

怀来县土地利用/覆被变化及生态系统服务价值时空演变

陈青锋¹, 于化龙², 张杰¹, 田超², 陈亚恒^{1,2}

(1. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001)

摘要:为了揭示土地利用与生态环境之间的关系,指导区域土地合理利用,以怀来县为研究区,通过对1992年、2002年、2012年的Landsat TM遥感影像数据进行处理,利用土地利用变化强度指数分析怀来县近20年的土地利用类型间的变化强度,构建了生态系统服务价值的动态测算模型,引入动态度与相对变化率指数,对县域内近20年各地类以及各乡镇的生态系统服务价值的变化进行时空分异特征进行分析。结果表明:近20年怀来县土地利用整体呈现“三增两减”的趋势,即园地、林地、建设用地面积增长,分别增长了19.98%、5.66%、90.76%;水域、耕地面积减少,分别减少68.90%、23.27%。建设用地、耕地在近20年生态系统服务价值变化最大,即变化最剧烈,林地、园地变化相对较小;北部山地丘陵区与南部低山丘陵区的生态系统服务价值变化率较高,中部平原区变化率较小。

关键词:土地利用; 覆被变化; 生态系统服务价值; 怀来县

中图分类号: F301.2; F062.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)03-0137-07

The Spatiotemporal Evolution of Land Use/Cover Change and Ecosystem Service Values in Huailai County

CHEN Qingfeng¹, YU Hualong², ZHANG Jie¹, TIAN Chao², CHEN Yaheng^{1,2}

(1. College of Resources and Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei

071001, China; 2. College of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: To reveal the relationship between land use and ecological environment and guide people to make good use of the regional land, we took Huailai County as the study area, processed TM Landsat remote sensing image data in 1992, 2002 and 2012, analyzed the variation intensity of land use types by using land use change intensity index in Huailai County in recent 20 years, built the dynamic calculation model of ecosystem service value, and analyzed the spatial and temporal variation characteristics of the ecosystem services value of the ecological system by using dynamic degree and relative change rate index in the county in the past 20 years. The result showed that the land use in Huailai County presented a trend that three types increase and two types decrease, that was to say that the areas of garden land, woodland and construction land had increased by 19.98%, 5.66%, 90.76%, respectively, and the area of water bodies, arable land had decreased by 68.90%, 23.27%; the ecosystem service values of construction land and arable land changed the most significantly and dramatically in the past 20 years, the changes of woodland and garden land area were relatively small; the rates of the change of the ecosystem service values were relatively high in the lower hilly area of northern and southern hilly lands, but comparatively little in the central plain area.

Keywords: land use; cover change; ecosystem service value; Huailai County

一个地区乃至全球的土地利用/覆被变化及对生态环境产生的影响^[1]是科学界与政府部门共同的工作重心。相关研究表明,土地利用格局变化会引起生态系统功能的变化,并进一步影响区域乃至全球的生态

服务价值^[2]。所以,研究区域土地利用覆被/变化以及因此所引发的生态系统服务价值的变化,对研究人类活动对生态环境的影响,促进区域土地资源合理利用、人地协调发展及生态环境改善具有重要的意义。

目前土地利用/覆被变化引起生态系统服务价值变化的研究多侧重于某一特定的时间^[3],或者是用修正的一年的当量因子测算不同年份的生态系统价值^[4]。相对而言,对于构建生态系统服务价值的动态测算的研究尚显不足^[5]。自 2000 年以来,为治理与保护丘陵山区的生态环境,怀来县实施了一系列的生态环境治理与保护工程。随着经济发展,城市化、工业化的快速发展,导致区域土地利用/覆被发生明显变化,并将影响土地的可持续利用。所以,本文以河北省怀来县为研究区,引入土地利用变化强度指数,对区域土地利用变化强度进行分析;对遥感影像解译出的 6 种地类面积变化引起的生态系统服务价值变化在近 20 年内进行动态的修订分析;在此基础上引入动态度与转化率对各个乡镇的生态系统服务价值变化进行时空变化的分析。为区域土地合理利用、人地协调发展以及生态环境保护提供理论支撑。

