

# 厦漳泉地区生态系统服务价值时空分布格局演变

胡其玉<sup>1,2</sup>, 陈松林<sup>1,2</sup>

(1.福建师范大学 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福州 350007; 2.福建师范大学 地理研究所, 福州 350007)

**摘要:**采用当量因子法修正得到2006—2016年厦漳泉地区生态系统服务价值系数表,并以2006年、2016年Landsat TM和Landsat8遥感影像为数据源,应用ArcGIS趋势分析、区域统计和空间自相关等方法结合地形起伏度探究生态系统服务价值时空分布格局,揭示地区生态环境分布现状。结果表明:厦漳泉地区生态系统服务价值呈“两高一低”、自西向东倾斜的分布格局,并有沿东北—西南方向延伸的趋势;大部分区域处于中等价值水平,受地形梯度效应作用,集中分布于山地、丘陵地带。10年间,地区生态系统服务价值分布愈加集聚,厦漳泉沿海城镇化区域的“低谷”效应凸显。随格网尺度的增大,生态系统服务价值的集聚程度有波动上升趋势,密集城镇化地区生态系统服务价值的损失愈加显著。

**关键词:**生态系统服务价值; 空间自相关; 地形起伏度; 厦漳泉地区

**中图分类号:** F062.2; X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2019)05-0334-06

## Spatiotemporal Pattern Evolution of Ecosystem Service Value in Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou Region

HU Qiyu<sup>1,2</sup>, CHEN Songlin<sup>1,2</sup>

(1.Fujian Key Lab of Subtropical Resources and Environment, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2.Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** The equivalent factor method was used to correct the coefficients of ecosystem service value for Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou region from 2006 to 2016 and the data sources were from Landsat TM and Landsat8 remote sensing images in 2006 and 2016. The value of average ecosystem service was obtained by interpreting land use type maps and spatial gridding methods. Using ArcGIS trend analysis, regional statistics, and spatial autocorrelation, we explained the spatiotemporal pattern evolution of ecosystem service value based on relief amplitude and revealed the current status of regional ecological environment distribution. The results indicated that the distribution of ecosystem service value in Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou region showed a pattern of ‘two highs and one low’ with a tilting trend from west to east, and extending in the northeast-southwest direction; ecosystem service values were at a medium-value level in most regions, and were affected by topographic conditions, ecosystem service values were concentrated in mountainous and hilly areas. In the past 10 years, the distribution of regional ecosystem service value had become increasingly concentrated and the ‘low valley’ effect of the urbanization areas along the coast of Quanzhou-Xiamen-Zhangzhou gradually had become more obvious. In addition, as the scale of grid increased, the degree of agglomeration of ecosystem service value showed a fluctuating upward trend; moreover, the loss of ecosystem services value in highly urbanized areas was becoming more significant.

**Keywords:** ecosystem service value; spatial autocorrelation; relief amplitude; Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou region

当今中国的城镇化进程尚处于加速阶段,协调生态和社会经济系统间矛盾是当前亟需解决的问题。为实现区域可持续发展,通过探索生态系统服务功能

变化了解生态环境状况为分区保育策略的制定提供参考,具有现实意义。生态系统服务功能<sup>[1]</sup>即指生态系统提供人类生产生活所需的各种自然环境条件及

收稿日期:2018-11-07

修回日期:2018-11-30

资助项目:国家自然科学基金(41771136);福建省科技重大专项(2012NZ0002)

第一作者:胡其玉(1993—),男,四川成都人,硕士研究生,主要从事土地利用评价方面的研究。E-mail:zhongguo999long@qq.com

通信作者:陈松林(1964—),男,福建南安人,博士,教授,主要从事土壤地理与土地资源研究。E-mail:slchen6@163.com

效用的能力,包括粮食、医药等物质生活产品以及水土保持等功能,是人类生存和经济社会发展的基础。然而,随着人类活动对水域、草地、林地等生态源地的占用,扰动了生态系统的稳定性,造成生态服务功能受损。目前,从价值量化角度测算土地利用变化引发的生态服务功能效应是建立区域生态补偿机制的关键所在<sup>[2-3]</sup>。谢高地等基于中国地区实际特点修正 Costanza 等提出的生态系统服务价值评估体系,建立适用于中国的陆地生态服务价值当量表并提出时空动态修正模型,因该方法适应性强、便于测算的特性被普遍用于定量测度不同区域不同土地利用类型的生态系统服务价值。随着 3S 技术的发展和运用,有关生态系统服务价值时空分布的研究愈加受到学者们的重视<sup>[4]</sup>,应用空间制图定量刻画特定时空尺度范围生态服务价值的分布格局成为热点。而地形作为土地资源构成要素之一,也影响着生态系统服务的垂直分异特征,通过探索生态系统服务多尺度变化和地形梯度效应<sup>[5]</sup>,有利于进一步识别生态系统服务价值空间分异特点,推进生态系统分区管理。

