果难以被公众所接受,在影响政府决策、公众认知方面的作用有限;评估结果值过低则会降低了湿地生态系统的重要性,影响评价结果的可信度,在湿地保护方面造成负面效应。本文在进行案例数据选取时,剔除了采用效益转移方法得到的评估结果,是因为该方法通常是直接将国外研究中全球湿地单位面积价值量直接乘以某块湿地的面积即得到该湿地的服务价值,这样的方法存在难以避免的误差[42-43]。总之,湿地生态服务功能评价要结合评价目的和湿地自身属性特征,选择合适的评价方法和合理的指标体系,且可以结合遥感与 GIS 等技术方法。

4 结论

本研究基于实证案例数据对全国内陆湿地服务功能进行对比分析,将多个湿地价值评估文献案例收集统

计其定量分析数据最后综合统计分析。按照价值量高低排序依次为调节气候>调蓄洪水>涵养水源>净化水质>保持土壤>产品输出>固碳>释氧>生物栖息地>旅游休闲>科研教育,由此得出各项服务功能对于环境所发挥的作用高低程度。湿地面积与生态系统服务功能价值量成一定的正相关关系,这一点通过本文对数据搜集处理后得到了验证。然而决定生态系统价值量的因素是多方面的,目前尚未实现各因素的定量化研究,这一点需要继续深入。

通过对湿地生态系统服务功能价值量分区对比分析得出,东北平原及山区、东部地区和青藏高原地区在各项调节、供给服务功能方面发挥着显著的积极作用,有效的发挥着为人类生活提供了福祉,这三个区域同时也是我国湿地的密集分布区。我国的湿地广泛分布在各个地区,不同的区域环境下的湿地类型、属性特征有着显著的差异性。湿地的自然地理位置特征决定了生态系统各项服务功能所发挥作用的高低程度,进而影响着生态系统价值量的货币化评价结果。基于地理区域分区,将湿地生态服务功能以及价值计算区别分析,可以使得价值化评价体系更为灵活和合理,并为国家层次的生态决策提供科学性和实践性的建议,从而保障湿地资源的可持续利用与和谐发展。

参考文献(References):

[1] Liu S, Costanza R, Troy A, D′Aagostino J, Mates W. Valuing New Jersey′s ecosystem services and natural capital: a spatially explicit benefit transfer approach. Environmental Management, 2010, 45(6): 1271-1285.

[2] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 55-69.

[3] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望. 自然资源学报, 2009, 24(1): 1-10.

[4] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.

[5] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展. 生态学报, 2009, 29(11): 6183-6188.

[6] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 生态学杂志, 2004, 23(4): 47-51.

[7] 刘晓辉, 吕宪国, 姜明, 商丽娜, 王锡刚. 湿地生态系统服务功能的价值评估. 生态学报, 2008, 28(11): 5625-5631.

[8] 段晓男, 王效科, 欧阳志云. 乌梁素海湿地生态系统服务功能及价值评估. 资源科学, 2005, 27(2): 110-115.

[9] 谢正宇, 李文华, 谢正君, 李新琪. 艾比湖湿地自然保护区生态系统服务功能价值评估. 干旱区地理, 2011, 34(3): 522-540.

[10] Costanza R, d′Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O′Neill R V., Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world′s ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

[11] European Environment Agency(EEA). Scaling up ecosystem benefits — A contribution to the economics of ecosystems and biodiversity (TEEB) study //European Environment AgencyReport No 4/2010, Kongeriget Danmark: EEA, 2010: 15-27.

[12] 张晓云, 吕宪国, 沈松平, 顾海军. 若尔盖高原湿地区主要生态系统服务价值评价. 湿地科学, 2008, 6(4): 466-472.

[13] Troy A, Wilson M A. Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. Ecological Economics, 2006, 60(2): 435-449.

[14] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics, 2002, 41(3): 393-408.

[15] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 曹淑艳, 肖玉. 生态系统服务的供给、消费和价值化. 资源科学, 2008, 30(1): 93-99.

[16] Finnoff D, Tschirhart J. Linking dynamic economic and ecological general equilibrium models. Resource and Energy Economics, 2008, 30(2): 91-114.

[17] Johnston R J, Rosenberger R S. Methods, trends and controversies in contemporary benefit transfer. Journal of Economic Surveys, 2010, 24(3): 479-510.

