

1990—2014 年长江中游经济带生态系统 服务价值时空变化特征

杨锁华^{1,2}, 胡守庚^{1,2}, 瞿诗进^{1,2}

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074; 2. 国土资源部法律评价工程重点实验室, 武汉 430074)

摘要:基于 1990—2014 年长江中游经济带土地利用变化过程,参照“中国生态系统单位面积生态系统服务价值当量表”,采用 Costanza 的计算模型估算生态系统服务价值并分析其时空变化特征。结果表明:1990—2014 年间,长江中游经济带生态系统服务价值增加 113.84 亿元,年均增长 0.016%,总体呈“山区>丘陵区>平原区”的空间分布格局,上升区集中于江汉平原南部及洞庭湖平原西部,下降区主要沿“石首市—渝水区—九江县”分布;从不同功能价值来看,区域供给、支持服务功能价值分别下降 28.08 亿元,35.55 亿元,调节、文化服务价值分别上升 156.90 亿元,20.57 亿元,供给、支持和文化服务价值均呈山区高、平原低的分布格局,调节服务价值高值、低值区均集中于平原区,4 种生态功能价值主要沿“石首市—渝水区—九江县”下降,调节、文化服务价值在江汉平原南部及洞庭湖平原西部上升,支持服务价值在江汉平原西南部上升,供给服务价值无上升集中区。

关键词:生态系统服务价值;生态系统服务功能;时空变化;长江中游经济带

中图分类号:F062.2;F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)03-0164-06

Spatiotemporal Dynamics of Ecosystem Service Value in Middle Yangtze River Economic Region from 1990 to 2014

YANG Suohua^{1,2}, HU Shougeng^{1,2}, QU Shijin^{1,2}

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Key Laboratory of Legal Evaluation Engineering, Ministry of Land and Resources, Wuhan 430074, China)

Abstract: Using Middle Yangtze River Economic Belt as the study area, based on the land use data, corrected ‘the equivalent value per unit area of ecosystem service in China’ proposed by XIE Gao-di, estimation of spatiotemporal change of ecosystem service value (ESV) was conducted. The results are shown as follows. During the period of 1990—2014, the ESV of Middle Yangtze River Economic Belt had increased 11.38 billion yuan, annual growing rate was 0.016%. The spatial distribution pattern of ESV presented as the order: mountainous>hilly>plains. The rising area of ESV concentrated in the south of Jiangnan Plain and the west of Dongting Lake Plain, while the areas with decreasing ESV mainly distributed along the line of ‘Shishou—Yushui—Jiujiang’. Supply and support service value had decreased 2.81 billion yuan and 3.56 billion yuan, while accommodation service and cultural service values had increased 15.69 billion yuan and 2.06 billion yuan. The spatial distribution characteristics of supply, support, cultural service values were similar, and presented as the high values in the mountains and low value in the plain, while both the high and low values of accommodation service value concentrated in the plain. Four ecosystem service function values decreased along the line of ‘Shishou—Yushui—Jiujiang’, while spatial distribution of rising values was different, and presented as the accommodation and cultural value rise in the south of Jiangnan Plain and the west of Dongting Lake Plain, support value rose in the southwest of Jiangnan Plain, and the rise of supply service value was not obvious.

Keywords: ecosystem service value; ecosystem service functions; spatiotemporal dynamics; Middle Yangtze River Economic Belt.

当前,我国正处在城镇化和工业化快速推进时期,由传统低效发展模式所导致的生态系统生物多样性维持能力下降、气候调节能力减弱等问题日益凸显^[1-2],生态系统服务作为生态系统能提供的生命支持产品和服务^[3],评估其价值大小在一定程度上能反映生态系统健康状态。

近年来,国内外学者围绕生态系统服务价值开展了广泛研究^[4-6]。其中,以 Costanza^[5]提出的“全球生态系统服务价值当量表”及生态系统服务价值分析模型影响最为深远,由于生态系统具有复杂性、异质性^[7-8]等特点,谢高地等^[3,9]在其基础上结合我国实际情况制定了“中国生态系统单位面积生态服务价值当量表”,受到国内学者广泛应用^[10-12]。值得注意的是,国内已有研究多着眼于生态系统服务价值时空变化特征^[13-15],对不同生态服务功能价值的时空分异格局关注较少,而人口高速增长、城市快速扩张等社会经济发展均会导致不同生态系统服务功能价值的时空变化特征较为复杂^[16]。相关研究的开展有助于了解区域生态系统的各项产品和服务提供能力的强弱性、空间分布差异及变化趋势等特征,可为细致定量地认识区域生态环境状况并有针对性制定生态保护措施提供背景资料和理论支持。