1 研究区概况及数据来源

怀来县处于河北省西北部,燕山山脉西部,地处东经 115°16′—115°58′,北纬 40°4′—40°35′,位于内蒙古高原与华北平原的过渡地带,生态环境具有明显的过渡性。占地面积 1 782 hm²,其中丘陵面积占 19%,山区面积占 38%。怀来县内南部和北部多半是山区,中部盆地,研究区内丘陵山区占据绝大部分,生态环境面临巨大的挑战。怀来县作为环首都地区的绿色屏障及重要的生态缓冲带,其生态环境如何直接关系到环首都地区的生态环境质量。

选取研究区 1992 年、2002 年、2012 年 3 期的 Landast TM 影像作为土地利用分类的数据,运用 ENVI 4.7 软件对 TM 影像进行大气校正、几何校正(误差小于 0.5 个像元)、拼接和剪裁后,在 ArcGIS 9.3 软件平台中,采用监督分类与目视解译结合的解译方法,得到怀来县 3 期解译结果总精度与 Kappa 指数均大于 0.8 的土地利用类型图,将怀来县土地利用类型分为:水域、园地、林地、未利用地、耕地、建设用地。进行生态系统服务价值当量功能性调整及编辑调整所需的数据,包括 1992 年、2002 年、2012 年 3 期的平均粮食单价、单位产量,均参考《怀来县统计年鉴》、《怀来县国民经济和社会发展统计》和《全国农产品成本收益资料汇编》等资料。

2 研究方法

2.1 土地利用变化强度指数

土地利用变化强度指数^[6]是指一个地区或一个空间单元 i 内,在研究区段 (a, b) 中土地利用类型 j 在单位面积内发生的变化,用如下公式表示:

$$L_{j,i} = \frac{K_{j,b} - K_{j,a}}{K_{j,a} T} \quad (1)$$

式中: $L_{j,i}$ ——研究区段土地利用类型 j 在某一个区域或是一个空间单元 i 内土地利用变化强度指数; $K_{j,a}, K_{j,b}$ ——在 a 至 b 研究时段土地利用类型 j 在 i 内的面积(hm²); T ——研究时段(a)。

2.2 生态系统服务价值测算

2.2.1 价值测算模型的建立 生态系统服务价值当量因子即各地类生态系统服务功能所体现出的价值的潜在贡献能力^[7],具体是指全国每年农田粮食一个单位面积内(1 hm²)平均产量的经济价值为 1,其余各地类的生态服务价值当量因子就是在此基础上进行修正得到。单位面积(1 hm²)生态系统服务价值当量因子计算公式如下:

$$E_a = \frac{1}{P} PQ \quad (2)$$

式中: E_a ——1 hm² 生态系统服务价值当量因子的经济价值(元/hm²); P ——怀来县当年粮食平均价格(元/kg); Q ——怀来县粮食单产(千克/hm²)。通过计算可以得出怀来县 1992 年、2002 年、2012 年单位面积农田平均粮食产量经济价值分别为 643.77, 698.11, 714.32 元/(hm²·a)。

本文参考谢高地等^[7]生态系统单位面积服务价值系数法,结合怀来县的实际情况,对单位面积生态系统服务价值量表进行功能性和边际性调整,最终得到怀来县 1990 年、2002 年、2012 年 3 期的生态系统服务价值当量。

2.2.2 生态系统服务价值动态测算模型构建 运用 Costanza 等^[8]生态系统服务价值测算方法,基于公式(2),构建研究区生态系统服务价值动态测算模型,具体模型如下:

$$V = \sum_{k=1}^n A_k C_k S_k b_t \quad (k=1, 2, 3, \dots, 6; t=1, 2, 3, \dots, 20) \quad (3)$$

$$C_k = E_a d_k \quad (k=1, 2, 3, \dots, 6) \quad (4)$$

$$S_k = \frac{NPP_k}{NPP_{kmean}} \quad (k=1, 2, 3, \dots, 6) \quad (5)$$

$$b_t = r_t p_t \quad (t=1, 2, 3, \dots, 20) \quad (6)$$

式中: V ——生态系统服务价值; A_k ——第 k 类土地利用类型的面积; C_k ——第 k 类土地类型的单位面积生态系统服务价值系数; S_k ——当量因子功能性调整系数; b_t ——当量因子服务边际性调整系数; d_k ——单位面积生态系统服务价值调整后的当量值; NPP_k ——第 k 类土地利用类型的净初级第一生产力; NPP_{kmean} ——植物净初级第一生产力的平均值; r_t ——研究区居民第 t 年对生态系统服务价值的支付能力指数; p_t ——研究区居民第 t 年生态系统服务价值的支付意愿指数。