目前有关经济社会快速转型的城市群地区的研究日益突出<sup>[6-7]</sup>,但对中小城市群的关注尚有不足。厦漳泉作为典型中小城市群地区,近 10 a 来经济社会飞速发展、人地比例扩大加重了资源承载压力;另一方面,境内平原、丘陵、山地交错,具有明显的地形起伏特征。本文采用当量因子法评估厦漳泉地区生态系统服务价值,以格网单元的生态系统服务价值作为反映地表覆被环境的指标,识别 2006—2016 年地区生态系统服务价值时空分布格局及地形梯度效应,研究成果可为中小城市群地区维护生态服务功能平衡和建立生态补偿机制提供依据。

## 1 研究区概况及数据来源

### 1.1 研究区概况

厦漳泉地区位于福建省东南沿海,东临台湾海峡,南靠广东潮汕地区,处于 23°48′—25°56′N 和 117°—119°05′E,包含厦门、漳州和泉州(不含金门县)三市,被称为“闽南金三角”。属于亚热带季风气候,水热资源充沛,地区平均森林覆盖率约为 61.22%。地势总体由西北山地向东南滨海地带倾斜,地貌构成复杂多样,山地、丘陵和平原错落其中。境内溪流纵横,主要有晋江、九龙江、漳江等水系。厦漳泉地区陆地面积约占福建省陆地面积的 20.4%,常住人口占比为 45.28%,GDP 占全省地区生产总值的 47.87%。

### 1.2 数据来源

2006 年、2016 年厦漳泉地区 Landsat TM 和

Landsat8 遥感影像资料以及 GDEMDEM 数据(30 m×30 m)源自地理空间数据云网站。将中国生态系统评估与生态安全数据库 2010 年福建省土地利用数据作为参考,利用 ENVI 5.1 预处理后比照 Google 地图对遥感影像进行人机交互判读,根据中科院土地分类系统结合区域特点采用最大似然法解译出地区土地利用类型并经反复纠正修改,划分为林地、草地、耕地、湿地、未利用地和建设用地(表 1)。2006 年、2016 年全国和厦门、漳州、泉州年均降水量获取自中国气象科学数据共享服务网,各类农作物播种面积、单位面积产量分别来源于《厦门经济特区年鉴 2017》、《漳州统计年鉴 2017》和《泉州统计年鉴 2017》,稻谷、蔬菜、甘薯等作物平均价格依据福建省粮食局、物价局提供的《价格检测报告》而确定。

表 1 厦漳泉地区土地利用变化情况 %

年份	林地	草地	耕地	湿地	水域	未利用地	建设用地
2006	53.517	9.117	19.320	3.285	1.840	3.517	9.404
2016	69.093	4.873	6.943	3.733	2.948	2.537	9.874

## 2 研究方法

### 2.1 标准单位生态系统服务价值当量因子价值量测算

结合厦漳泉地区实际,采用 1 hm<sup>2</sup> 稻谷、甘薯、花生和蔬菜单位面积的平均价格评估地区标准生态系统类型(即 1 个标准当量因子)的价值量。并将 2016 年地区 4 种农作物平均价格的 1/7 作为标准单位生态服务价值当量因子的经济价值量(公式 1),从而排除人工投入的影响<sup>[8-9]</sup>,确定 2006—2016 年标准生态系统的单位面积生态服务功能价值量为 5 871.722 元/hm<sup>2</sup>。

$$D = \frac{1}{7}(W_1 \times S_1 + W_2 \times S_2 + W_3 \times S_3 + W_4 \times S_4) \tag{1}$$

式中: $D$  表示标准生态系统的单位面积生态服务功能价值量(元/hm<sup>2</sup>); $W_1, W_2, W_3, W_4$  分别为 2016 年厦漳泉地区稻谷、甘薯、花生和蔬菜的单位面积平均价格(元/hm<sup>2</sup>); $S_1, S_2, S_3, S_4$  分别为稻谷、甘薯、花生和蔬菜的播种面积与其播种面积总和之比(%)。