因此,本文以长江中游经济带为例,基于区域实际情况修正后的“中国生态系统单位面积生态服务价值当量表”,采用 Constanza 的生态系统服务价值分析模型测算 1990—2014 年区域生态系统服务价值及不同功能价值,选取敏感性指数^[17]检验测算结果的科学性,并以动态度^[18]衡量其变化速度,以期为促进土地资源合理利用、生态环境保护提供基础信息和决策支持。

1 研究区概况

长江中游经济带包含湖南、湖北和江西三省,下辖 325 个县级行政单元,1990—2014 年人口增加了

1 718.4 万人,GDP 增长 18.12 倍,建设用地面积扩大 60 166.69 km²,城镇化率从 16.83% 增长到 51.70%。区域土地总面积为 56.47 万 km²,耕地、林地、水系较为丰富,是我国重要的粮食主产区、生态关键区。区内兼有山地、丘陵、平原等多种地貌类型,为便于生态系统服务价值的空间分布及变化的区位描述,基于县域地形地貌特征将区域划分为 11 个地貌类型区,各地貌类型区的土地利用结构(2014 年)见表 1。

表 1 2014 年长江中游经济带各地貌类型区土地利用结构 %

地区	耕地	林地	草地	水域	湿地	建设用地	未利用地
鄂西山区	12.80	77.54	7.32	0.98	0.36	0.99	0.00
南岭山区	19.14	74.26	3.98	0.57	0.41	1.64	0.01
赣东山区	19.61	73.42	3.94	0.54	0.71	1.77	0.01
湘西山区	21.46	71.24	4.87	0.95	0.38	1.09	0.01
鄂湘赣山区	21.59	70.04	4.33	0.80	1.30	1.91	0.02
赣中丘陵	30.95	59.84	3.12	0.91	1.29	3.87	0.02
湘中南丘陵	36.06	55.70	2.13	1.24	0.73	4.12	0.02
鄂东北丘陵	41.29	49.01	2.09	0.91	2.77	3.82	0.11
鄱阳湖平原	43.85	32.66	3.68	7.30	6.22	4.94	1.35
洞庭湖平原	45.50	33.33	0.88	7.18	6.49	3.77	2.85
江汉平原	54.96	23.21	0.83	6.22	6.64	7.70	0.45

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

长江中游经济带 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2014 年的土地利用现状图通过人机交互式解译 Landsat 影像得到,将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、湿地、建设用地、未利用地 7 类。粮食产量、播种面积、粮食价格数据来自于《湖南统计年鉴》(1991—2015)、《湖北统计年鉴》(1991—2015)、《江西统计年鉴》(1991—2015)和《中国农产品价格调查年鉴》(2015)(表 2)。

表 2 1990—2014 年长江中游经济带土地利用情况 km²

年份	耕地	林地	草地	水域	湿地	建设用地	未利用地
1990	178270.67	328082.27	22175.83	13352.20	10806.70	9964.48	2049.49
1995	176019.16	330139.69	21927.26	13452.42	10514.34	10651.04	1997.72
2000	175634.00	331058.57	21802.28	13416.93	11001.56	9731.00	2057.30
2005	174638.04	331255.33	20249.29	14220.87	10876.29	11108.51	2353.30
2010	172313.87	329698.72	19646.18	13126.94	13464.84	14336.74	2114.34
2014	170195.61	327847.11	20592.17	13604.35	13088.00	17459.86	1914.54

2.2 研究方法

2.2.1 长江中游经济带生态系统服务价值系数表 本文基于谢高地等修订的“中国生态系统单位面积生态系统服务价值当量(2007 年)”^[9],结合长江中游经济带实际情况修正生态系统服务价值系数。1 个标准单位生态系统服务价值当量因子定义为 1 hm² 研究

区平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值,经比较分析得出其等于平均粮食单产市场价值的 1/7^[3]。长江中游经济带的主要粮食作物为稻谷、小麦、玉米,将小麦、玉米产量修正到标准粮(稻谷)产量,以区域稻谷均价作为平均粮食价格,经统计,