表 1 修正后怀来县单位面积生态系统生态服务价值当量

功能	水域	园地	林地	未利用地	耕地	建设用地
气体调节	0.00	1.06	1.31	0.00	0.50	-2.42
气候调节	0.46	1.80	2.70	0.00	0.89	0.00
水源涵养	20.40	2.00	3.20	0.03	0.60	-7.51
土壤形成与保护	0.01	2.93	3.90	0.02	1.46	0.02
废物处理	18.20	1.31	1.31	0.01	1.64	-2.46
生物多样性保护	2.49	2.18	3.26	0.34	0.71	0.34
食物生产	0.10	0.20	0.10	0.01	1.00	0.01
原材料	0.01	1.33	2.60	0.00	0.10	0.00
娱乐文化	4.34	0.66	1.28	0.01	0.01	0.01

注：废气、废水、固体废弃物的排放对生态环境造成负效应，因此在本研究中气体调节功能、水源涵养功能、废物处理功能的价值取负值。

(1) 功能性调整指数计算。生态系统可持续性不仅体现为生态系统本身的持续性,更表现为生态系统服务功能的持续性,具有内外功能协调统一的特征,而生物生产力是描述其生态功能的最基础指标^[9]。本文对生物生产力的计算,主要采用植物光合作用方程式,并应用材积量生物量法计算生物量,从而利用 NPP 计算公式,计算植物净初级第一生产力^[10]。植物光合作用方程式如下:

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$$

(7)

结合怀来县园地、林地两种生态系统的统计特征,从而计算出林地、园地两种生态系统的净初级第一生产力,并结合公式(5),计算出生态系统服务功能的调整指数:林地为 1.053,园地为 1.317,由于受历年林种统计数据限制,本文对功能调整指数 1992—2012 年保持不变,得到怀来县单位面积生态系统服务价值调整后的当量(表 2)。

表 2 功能调整后怀来县单位面积生态系统生态服务价值当量

功能	水域	园地	林地	未利用地	耕地	建设用地
气体调节	0.00	1.82	1.31	0.00	0.50	-2.42
气候调节	0.46	3.74	2.70	0.00	0.89	0.00
水源涵养	20.40	4.44	3.20	0.03	0.60	-7.51
土壤形成与保护	0.01	5.41	3.90	0.02	1.46	0.02
废物处理	18.20	1.82	1.31	0.01	1.64	-2.46
生物多样性保护	2.49	4.52	3.26	0.34	0.71	0.34
食物生产	0.10	0.14	0.10	0.01	1.00	0.01
原材料	0.01	3.61	2.60	0.00	0.10	0.00
娱乐文化	4.34	1.78	1.28	0.01	0.01	0.01

(2) 边际性调整指数计算。通过对 Costanza 和谢高地关于生态系统服务价值评估的价值系数的综合研究,发现民众的支付意愿^[11]是大多数生态系统服务价值形成的基础。对于相同的生态系统,因区域特性不一样,以及不同地区之间经济发展水平、居民的收入状况、价值认识和消费偏好甚至政策制度的不同,对生态系统服务的支付意愿和支付能力也是大不相同的^[12]。

① 以小康与富裕阶段的过渡点作为支付意愿聚集上升的拐点,选取恩格尔系数^[13]为 0.4 作为支付意愿曲线的拐点,并使用 Logisticeurve 模型^[14]来确定,所确定的 1992 年、2002 年、2012 年的支付意愿指数分别为:1.211,1.130,1.111。

② 通过支付能力系数的调节服务价值当量表,能够有效解释因支付意愿存在能力不足所造成生态

系统服务价值支付的困境^[15],在本文中,利用 1992—2012 年的怀来县人均 GDP 与对应的国家人均 GDP 的比值对支付能力进行模拟,从而确定生态服务价值支付能力调整系数:1992 年、2002 年、2012 年的支付能力调整指数分别为:0.710,0.754,0.684。

综上所述,根据公式(6),得出 1992 年、2002 年、2012 年的边际性调整指数分别为:0.860,0.852,0.759。

2.2.3 3 期土地利用类型单位面积生态系统服务价值 通过计算,确定 1992—2012 年各土地利用类型单位面积的生态系统服务价值系数以及土地利用变化数据,并通过公式(2)计算生态系统服务总价值,可以确定 3 年的土地各地类的生态服务的经济价值(表 3)。