### 2.2 单位面积生态系统服务价值当量表修正与价值评估

根据已有研究成果<sup>[10-11]</sup>,结合厦漳泉地区实际情况,采用地区平均年均降水量因子修正单位面积生态服务价值当量表,修正系数为 1.901。对解译后的土地生态类型进行合理归并<sup>[12-13]</sup>,通过修正后的当量因子乘以标准生态系统的单位面积生态服务价值量( $D$ )<sup>[14]</sup>,得到不同土地生态类型的价值系数表(表

2)。在此基础上,根据公式(2) 计算各类型生态系统服务价值及总价值。

$$ESV = \sum_{i=1}^6 A_i \times VC_i; ESV_i = \sum_{k=1}^j A_i \times VC_k \quad (2)$$

式中:在计算地区总的 ESV(生态系统服务价值)时,

$A_i$ 表示第*i*种土地生态类型的面积(hm<sup>2</sup>); $VC_i$ 表示第*i*种土地生态类型的单位面积生态服务价值(元/hm<sup>2</sup>);在计算各种土地生态类型的  $ESV_i$ 时, $A_i$ 表示第*i*种土地生态类型的面积; $VC_k$ 表示第*k*项的单位面积生态系服务价值。

表 2 2006—2016 年厦漳泉地区生态服务价值系数元/hm<sup>2</sup>

功能类型	供给功能		调节功能				支持功能		文化功能
	食物生产	原材料	气体调节	气候调节	水文调节	废物处理	土壤保持	生物多样性维持	美学景观供给
林地	3854.022	8759.141	50452.654	47532.940	40992.781	20087.631	33401.525	52671.636	24292.019
草地	5021.908	4204.388	17518.283	18219.014	17751.860	15416.089	26160.635	21839.459	10160.604
耕地	11678.855	4554.753	8408.776	11328.489	8992.718	16233.609	17167.917	11912.432	1985.405
湿地	4204.388	2802.925	28146.041	158248.486	156963.812	168175.513	23240.922	43094.975	54773.830
水域	6189.793	4087.599	5956.216	24058.441	219212.109	173430.998	4788.331	40058.473	51854.116
未利用地	233.577	467.154	700.731	1518.251	817.520	3036.502	1985.405	4671.542	2802.925

2.3 空间自相关分析

根据研究区土地利用类型图斑大小,在 0.1×0.1~10×10 km<sup>2</sup> 逐步增大间距划定网格,选取最优大小的格网单元展开分析。空间自相关分析分为全局空间自相关和局部自相关<sup>[15-16]</sup>。前者(公式 3)可以测度整个地区生态服务价值的空间集聚性及其特征;后者(公式 4)主要是衡量地区内部各个单元间变量的空间集聚性与空间异质性,判别“高低”集聚模式。通过公式(5) 可对空间自相关分析结果进行显著性检验。

$$Moran's I = n \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq 1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq 1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

式中: $x_i, x_j$ 分别表示第*i*个和第*j*个格网单元的单位面积生态服务价值; $\bar{x}$ 为其均值; $w_{ij}$ 为其空间权重矩阵,采用二进制方法设定  $x_i$ 和  $x_j$ 相邻时为 1,不相邻为 0。Moran's *I* 的取值范围为-1~1,结果为 0 时表示整个地区不存在相关性,结果小于 0 时表示呈负相关性并且值愈小则差异愈大,结果大于 0 时表示呈正相关并且值愈大则在整个地区的空间分布上相关性愈强。

$$Moran's I = \frac{(x_i - x_j) \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})}{m_o}; \quad (4)$$
$$m_o = \left( \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right) - \bar{x}^2$$

Moran's *I* 的计算结果>0 时表示格网单元具有高—高或者低—低的空间集聚特征;Moran's *I* 的计算结果<0 时表示格网单元具有低—高或者高—低的空间集聚特征。

$$Z_i = \frac{I - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \quad (5)$$

式中: $Z_i$ 表示空间自相关的显著水平; $E(I)$ 表示 Moran's *I*

指数的数学期望; $V(I)$ 为其方差。

2.4 地形起伏度计算方法

参考前人研究成果<sup>[17-18]</sup>,采用经修订后的中国人居自然环境适宜性评价中的算法(式 6)测度厦漳泉地区的地形起伏度,刻画生态服务价值地形梯度效应<sup>[19]</sup>。通过 ArcGIS 10.2 平台空间分析模块中(Zonal Statistics as Table)和(Raster Reclassify)功能实现矢量数据和栅格数据的叠加分析,基于 DEM 数据提取每个格网的地形起伏度,算得地区格网单元地形起伏度均值为 0.975。

$$RDLS = \frac{ALT}{1000} + \frac{\max(H) - \min(H)}{500} \left[ 1 - \frac{P(A)}{A} \right] \quad (6)$$