1990—2014 年单位面积耕地粮食产量为 6 238.61 kg/hm²,2014 年平均粮食价格为 2.70 元/kg,当量因子

为 2 406.32 元/hm²,最终得到长江中游经济带单位面积生态系统服务价值系数表。

表 3 长江中游经济带单位面积生态系统服务价值系数表

元/hm²

生态系统服务功能	耕地	林地	草地	水域	湿地	未利用地
供给服务	3344.78	7964.92	1900.99	2117.56	1443.79	144.38
调节服务	9264.33	34169.74	14197.29	87084.72	105396.82	1251.29
支持服务	5991.74	20525.91	9889.98	9240.27	13667.90	1371.60
文化服务	409.07	5005.15	2093.50	10684.06	11285.64	577.52
合计	12433.98	44258.66	18367.66	71377.32	86203.65	2187.75

计算长江中游经济带生态系统服务价值及各生态系统服务功能价值采用 Costanza 提出的生态系统服务价值分析模型,如公式(1)、公式(2)。

$$ESV_p = \sum S_p \times VC_p$$

(1)

$$ESV = \sum_{p} ESV_p$$

(2)

式中:ESV 表示生态系统服务价值(元);ESV_{*p*}为研究区第 *p* 种土地类型的生态系统服务价值,元;*S_p*为第 *p* 种土地类型的面积(hm²);VC_{*p*}为第 *p* 种土地类型的生态系统服务价值系数(元/hm²)。

2.2.2 敏感性指数 本文选用敏感性指数(coefficient of sensitivity,CS)验证生态系统服务价值变化对价值系数的依赖程度,计算式如(3)所示。若 CS<1,表明估算结果可靠,CS 值越大,则该地类的价值系数对生态系统服务价值的影响越大,其准确性越关键;若 CS>1,估算结果的可信度低。

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jp} - VC_{ip}) / VC_{ip}} \right|$$

(3)

式中:CS 为敏感性指数;ESV_{*i*},ESV_{*j*}分别代表初始和调整价值系数后的生态系统服务价值(元/hm²);VC_{*ip*},VC_{*jp*}分别代表初始和调整后的第 *p* 种土地类型的生态系统服务价值系数(元/hm²)。

2.2.3 生态系统服务价值动态度 本文选用生态服务价值动态度描述一定时期内生态系统服务价值/不同功能价值的变化速度及趋势,可有效消除土地面积及标准当量不同对生态系统服务价值的影响^[7],计算公式如(4)所示。

$$K = \frac{E_b - E_a}{E_a} \times \frac{1}{T_b - T_a} \times 100\%$$

(4)

式中:*K* 是动态度;*E_a*,*E_b*分别为研究初期和末期的地均生态系统服务价值/生态系统服务功能价值,元/hm²;T_{*a*},T_{*b*}为研究初期和末期。

3 结果与分析

为便于分析 1990—2014 年长江中游经济带生态系统服务价值空间分布及变化特征,本文采用 6 个研究时点的生态系统服务价值的均值表征区域间的价值差异,通过 AcrGIS 中的自然间断点分级法(Jenks)将生态系统服务价值及不同功能价值划分为 5 个

等级:低,较低,中等,较高,高;此外,将生态系统服务价值动态度分为 3 个级别,即下降(小于−0.1%)、平稳(−0.1%~0.1%)、升高(大于 0.1%)。

3.1 生态系统服务价值时空变化特征

3.1.1 时序变化特征 总体来看,长江中游经济带的生态系统服务价值经历了先升后降的变化过程,整体呈小幅上升趋势。1990—2010 年、2010—2014 年分别上升 251.06 亿元、下降 137.23 亿元,1990—2014 年增加 113.84 亿元,增幅为 0.391%,年均增长 0.016%(表 4)。25 a 间,虽然区域内建设用地面积增加 7 495.38 km²,导致生态系统服务价值大量损失,但受退耕还湖、还林等生态退耕行为的影响,耕地向湿地、林地等更高生态系统服务价值用地类型转换,生态服务价值整体上升。

从不同地类来看,耕地、林地、草地、未利用地的生态服务价值下降,而水域、湿地的生态系统服务价值有所增加,以湿地的生态系统服务价值增量最大,高达 300.66 亿元。从变化过程来看,耕地生态系统服务价值持续下降,共减少 153.31 亿元;林地生态系统服务价值先增后减,于 2005 年达到最大值 22 414.63 亿元;湿地生态系统服务价值呈波动上升趋势,在 2010 年达到最大值 1 774.59 亿元,其他地类的变化不大。