2.3 生态服务价值时空变化特征

2.3.1 生态服务价值时间变化特征 参考土地利用/覆被变化动态度^[16],通过变形得到土地利用类型

的生态服务价值动态度(EV)模型,用其表示随着时间的变化,生态服务价值变化的特征,以此表示各个土地利用类型生态系统服务价值的年际变化率,其计算公式如下:

$$EV=\frac{U_b-U_a}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

(8)

式中: U_a,U_b ——研究初期、末期某类土地的生态服务价值量; T ——研究时段长。

表 3 怀来县 1992—2012 年不同地类单位面积生态系统服务价值 元/hm²

年份	功能	水域	园地	林地	未利用地	耕地	建设用地
1992	气体调节	0.00	1005.81	725.27	0.00	276.82	−1339.81
	气候调节	254.68	2073.04	1494.83	0.00	492.74	0.00
	水源涵养	11294.30	2456.93	1771.66	16.61	332.19	−4157.85
	土壤形成与保护	5.54	2994.39	2159.20	11.07	808.32	11.07
	废物处理	10076.29	1005.81	725.27	5.54	907.97	−1361.96
	生物多样性保护	1378.57	2503.00	1804.87	188.24	393.09	188.24
	食物生产	55.36	76.78	55.36	5.54	553.64	5.54
	原材料	5.54	1996.26	1439.47	0.00	55.36	0.00
	娱乐文化	2402.81	982.77	708.66	5.54	5.54	5.54
2002	气体调节	0.00	1080.56	779.17	0.00	297.39	−1439.39
	气候调节	273.60	2227.11	1605.93	0.00	529.36	0.00
	水源涵养	12133.71	2639.54	1903.33	17.84	356.87	−4466.87
	土壤形成与保护	5.95	3216.93	2319.68	11.90	868.39	11.90
	废物处理	10825.17	1080.56	779.17	5.95	975.46	−1463.18
	生物多样性保护	1481.03	2689.03	1939.01	202.23	422.30	202.23
	食物生产	59.48	82.49	59.48	5.95	594.79	5.95
	原材料	5.95	2144.62	1546.45	0.00	59.48	0.00
	娱乐文化	2581.39	1055.81	761.33	5.95	5.95	5.95
2012	气体调节	0.00	984.96	710.24	0.00	271.08	−1312.05
	气候调节	249.40	2030.08	1463.86	0.00	482.53	0.00
	水源涵养	11060.25	2406.02	1734.94	16.27	325.30	−4071.69
	土壤形成与保护	5.42	2932.33	2114.46	10.84	791.57	10.84
	废物处理	9867.47	984.96	710.24	5.42	889.16	−1333.74
	生物多样性保护	1350.00	2451.13	1767.47	184.34	384.94	184.34
	食物生产	54.22	75.19	54.22	5.42	542.17	5.42
	原材料	5.42	1954.89	1409.64	0.00	54.22	0.00
	娱乐文化	2353.01	962.41	693.98	5.42	5.42	5.42

2.3.2 生态服务价值空间变化特征 借鉴土地利用/覆被相对变化率指数^[17],研究各地类生态系统服务价值的空间变化特征。引入生态服务价值相对变化率(V_v)模型,来衡量研究区内生态服务总价值的空间差异。模型计算公式如下:

$$V_v=\frac{B_{vb}/C_{vb}}{B_{va}/C_{va}}$$

(9)

式中: B_{vb},B_{va} ——怀来县各乡镇末期、初期的生态服务价值; C_{vb},C_{va} ——整个研究区研究末期、初期的生态服务总价值。如果一定区域内生态系统服务价值相对变化率 $V_v>1$,则表示该地区的生态系统服务价值变化较大,并强于其他地区。

3 结果与分析

3.1 各乡镇土地利用/覆被变化分析

3.1.1 变化幅度分析 1992 年、2002 年、2012 年土地

利用/覆被分布数据如图 1 所示,分析表明:研究区土地利用类型的破碎程度降低,水域与耕地面积明显降低,园地林地面积明显上升,且集中连片分布。1992—2012 年土地利用结构变化分析如图 2 所示,土地利用结构整体上呈现出“3 增 2 减”的趋势,即园地、林地、建设用地上面积增加,水域、耕地面积减少。1992—2012 年,20 年间园地净增加 5 645.7 hm²,增幅为 19.98%;林地净增 2 824.9 hm²,增幅为 5.66%;建设用地净增加 6 621.3 hm²,增幅为 90.79%;水域面积减少 3 671.1 hm²,减幅为 68.90%;耕地面积减少 7 412.5 hm²,减幅为 23.27%;未利用地 1992—2002 年有小幅升高,再到 2012 年有小幅降低,总体趋于平稳。