式中:RDLS 表示地形起伏度;ALT 为格网单元内平均海拔(m);max(*H*)、min(*H*)分别为格网单元内最高和最低海拔(m);*P*(*A*)表示格网单元内坡度小于等于 5°的平地面积(km<sup>2</sup>);*A* 表示格网单元的总面积(km<sup>2</sup>)。

3 结果与分析

3.1 2006—2016 年厦漳泉地区生态服务服务价值分布总体态势

厦漳泉地区的生态系统服务价值测算结果(表 3)显示,2006—2016 年地区生态服务价值总体提升 16.51%,提升幅度较大,说明地区生态服务功能有较大程度改善,主要体现在林地、湿地、水域等生态源地服务价值的提升。

运用全局趋势分析厦漳泉地区生态服务价值的总体分布情况(图 1),图中 *y* 轴代表正北方向,*x* 轴代表正东方向,*z* 轴代表单元生态服务价值大小。结果显示,*x* 轴(东西方向)呈现下降曲线,*y* 轴(南北方向)呈现先降后升的凹型曲线且 2016 年显于 2006 年,表明地区生态服务价值呈西高东低和南北高中间



低的分布格局并且 10 a 间趋势效应有所增强。总体上,厦漳泉地区生态服务价值分布与地形山势相适应,并呈现出自北、西、南向中东部倾斜的趋势,受制

于自然环境条件和经济发展引发的生态压力,生态服务价值分布于厦漳泉地区的中东部形成“低谷”,2006—2016 年“低谷”效应愈加显著。

表 3 2006—2016 年各类生态系统服务价值变化情况 万元

年份	林地	草地	耕地	湿地	水域	未利用地	总计
2006	37677032.09	3101550.27	4449412.28	5245257.56	2433117.42	523595.63	53429965.25
2016	48634155.75	1657432.47	1598640.66	5959408.76	3896855.83	502785.67	62249279.13

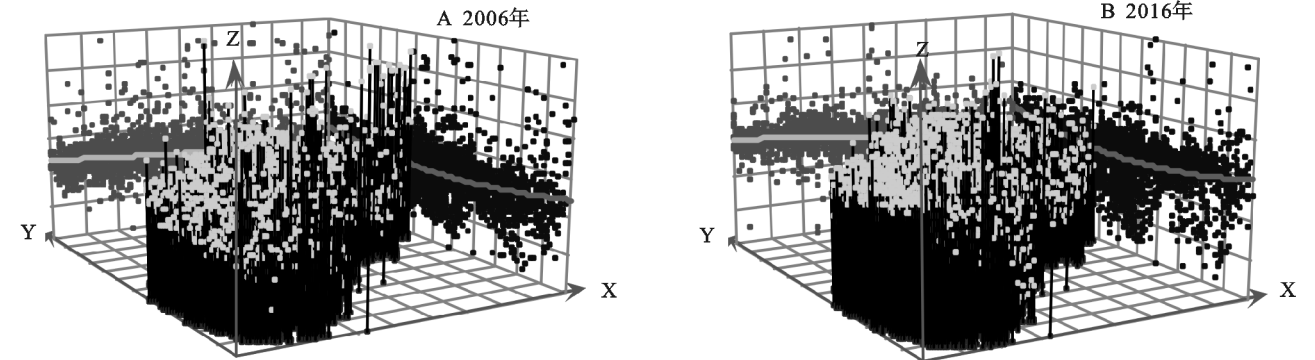
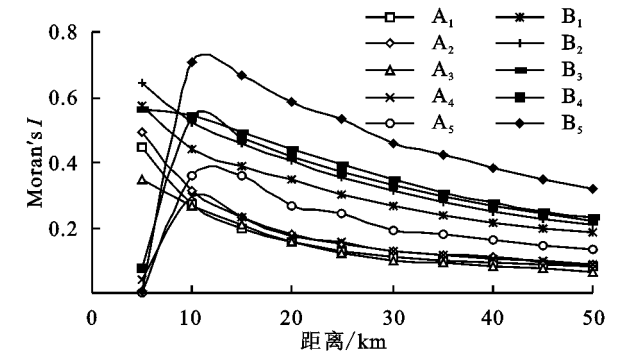