3.1.2 空间分布特征 从空间分布格局来看,长江中游经济带生态系统服务价值的空间分异性明显,总体呈现“山区>丘陵区>平原区”的分布特征(图 1)。其中,地均生态服务价值的高值依托山脉呈“山”字形分布,较高值主要位于丘陵区、山区,而中值、低值、较低值集中分布在沿江平原区。

从动态度来看,区域生态系统服务价值动态度变化以平稳为主,变化较为剧烈的区域主要集中于平原区(图 2),丘陵区、山区主要呈点状分布。升高区主要集中在江汉平原南部和洞庭湖平原西部,下降区集中于“石首市—渝水区—九江县”(以下简称“石渝九”)沿线以及零星分布的诸多市区。虽然各县建设用地的面积均有不同程度增加,但生态系统服务价值变化趋势却不尽相同,说明建设用地扩张损耗的生态服务价值可以通过低生态系统服务价值用地向高生态系统服务价值用地的转换弥补,为区域生态服务价值保持及提升提供了重要的可实现途径。

表 4 1990—2014 年长江中游经济带生态系统服务价值时序变化 亿元

年份	耕地	林地	草地	水域	湿地	未利用地	总计
1990	3388.91	22199.92	622.74	1457.08	1424.26	6.86	29099.77
1995	3346.11	22339.14	615.76	1468.02	1385.73	6.68	29161.43
2000	3338.79	22401.32	612.25	1464.14	1449.94	6.88	29273.32
2005	3319.86	22414.63	568.64	1551.88	1433.43	7.87	29296.30
2010	3275.67	22309.30	551.70	1432.50	1774.59	7.07	29350.83
2014	3235.41	22184.01	578.26	1484.60	1724.92	6.40	29213.60

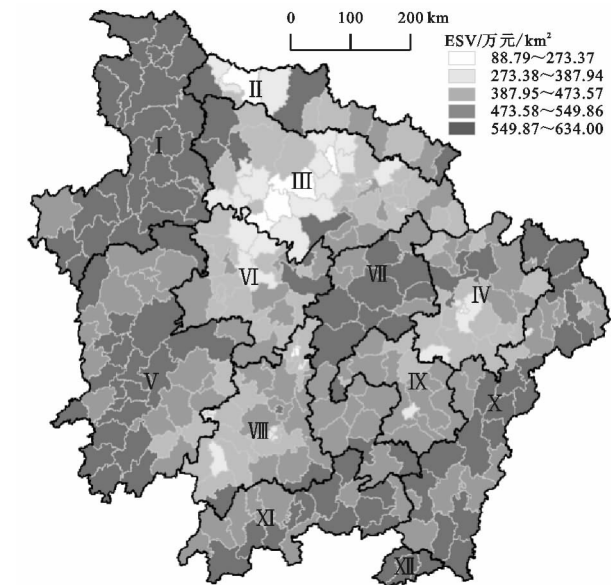


图 1 1990—2014 年长江中游经济带生态系统服务价值空间分布格局

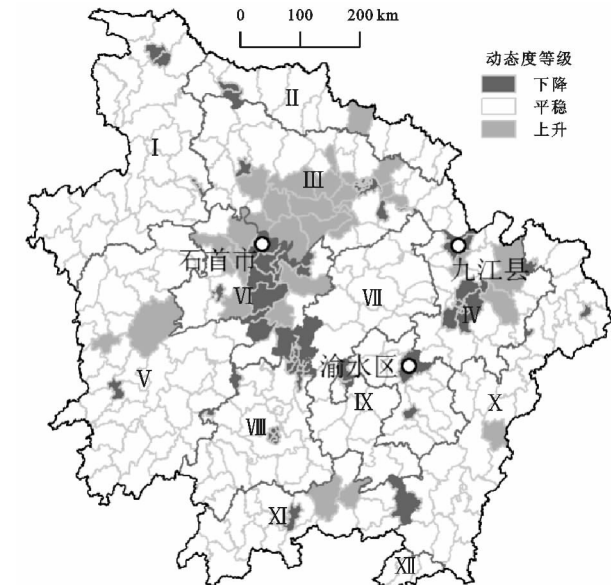


图 2 1990—2014 年长江中游经济带生态系统服务价值空间动态度空间格局

3.2 敏感度分析

本文将各土地类型的生态价值系数上下调整 50%，得出各土地类型的敏感型指数(表 5)。长江中游经济带的所有地类敏感性指数均小于 1，表明即使价值系数具有不确定性，本文的估算结果仍然可靠。其中，林地由于面积大、生态系统服务价值系数高，其