[18] Rosenberger R S, Stanley T D. Measurement, generalization, and publication: Sources of error in benefit transfers and their management. Ecological Economics, 2006, 60(2): 372-378.

[19] 张苹, 马涛. 湿地生态系统服务价值评估的国内研究评述. 湿地科学, 2011, 9(2): 203-208.

[20] Farley J. The role of prices in conserving critical natural capital. Conservation Biology, 2008, 22(6): 1399-1408.

[21] 郭明, 李新. Meta 分析及其在生态环境领域研究中的应用. 中国沙漠, 2009, 29(5): 911-919.

[22] The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). The Economics of Ecosystem and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. London: Earthscan, 2010: 10-25.

[23] Brander L M, Florax R J G M, Vermaat J E. The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature.

Environmental and Resource Economics, 2006, 33(2): 223-250.

[24] Woodward R T, Wui Y S. The economic value of wetland services: a meta-analysis. Ecological Economics, 2001, 37(2): 257-270.

[25] 赵玲, 王尔大. 基于 Meta 分析的自然资源效益转移方法的实证研究. 资源科学, 2011, 33(1): 31-40.

[26] Bergstrom J C, Taylor L O. Using meta-analysis for benefits transfer: Theory and practice. Ecological Economics, 2006, 60(2): 351-360.

[27] Rosenberger R S, Johnston R S. Selection effects in meta-analysis and benefit transfer: Avoiding unintended consequences. Land Economics, 2009, 85(3): 410-428.

[28] Brander L M, Bräuer I, Gerdes H, Ghermandi A, Kuik O, Markandya A, Navrud S, Nunes P A L D, Schaafsma M, Vos H, Wagtendonk A. Using meta-analysis and GIS for value transfer and scaling up: valuing climate change induced losses of European wetlands. Environmental and Resource Economics, 2012, 52(3): 395-413.

[29] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecological Economics, 2007, 63(2/3): 616-626.

[30] Wallace K J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. Biological Conservation, 2007, 139(3/4): 235-246.

[31] 许倍慎, 周勇, 徐理, 于雷, 吴文斌. 湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征. 生态学报, 2011, 31(24): 7379-7387.

[32] Rolfe J, Windle J. Testing for differences in benefit transfer values between state and regional frameworks [J]. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 2008, 52(2), 149-168

[33] 陈能汪, 李焕承, 王莉红. 生态系统服务内涵、价值评估与 GIS 表达. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1987-1994.

[34] Zhang Y R, Zhou D M, Niu Z G, Xu F J. Valuation of lake and marsh wetlands ecosystem services in China. Chinese Geographical Science, 2014, 24(3): 269-278.

[35] 刘红玉. 中国湿地资源特征、现状与生态安全. 资源科学, 2005, 27(3): 54-60.

[36] 马荣华, 杨桂山, 段洪涛, 姜加虎, 王苏民, 冯学智, 李爱农, 孔繁翔, 薛滨, 吴敬禄, 李世杰. 中国湖泊的数量、面积与空间分布. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(3): 394-401.

[37] 牛振国, 张海英, 王显威, 姚文博, 周德民, 赵魁义, 赵惠, 李娜娜, 黄华兵, 李丛丛, 杨军, 柳彩霞, 刘爽, 王琳, 李展, 杨镇钟, 乔飞, 郑姚闽, 陈炎磊, 盛永伟, 高小红, 朱卫红, 王文卿, 王红, 翁永玲, 庄大方, 刘纪远, 罗志才, 程晓, 郭子琪, 宫鹏. 1978-2008 年中国湿地类型变化. 科学通报, 2012, 57(16): 1400-1411.

[38] 赵其国, 高俊峰. 中国湿地资源的生态功能及其分区. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 1-4.

[39] 石垚, 王如松, 黄锦楼, 阳文锐. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析. 科学通报, 2012, 57(9): 720-731.

[40] 千年生态系统评估项目概念框架工作组. 生态系统与人类福祉: 评估框架. 张永民译. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 86-94.

[41] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998: 1-7.

[42] Stapler R W, Johnston R J. Meta-analysis, benefit transfer, and methodological covariates: implications for transfer error. Environmental and Resource Economics, 2009, 42(2): 227-246.

[43] Ready R, Navrud S. International benefit transfer: methods and validity tests. Ecological Economics, 2006, 60(2): 429-434.