3.1.2 各土地类型变化强度分析 通过对怀来县 1992 年、2002 年、2012 年 3 期土地利用分类数据进行分析,并据此计算各乡镇土地利用类型变化强度。1992—2012 年怀来县土地利用/覆被变化明显,整体上呈现出水域、耕地减少,园地、林地、建设用地上升的趋势(表 4)。

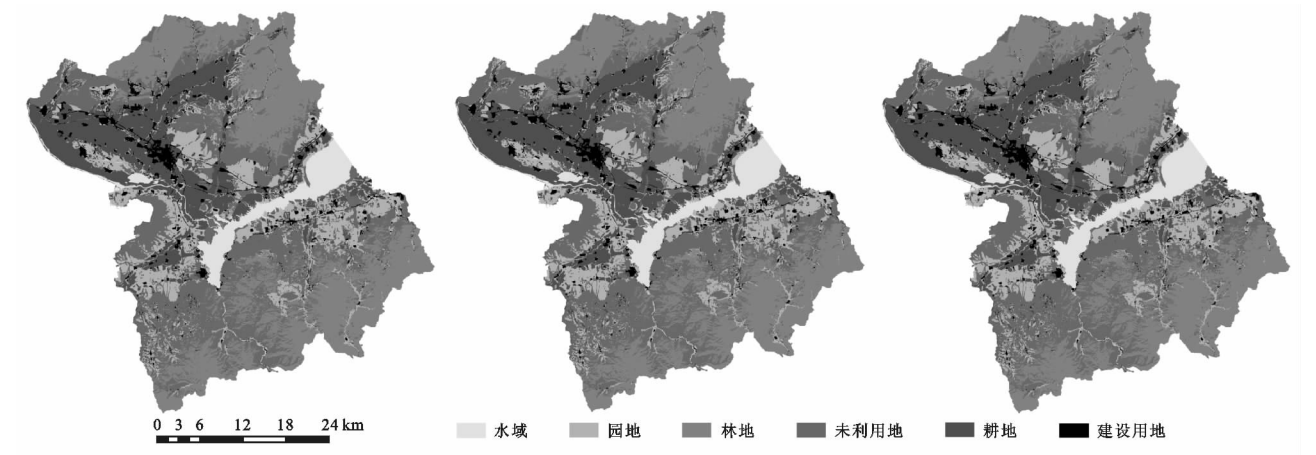


图 1 怀来县不同年份土地利用/覆被变化

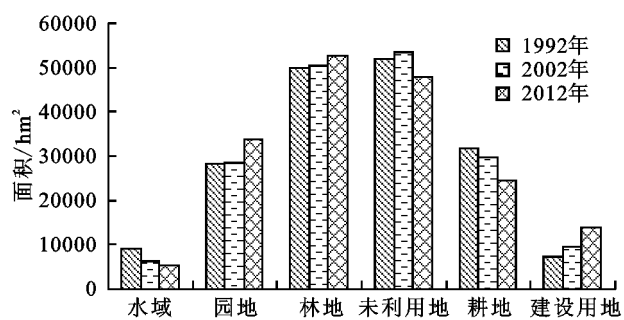


图 2 怀来县不同年份土地利用结构变化

(1) 水域:怀来县水域整体呈减少趋势。除东花园镇均处于减少状态,且 1992—2012 年变化较为平缓。东花园镇由于水库的大量开挖,以及灌排渠道

的修缮,使得 1992—2002 年、2002—2012 年均处于上升趋势。尤其是 2002—2012 年,东花园镇水域面积变化强烈,面积增加 114.2 hm²,变化强度指数为 0.45。由于人类的生产活动,不断地填河造地以种植、搞建设,使得水域面积不断减少。

(2) 园地:怀来县园地面积整体呈现上升趋势。近 20 年全县果园面积增加 5 645.73 hm²,变化强烈,并且各乡镇的园地面积都呈大面积的上升趋势,变化特别明显。怀来县先天的自然条件适合林果业的发展,怀来县作为全国的林果百强县,近 20 年大力发展林果业,导致园地面积不断快速的生长。