敏感性指数高达 0.76(2014 年)，表明若林地的生态价值系数上升 1%，区域生态系统服务价值将上升 0.76%；耕地由于面积较大，其敏感性指数仅次于林地；其他地类的 CS 趋近于 0，表明其他地类的价值系数变化对区域的生态系统服务价值影响较小。

表 5 1990—2014 年长江中游经济带各土地
利用类型生态服务灵敏度

年份	耕地	林地	草地	水域	湿地	未利用地
1990	0.12	0.76	0.02	0.05	0.05	0.00
1995	0.11	0.77	0.02	0.05	0.05	0.00
2000	0.11	0.77	0.02	0.05	0.05	0.00
2005	0.11	0.77	0.02	0.05	0.05	0.00
2010	0.11	0.76	0.02	0.05	0.06	0.00
2014	0.11	0.76	0.02	0.05	0.06	0.00

3.3 不同生态系统服务功能价值时空变化特征

3.3.1 时序变化特征 1990—2014 年，长江中游经济带的 4 种生态系统服务功能价值变化趋势不尽相同(表 6)，总体来看，供给服务、支持功能价值分别下降 28.08,35.55 亿元，调节服务、文化服务价值分别上升 156.90,20.57 亿元。可以发现，虽然生态系统服务价值损失可以通过中低生态系统服务价值用地向高生态系统服务价值用地转化弥补，但由于土地类型面积变化导致的生态系统服务功能价值变化却难以补偿。从变化过程来看，4 种生态系统服务价值均呈现先升后降的变化趋势，所不同的是，供给服务、支持服务价值在 1990—2000 年上升，2000—2014 年下降；调节服务、文化服务价值在 1990—2010 年期间持续上升，2010—2014 年期间则下降。从生态系统服务功能价值构成上分析，调节服务与支持服务是长江中游经济带的主要服务功能，占整体的 81.80%(2014 年)，这与研究区内森林覆盖率高、耕地资源丰富、水系发达密不可分。

表 6 1990—2014 年长江中游经济带单项生态系
他服务价值时序变化 亿元

年份	供给服务	调节服务	支持服务	文化服务
1990	3295.75	15481.21	8295.55	2027.25
1995	3303.92	15504.97	8318.69	2033.85
2000	3310.35	15579.36	8340.42	2043.18
2005	3307.20	15611.99	8329.26	2047.85
2010	3287.27	15705.97	8302.36	2055.24
2014	3267.67	15638.11	8260.00	2047.82

3.3.2 空间分布特征 从空间分布格局来看,不同生态系统服务功能价值的空间分布特征有所不同(图3)。供给服务、支持服务价值的高值、较高值主要集中于山区,即鄂西山区、湘西山区、鄂湘赣山区、南岭山区、赣东山区,低值、较低值主要位于平原区,以江汉平原的低值范围较大。文化服务价值的分布特征总体与供给服务价值接近,但高值与低值范围较供给服务价值小,较低值范围较大。调节服务价值的低值与高值均主要分布于平原区,较低值主要分布于部分平原及丘陵地区,而中值、较高值主要位于山区。究

其原因,生态系统服务功能价值与土地利用结构有密切关系。山区的供给服务、支持服务、文化服务价值总体较高,主要由于其森林资源丰富,林地与上述三项生态服务功能呈较强的正向相关;在平原、丘陵地区,供给服务、支持服务、文化服务价值较低,而调节服务高值、低值兼有,由于该地区耕地、水域、湿地资源较为丰富,耕地的各项生态服务功能相对较弱,湿地、水域的调节服务功能较强,导致耕地丰富区的各生态系统服务功能价值水平较低,水域、湿地丰富区具有高调节服务价值。