图 1 2006 年和 2016 年厦漳泉地区生态服务价值趋势面

3.2 厦漳泉地区生态服务服务价值空间分布尺度效应

以 1 km×1 km 和 2 km×2 km 正方形格网为单元的生态服务价值空间集聚的特性因粒度太小而不显著,进而生成 3 km×3 km,4 km×4 km,5 km×5 km、6 km×6 km(尺度 1—4)并将 9 km×9 km(尺度 5) 格网单元作为参照进行全局空间自相关分析。划分等间隔距离对不同尺度下格网单元生态服务价值进行空间增量自相关分析,得到 2006 年(A)和 2016 年(B)在不同尺度下的 Moran's I 指数(图 2),其值大于 0。经验  $Z_i > 0, p < 0.05$ ,表现出正向空间自相关性,说明两个时期地区生态服务价值在空间分布上均表现出集聚的特点。并且受间隔距离的制约,生态服务价值的集聚程度随研究尺度增大而呈现波动上升的尺度效应。在各个尺度下,2016 年厦漳泉地区生态服务价值的 Moran's I 指数基本高于 2006 年,空间自相关性更强,集聚程度更高。



注:AB 字母后 1—5 代表不同尺度。

图 2 厦漳泉地区生态服务价值空间自相关尺度效应

3.3 厦漳泉地区生态服务价值时空分异格局特征

全局 Moran's I 只是反映出厦漳泉地区整体的

空间自相关水平和总体趋势,因而需要通过局部自相关挖掘地区内部生态服务价值的空间分布特点。将 3 km×3 km 作为主要研究尺度,并以 6 km×6 km 尺度的研究结果作为参照。

(1) 将 2006 年和 2016 年地区生态服务价值格网数据导入 GeoDa 软件处理,经局部自相关分析生成厦漳泉地区生态服务价值的 Moran 指数分析,通过标准化空间权重矩阵建立相互联系<sup>[20]</sup>。结果显示,两期的 Moran's I 指数分别为 0.107,0.157,且通过显著性检验。观察图 3 并经统计可以发现,2006 年和 2016 年生态服务价值散点均集中分布在第一、三象限,其余分布于第二、四象限,表明厦漳泉地区生态服务价值呈现正向空间自相关性,生态服务价值集聚区域主要集中于高一高和低—低区域,内部差异较小。2006—2016 年生态服务价值高一高集聚的优势更加明显,说明地区生态服务功能有所提升和改善。

(2) 通过局部自相关集聚图(图 3),探索 2006—2016 年厦漳泉地区生态服务价值分布的空间集聚性和空间异质性。无论是高一高还是低—低集聚型区域, $p$  值远低于 0.05 逼近于 0,说明局部自相关性显著。图 3A 和图 3B 分别为 2006 年、2016 年生态服务价值的集聚图,图 3C 表示 10 a 间单元生态服务价值的增减集聚特征。结果显示,总体上,生态服务价值高、低集聚区域与上述趋势面分析结果一致:生态服务价值分布在南北方向呈现出“两高一低”的格局,北部高生态服务价值区域主要位于德化县大部 and 永春县东部,南部高生态服务价值区域基本位于漳州市西侧,中部低生态服务价值区域主要集中于安溪县境内