表 4 各乡镇 1992—2002 年、2002—2012 年土地利用变化率情况

乡镇	水域		园地		林地		未利用地		耕地		建设用地	
	1992—2002 年	2002—2012 年	1992—2002 年	2002—2012 年	1992—2002 年	2002—2012 年	1992—2002 年	2002—2012 年	1992—2002 年	2002—2012 年	1992—2002 年	2002—2012 年
鸡鸣驿乡	0.03	-0.03	-0.03	0.02	0.03	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.06	0.05
西八里镇	0.02	-0.07	-0.06	0.15	0.00	0.56	-0.01	0.01	0.00	-0.01	0.04	0.04
瑞云观乡	—	—	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.09	0.02	0.06
王家楼乡	—	—	0.09	0.04	0.00	0.01	0.00	-0.07	-0.03	-0.02	0.01	0.03
狼山乡	-0.05	-0.09	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.01	-0.04	0.10	0.08
沙城镇	0.00	-0.05	-0.06	0.04	-0.06	0.86	0.25	-0.10	-0.01	-0.01	0.04	0.03
桑园镇	0.02	-0.08	0.01	0.02	-0.07	0.02	0.00	0.01	-0.03	-0.08	0.01	0.02
新保安镇	0.00	-0.04	0.04	0.00	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.03	0.01
小南辛堡镇	-0.05	-0.06	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.71	-0.02	0.03	0.04	0.01	0.03
官厅镇	-0.03	-0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.10
孙庄子乡	-0.10	—	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.02
存瑞镇	—	—	0.06	0.04	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	0.02	0.04
大黄庄镇	-0.01	-0.04	0.01	0.05	—	—	0.04	0.72	0.00	-0.02	0.00	0.05
土木镇	-0.03	-0.03	0.00	-0.04	-0.01	0.01	-0.01	0.02	0.00	-0.01	0.10	0.09
北辛堡镇	—	—	-0.01	0.06	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.09	0.05	0.04
东花园镇	0.03	0.45	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.02	-0.03	0.05	0.08
东八里乡	0.00	-0.10	0.13	-0.03	0.00	0.40	0.00	0.00	-0.02	-0.09	0.04	0.02

(3) 林地:怀来县的林地面积整体呈上升趋势,尤其在 2002—2012 年,以西八里镇、沙城镇、东八里乡的林地变化最为明显;变化强度指数分别为:0.56, 0.86, 0.4;变化面积分别为:8.55, 18.52, 12.11 hm²。怀来县 2000 年以后加强了对于生态的建设,

退耕还林、建设生态防护林,使得林地的面积在 2002—2012 年 10 年间快速增长。

(4) 耕地:怀来县耕地面积整体呈下降趋势。瑞云观乡耕地面积在 2002—2012 年增加面积为 128.24 hm²,变化强度为 0.09;耕地面积降低的乡镇主要是桑园

镇、孙庄子乡、北辛堡镇、东八里乡,减少面积分别为:1 219.25,209.87,440.65,1 407.07 hm²,变化强度指数分别为:−0.08,−0.06,−0.09,−0.09。怀来县其他地类的增长主要来源于耕地,尤其是建设用地,进入 21 世纪以来,城镇化、工业化快速发展,耕地数量的保护显得越来越重要。

(5) 建设用地:怀来县建设用地面积呈现大面积增加的趋势,各乡镇的建设用地面积也是大面积快速增长,从 1990—2002 年,全县的建设用地面积增加 2 395.32 hm²,2002—2012 年增加 4 223.55 hm²。自进入 21 世纪以来,怀来县城镇化与工业化得到巨大的发展,建设用地面积也在不断的增长,并且变化强度较大。

综上所述,总体上耕地是主要的转出者,1992—2002 年共转出 2 082.46 hm²,2002—2012 年共转出 67 547.75 hm²。同时,随着社会经济、城市化和新型工业化的快速发展,非农建设用地需求量迅速增加,且趋势明显。

3.2 各乡镇土地利用/覆被变化引起的生态系统服务价值变化

土地利用变化引起的生态价值是指直接或间接的土地利用行为对陆地生态系统的影响作用,通过生态功能的量化进行表示。结合不同地类的生态系统服务价值,分析怀来县 1992—2012 年主要土地利用类型的生态系统服务价值的时空变化特征。