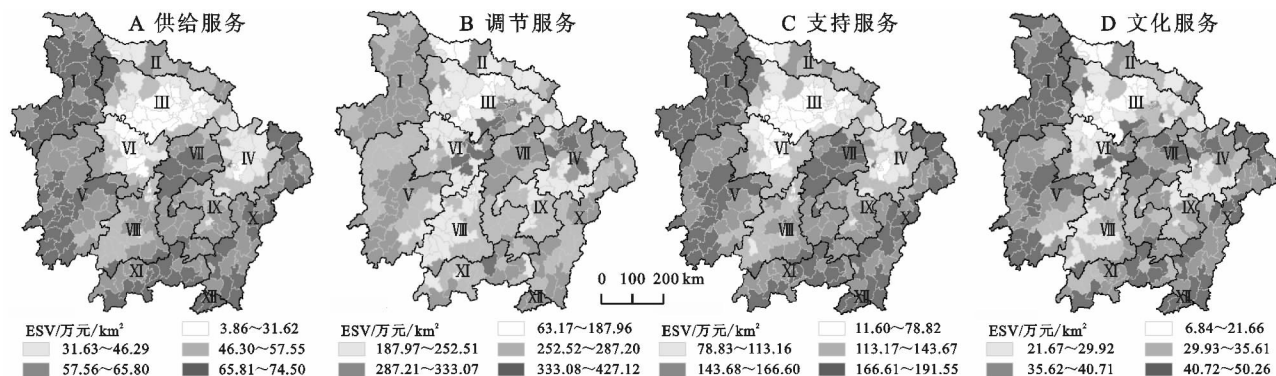


图3 1990—2014年长江中游经济带生态系统服务功能价值空间分布格局

从动态来看,长江中游经济带 1990—2014 年的 4 种生态服务功能价值动态度的发生区域与生态系统服务价值的动态度分布接近,但变化特征却不尽相同(图4),受耕地大量减少、湿地增加的影响,总体来看,供给服务、支持服务价值以下降为主,调节服务、文化服务价值上升与下降兼有。从动态度不同等级的县级单位数量上看,供给服务价值的上升、平稳、下降各有 5,217,103 个;调节服务价值各有 45,210,70 个;支持服务价值各有 15,227,83 个;文化服务价值各有 49,209,67 个。从动态度的空间分异来看,4 种生态系统服务功能价值在“石渝九”沿线均呈现下降趋势;在其他地区呈现不同的变化趋势,在江汉平原南部,供给服务价值下降,调节服务、文化服务价值上升,支持服务在其西南部上升、东南部下降,在洞庭湖平原西部,供给服务、支持服务价值处于平稳,而调节服务、文化服务价值上升,在其

他地貌类型区的生态系统服务价值变化呈零星分布且略有差异,如北湖区的供给服务、调节服务、支持服务价值下降,文化服务价值平稳,秭归县的调节服务、文化服务价值上升,供给服务、支持服务平稳。总体上看,“石渝九”沿线由长沙、南昌两市的铁路连线以及洞庭湖、鄱阳湖周边部分县组成,由于社会经济发展导致的城市建设用地扩张侵占耕地以及围湖造田等行为,导致该沿线 4 种生态系统服务价值均下降,江汉平原南部及洞庭湖平原西部的变化主要由耕地减少、湿地增加导致。值得注意的是,长江中游经济带属于我国重要的粮食主产区,其供给服务功能十分重要,然而在研究期内出现大范围下降(主要集中在江汉平原南部地区),为保障国家及区域粮食安全,未来应继续严格执行保护耕地的基本国策,坚决实施占耕地占补平衡、城乡建设用地增减挂钩等制度。