与以泉州平原和厦门岛为中心的沿海一带;东西方向呈现出“西高东低”分布格局,西部山地、丘陵的生态服务价值普遍高于东部平原。2006—2016 年厦漳泉

地区生态服务价值的增长趋向南北两极,下降区域集中于漳州平原和泉州平原,空间格局演变较为显著,逐渐呈斜三角形分布趋势。

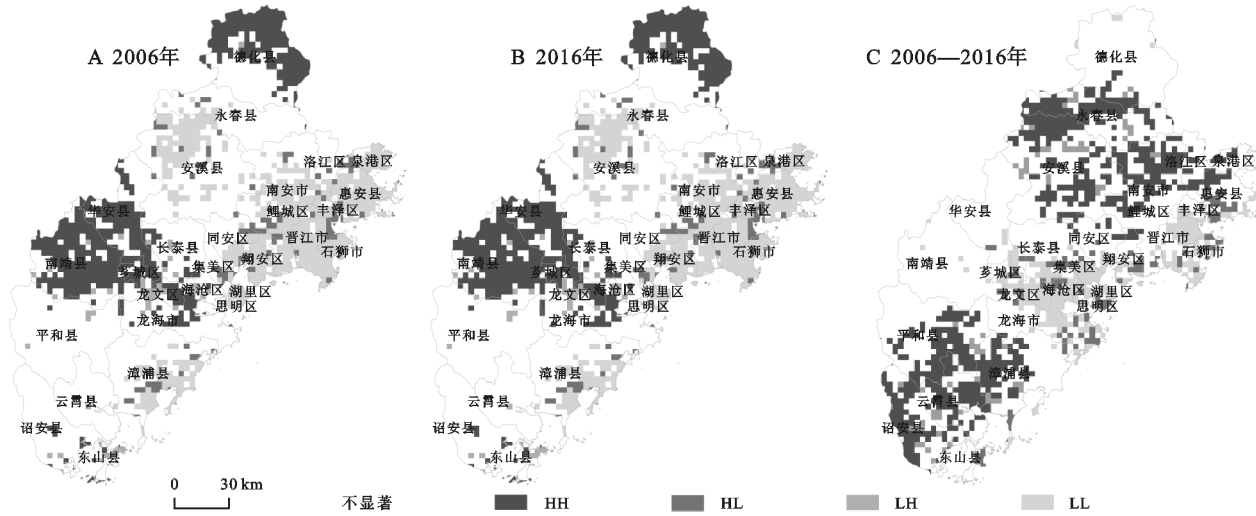


图 3 厦漳泉地区生态服务价值集聚特征

北部生态服务价值高—高集聚区域山水格局优势明显,区域内以旅游与农业经营为主,年轻劳动力向沿海迁移,土地开发强度较弱与城镇化扩张程度较低。南部生态服务价值高—高集聚区域 2006 年分布于由九龙江北溪、西溪经漳州平原延伸至九龙江入海口一带,10 a 间由于芗城、龙文、龙海快速城镇化的推进,在临近北溪与西溪的交汇处转向西南方,形成厦漳泉地区体量最大的生态服务功能供给系统。根据中部生态服务价值低—低集聚型区域特点将其划分为 3 个子区域:一是安溪境内水土流失区,主要分布于安溪县中西部,山峦起伏,山峰林立,山势峻峭,河谷狭窄,在此基础上发展规模庞大的茶种植产业易引发严重的水土流失,经过多年的治理,结果显示 2006—2016 年生态服务价值低—低集聚区域受到限制并缩减,说明水土流失对生态系统服务功能的扰动得到改善。二是漳浦县沿海风积地貌区较为发育,在海流与风力的作用下,逐渐形成沙堤、沙洲,因缺少内陆大面积森林等生态源地的支撑,持续表现出显著的低—低集聚状态。三是自泉州泉港区至漳州龙海市沿海一带的密集城镇化区,是厦漳泉地区面积最大的生态服务价值低—低集聚型区域,也是厦漳泉地区乃至福建省的经济、人口重心所在,由于经济开发区建设和人口密度增加,10 a 间低—低集聚的格局以泉州平原和厦门岛为中心向西南—东北濒海拓展。生态服务价值高—低集聚区域 10 a 间分布愈加集中,主要在九龙江河口、厦门岛、泉州湾以及一些丘陵、平原交错沿海地带,应注意维护滨海水域和湿地生态功能的完整性;而低—高集聚区域与高—低集聚区域的范围较小。另外,随格网尺度的增大使得安溪地区不再表现出低—

低集聚,低—低集聚区域主要集中于沿海地带,快速城镇化区域生态服务价值的损失尤为显著。

3.4 厦漳泉地区生态服务价值与地形起伏度的相关分析

应用自然断点法将厦漳泉地区地形起伏度由低到高划分为 5 个等级,并统计各等级生态服务价值的均值(表 4)<sup>[21]</sup>,结果显示,随地形起伏度的增加,生态服务价值平均水平逐渐提高,但相比于 2006 年、2016 年从第Ⅰ级到第Ⅱ级的增长幅度更为剧烈,并在第Ⅳ,Ⅴ级有所下降,出现波动情况。说明 2006—2016 年各级别地形起伏度下的生态服务功能有所改善,尤其是山地、丘陵等地形起伏较大的区域,但是地形起伏较小的平原、沿海一带生态服务功能改善趋势不甚显著,并且地区内不同地形起伏度下的生态服务价值水平表现出分化趋势。虽然总体上湿地、水域的维护有所成效,但受快速城镇化扩张的影响,沿海平原的生态服务功能仍面临被扰动的威胁。