从表 5 可以看出,怀来县不同的土地利用类型所表现出来的生态系统服务价值规律也稍有不同,建设用地、水域、耕地在这两个时间段生态价值的动态度的绝对值远远高于生态总价值的动态度,说明 1992—2012 年建设用地对怀来县的生态价值有最大的负作用,水域与耕地所提供的生态价值呈递减趋势;林地、园地的生态价值的动态度变化也较明显,说明 1992—2012 年怀来县的林地、园地的生态价值也发生了巨大的变化;未利用地在 1992—2002 年的动态度大于生态总价值的动态度,2002—2012 年动态度绝对值远远大于总价值的动态度,说明未利用地在 这两个 10 年内发生了极大的变化。从整体上看,县域内生态系统服务总价值在最近的 20 年间变化明显,且呈降低的趋势。

基于 ArcGIS 9.3 软件平台的空间分析功能,将怀来县 1992—2002 年、2002—2012 年两个时间段内各乡镇的生态服务价值变化率数据与怀来县行政区进行叠加,采取自然断点法将叠加结果分为 4 类,得到 1992—2002 年、2002—2012 年两时间段的生态服务价值相对变化率空间分布图,相对变化率越大表明区域生态服务价值变化越大。

表 5 怀来县 1992—2012 年各土地利用类型的生态服务价值动态度 %

地类	1992—2002 年	2002—2012 年
水域	−2.4	−2.4
园地	0.8	0.8
林地	0.9	−0.5
未利用地	1.06	−4.5
耕地	0.0	−3.0
建设用地	4.3	3.1

如图 3 所示,存瑞镇、王家楼乡、桑园镇等处于北部或是东部的山地丘陵区,相对变化率最大,说明该些乡镇在 1992—2002 年生态系统服务价值发生剧烈的变化;狼山乡、沙城镇、官厅镇等处于中部地势较为平坦且生态环境水平较高的平原区,生态系统服务价值相对变化率最小,表明该区域生态系统服务价值变化较其他地区小。如图 4 所示,存瑞镇、西八里镇等山地丘陵区生态服务价值仍然发生较大的变化;处于平原区的孙庄子乡、官厅镇、小南辛堡等生态服务价值的变化明显比 1992—2002 年强;而处于低山丘陵区的王家楼、新保安等乡镇的生态服务价值的变化明显降低。

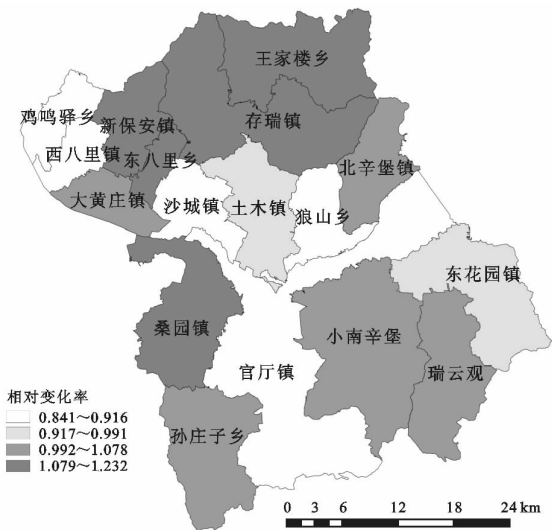


图 3 怀来县 1992—2002 年生态价值相对变化率空间分布

4 结论

(1) 1992—2012 年怀来县土地利用/覆被变化显著,土地利用整体呈现“三增两减”的趋势,即园地、林地、建设用地面积增加,分别增加 19.98%,5.66%,90.79%;水域、耕地面积减少,分别减少 68.90%,23.27%。结果表明:怀来县一系列生态保护工程的建设,导致林地面积不断增加;作为全国林果百强县,由于全县大力发展林果产业,导致园地面积不断增长;城镇化与经济发展的快速发展使得建设用地面积大幅上涨;耕地与水域作为主要的输出地类,在近 20 年内,由于经济发展、政策等原因,利用面积在不断减少。