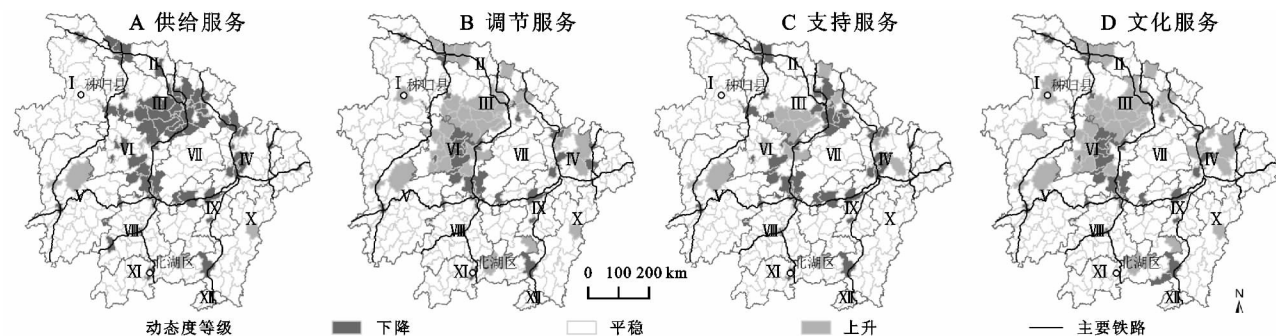


图4 1990—2014年长江中游经济带生态服务功能价值动态度空间分异

4 结论与讨论

(1) 1990—2014年长江中游经济带生态系统服务价值在时序上整体呈小幅上升趋势,增加113.84亿元,增幅为0.391%,年均增长0.016%,在空间上呈“山区>丘陵区>平原区”的分布格局;此外,生态系统服务价值在江汉平原南部及洞庭湖平原西部上升,在“石首市—渝水区—九江县”沿线及诸多市区呈下降趋势。

(2) 从不同功能价值来看,1990—2014年长江中游经济带的生态系统供给、支持服务价值下降28.08,35.55亿元,调节、文化服务价值上升156.90,20.57亿元;供给、支持、文化服务价值在空间上呈山区高、平原低的分布格局,调节服务价值高值、低值区均集中于平原;在空间变化上,4种生态功能价值下降区主要沿“石首市—渝水区—九江县”分布,调节、文化服务价值在江汉平原南部和洞庭湖平原西部上升,支持服务价值在江汉平原西南部上升,供给服务价值无上升集中区。

生态系统服务价值由4种生态功能价值组成,其变化与国家政策的颁布实施均有密切联系。受城市化以及退耕还林、还湖等政策影响,长江中游经济带在1990—2014年耕地(8 075.06 km²)大量减少、建设用地(7 495.38 km²)和湿地(2 281.30 km²)增加,在生态系统服务价值整体上升的情况下,调节、文化服务价值上升,供给、支持服务价值降低。长江中游经济带作为全国重要的粮食主产区,其供给服务功能极其重要,为保障国家粮食安全,未来应更为严格地执行保护耕地的基本国策,坚决实施耕地占补平衡、城乡建设用地增减挂钩等制度。可见,分析生态系统服务价值并深入剖析各生态功能价值的变化可为制定科学合理的生态政策、实现区域可持续发展提供理论参考。

参考文献:

- [1] 郑华,欧阳志云,赵同谦,等. 人类活动对生态系统服务功能的影响[J]. 自然资源学报,2003,18(1):118-126.
- [2] 李文华,张彪,谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望[J]. 自然资源学报,2009,24(1):1-10.
- [3] 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.

- [4] Daily G C. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems [J]. *Pacific Conservation Biology*, 1997,6(2):220-221.
- [5] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997,387:253-260.
- [6] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(5):607-613.
- [7] 李文楷,李天宏,钱征寒. 深圳市土地利用变化对生态服务功能的影响[J]. 自然资源学报,2008,23(3):440-446.
- [8] 曾杰,李江风,姚小微. 武汉城市圈生态系统服务价值时空变化特征[J]. 应用生态学报,2014,25(3):883-891.
- [9] 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.
- [10] 陈颖,石培基,潘尧虎. 高原生态城土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究:以甘肃省民乐县为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):154-159.
- [11] 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.
- [12] 刘金勇,孔繁花,尹海伟,等. 济南市土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. 应用生态学报,2013,24(5):1231-1236.
- [13] 李全,李腾,杨明正,等. 基于梯度分析的武汉市生态系统服务价值时空分异特征[J]. 生态学报,2017,37(6):2118-2125.
- [14] 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.
- [15] 赵志刚,余德,韩成云,等. 2008—2016年鄱阳湖生态经济区生态系统服务价值的时空变化研究[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(2):198-208.
- [16] 张舟,吴次芳,谭荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用:瓶颈和展望[J]. 应用生态学报,2013,24(2):556-562.
- [17] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, et al. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas [J]. *Ecological Economics*, 2001,39:333-346.
- [18] 胡和兵,刘红玉,郝敬峰,等. 城市化对流域生态系统服务价值空间异质性的影响:以南京市九乡河流域为例[J]. 自然资源学报,2011,26(10):1715-1725.