通过空间制图定量刻画厦漳泉地区生态服务价值和地形起伏度特征,显示生态服务价值与地形起伏度之间存在某种相关性,参考已有研究<sup>[22]</sup>并以 3 km×3 km 格网作为单元,应用 SPSS 软件生成两个变量的散点图并作回归分析。为完整反映两者相关特征,不作剔除异常值处理,而是以生态服务价值平均水平为界采用分段回归分析,进一步分析和验证其分布特征。当地形起伏度处于 0~1 时,地区生态服务价值变化剧烈,同时呈现陡增和陡降的趋势。地形起伏度较小的地区主要分布在沿海一带,包含低生态服务价值的城镇建设区、沿海风沙侵蚀地带,高生态服务价值的园林地、水域与湿地。随着地形起伏度的增加,生态服务价值高于平均水平的

湿地、水域逐渐减少而林地向山地、丘陵集中,生态服务价值分布渐趋稳定。当地形起伏度处于 1~2 时,单元生态服务价值普遍稳定于平均水平,单元分布最

为集中,但也存在不少生态服务价值较低的离群点,通过 ArcGIS 平台锁定这些离群点主要分布于安溪、县中西部和长泰县东北部。

表 4 厦漳泉地区生态服务价值的地形梯度效应

等级	I	II	III	IV	V
RDLS	0~0.371	0.371~0.931	0.931~1.461	1.461~1.971	1.971~3.357
ESV(2006)	19.998	21.376	22.810	23.332	23.537
ESV(2016)	20.307	26.429	27.075	26.652	26.214
各级单元占比/%	30.69	16.64	21.65	22.62	8.40

4 讨论与结论

高生态服务价值区域集中分布于一些重要山脉(戴云山、大芹山等)、主要溪流、大型水库等,形成整个地区的生态输出区<sup>[23]</sup>,而这些区域经济发展较为落后甚至是贫困区,应当获得密集城镇化区的生态补偿,通过健全地区转移支付体系,开展“生态扶贫”项目给予其经济发展和生态维护的支持。针对不同梯度采取相应措施,重点保育沿海平原区的湿地、水域,防治山地、丘陵区的地表侵蚀。在快速城镇化地区探索构建“城市立体绿化”格局,以期为高密度城镇化区域披上“绿裳”。

生态服务价值评估方法的差异可能导致不同的结果,根据结果的实用性选择适当的方法还有待探讨。受限于数据获取,采用两期数据分析 2006—2016 年这 10 a 间地区演变略有不足,继续挖掘数据以增长研究期和研究样本,可更客观科学地阐释生态服务价值演变规律。生态服务价值时空格局是社会因素和结构性因素作用的复杂结果,这些因素对地形梯度效应及空间尺度效应的驱动机制需要未来长期深入研究,以弥补本文在这部分的不足。

2006—2016 年厦漳泉地区生态服务价值水平总体上有所提升,其分布呈现出三大效应。尺度效应:随着格网尺度的增加,地区生态服务价值空间自相关性具有波动上升的趋势,而安溪水土流失区低—低集聚不再明显,但沿海风积地貌区和密集城镇化区低—低集聚态势依然存在。时空效应:10 a 间,生态服务价值空间集聚性总体上有所增强;“两高一低”分布格局愈加明显,北部高一高集聚区域有所扩张,南部则发生大幅度转向渐趋于漳州市西南,而沿海低—低集聚区域沿东北—西南方向延伸,逐渐接连成片。地形梯度效应:随地形起伏的增加,地区生态服务价值水平总体上升,而各单元价值陡增和陡降的情况并存,并逐渐趋于稳定。

参考文献:

[1] 刘绿怡,刘慧敏,任嘉衍,等.生态系统服务形成机制研究进展[J].应用生态学报,2017,28(8):2731-2738.

[2] 王雨蓉,龙开胜.生态补偿对土地利用变化的影响:表现、因素与机制:文献综述及理论框架[J].资源科学,2015,37(9):1807-1815.

[3] 杨锁华,胡守庚,瞿诗进.1990—2014 年长江中游经济带生态系统服务价值时空变化特征[J].水土保持研究,2018,25(3):164-169.

[4] 曹祺文,卫晓梅,吴健生.生态系统服务权衡与协同研究进展[J].生态学杂志,2016,35(11):3102-3111.

[5] 熊善高,万军,龙花楼,等.重点生态功能区生态系统服务价值时空变化特征及启示:以湖北省宜昌市为例[J].水土保持研究,2016,23(1):296-302.

[6] 刘永强,龙花楼,李加林.长江中游经济带土地利用转型及其生态服务功能交叉敏感性研究[J].地理研究,2018,37(5):1009-1022.

[7] 王甫园,王开泳,陈田,等.城市生态空间研究进展与展望[J].地理科学进展,2017,36(2):207-218.

[8] Loomis J, Kent P, Strange L, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey [J]. Ecological Economics, 2000,33(1):103-117.

[9] 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,2003,18(2):189-196.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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):6157-6164.

[13] 彭文甫,周介铭,杨存建,等.基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究[J].长江流域资源与环境,2014,23(7):1011-1020.

[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(6630):253-260.

[15] 胡和兵,刘红玉,郝敬峰,等.城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应[J].生态学报,2013,33(8):2565-2576.



States[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014,111(20):7492-7497.

[2] Science I C F. International Council for Science(ICSU) [R]. International Council for Science, 2014.

[3] Zhao B, Kreuter U, Li B, et al. An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China[J]. Land Use Policy, 2004,21(2):139-148.

[4] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. World Environment, 1997,387(6630):253-260.

[5] 陈端吕,陈哲夫,彭保发.土地利用生态服务价值与经济发展的协调及空间分异:以西洞庭湖区为例[J].地理研究,2018,37(9):1692-1703.

[6] 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.

[7] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(9):1740-1746.

[8] 彭保发,郑俞,刘宇.耦合生态服务的区域生态安全格局研究框架[J].地理科学,2018,38(3):361-367.

[9] Buckley R. The Economics of Ecosystems and Biodiversity:ecological and economic foundations. [J]. Austral Ecology, 2011,36(6):34-35.

[10] Posner S, Verutes G, Koh I, et al. Global use of ecosystem service models[J]. Ecosystem Services, 2016, 17:131-141.

[11] Ghermandi A, Sheela A M, Justus J. Integrating similarity analysis and ecosystem service value transfer: Results from a tropical coastal wetland in India[J]. Ecosystem Services, 2016,22:73-82.

[12] Kozak J, Lant C, Shaikh S, et al. The geography of ecosystem service value: The case of the Des Plaines and Cache River wetlands, Illinois[J]. Applied Geography, 2011,31(1):303-311.

[13] Grafius D R, Corstanje R, Warren P H, et al. The impact of land use/land cover scale on modelling urban ecosystem services [J]. Landscape Ecology, 2016, 31 (7): 1509-1522.

[14] 赵军,杨凯.生态系统服务价值评估研究进展[J].生态学报,2007,27(1):346-356.

[15] 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.

[16] 熊倡英,师学义.黄土山丘区土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以长河流域为例[J].水土保持研究, 2018,25(2):335-340.

[17] 徐媛银,郭冻,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(1):1-9.

[18] 张天海,田野,徐舒,等.滨海城市土地利用格局演变及对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2018,38(21):7572-7581.

[19] 吴季秋,俞花美,肖明,等.基于 CA-Marko 模型的海湾土地利用动态预测[J].环境工程技术学报,2012,2(6): 531-539.

[20] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.

[21] 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,2003,18(2):189-196.



(上接第 339 页)

[16] 吴松,安裕伦,马良瑞.城市化背景下喀斯特流域生态服务价值时空分异特征:以贵阳市南明河流域为例[J].长江流域资源与环境,2015,24(9):1591-1598.

[17] 封志明,唐焰,杨艳昭,等.中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J].地理学报,2007,62(10):1073-1082.

[18] 刘颖,邓伟,宋雪茜,等.基于地形起伏度的山区人口密度修正:以岷江上游为例[J].地理科学,2015,35(4): 464-470.

[19] 石垚,袁大鹏,赵雪杉,等.基于地形梯度的冀西北间山盆地生态系统服务价值评估:以河北省怀来县为例[J].水土保持研究,2018,25(3):184-190.

[20] 王劲峰,廖一兰,刘鑫.空间数据分析教程[M].北京:科学出版社,2010.

[21] 戴云哲,李江风.洞庭湖区生态用地生态服务价值时空演化的地形梯度效应[J].水土保持研究,2018,25(3): 197-204.

[22] 温晓金,杨海娟,刘焱序.基于地形因子的 km 尺度景观生态廊道布局研究[J].地理科学进展,2013,32(2): 298-307.

[23] 潘竟虎.甘肃省区域生态补偿标准测度[J].生态学报,2014,33(12):3286-3294.