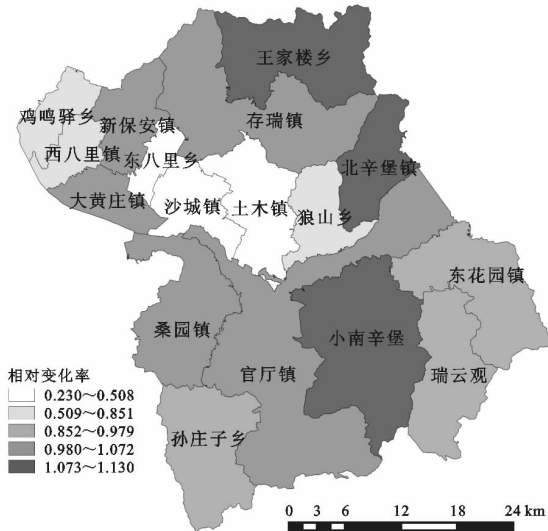


图4 怀来县2002—2012年生态价值相对变化率空间分布

(2) 本文在研究生态系统服务价值的基础上,引入功能性调整系数与边际性调整系数,构建生态系统服务价值的动态测算模型,分别计算怀来县1992年、2002年、2012年的生态系统服务价值,并引入动态度与相对变化率模型,研究怀来县以及各乡镇生态系统服务价值的时空变化特征。研究显示:1992—2012年全县生态系统服务价值呈下降趋势,系统内部各生态系统服务价值随时间、空间的变化表现出不同的时空分异特征。随着时间的推移,怀来县1992—2012年20年间,建设用地、耕地、水域的生态系统服务价值发生的变化最大,林地、园地的动态度均小于1,变化相对较低;从变化程度看,怀来县各乡镇的生态服务价值变化程度也较明显随着时间的推移分别形成了北部山地区、南部西山丘陵区2个变化明显的快速变化带。从空间分布特点来看,怀来县各乡镇生态系统服务价值量分异特征明显,主要特征为县北山地丘陵区、县南低山丘陵区分异特征明显,中部平原区相对较低。

(3) 本文基于遥感影像解译,只考虑县域内6种主要土地利用/覆被变化所引起的生态系统服务价值的变化,并且只考虑2个时间区段内特定3年的土地利用、覆被变化及生态系统服务价值的变化,没有考虑“渐变型”的土地利用/覆被变化以及生态系统服务每年的“渐变”情况,这会影响测算结果的精确性。本文对怀来县1992—2012年的生态系统服务价值进行静态测算,在下一步的工作中将充分考虑每年变化的渐变值,以期区域土地利用合理、可持续利用提供科学参考。

参考文献:

- [1] 揣小伟,黄贤金,郑泽庆,等.江苏省土地利用变化对陆地生态系统碳储量的影响[J].资源科学,2011,33(10):1932-1939.
- [2] 吴大千,刘建,贺同利,等.基于土地利用变化的黄河三角洲生态服务价值损益分析[J].农业工程学报,2009,25(8):256-261.
- [3] 周飞,陈士银,吴明发.土地利用结构变化及其生态服务功能响应:以广东省湛江市为例[J].安全与环境学报,2007,7(5):76-79.
- [4] 谢余初,巩杰,赵彩霞,等.干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应:以甘肃省金塔县为例[J].水土保持研究,2012,19(2):165-170.
- [5] 郭荣中,杨敏华.长株潭地区生态系统服务价值分析及趋势预测[J].农业工程学报,2014,30(5):238-246.
- [6] 彭文甫,周介铭,罗怀良,等.城市土地利用变化对生态系统服务价值损失估算:以成都市为例[J].水土保持研究,2011,18(4):43-52.
- [7] 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.
- [8] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem service and natural capital[J]. Nature,1997,387(6630):253-260.
- [9] 赵永华,张玲玲,王晓峰.陕西省生态系统服务价值评估及时空差异[J].应用生态学报,2011,22(10):1662-2672.
- [10] 闵捷,高魏,李晓云,等.武汉市土地利用与生态系统服务价值的时空变化分析[J].水土保持学报,2006,20(4):170-174.
- [11] 段瑞娟,郝晋珉,张洁瑕.北京区位土地利用与生态服务价值变化研究[J].农业工程学报,2006,22(9):21-28.
- [12] 曾杰,李江凤,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.
- [13] Limburg K E, O'Neill R V, Costanza R, et al. Complex systems and valuation[J]. Ecological Economics, 2002,41(3):409-420.
- [14] 蔡邦成,陆根法,宋莉娟,等.土地利用变化对昆山生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2009,29(9):3005-3010.
- [15] 欧阳志云,王效科.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.
- [16] 欧阳志云,郑华.生态系统服务的生态学机制研究进展[J].生态学报,2009,29(11):6183-6188.
- [17] 赵同谦,欧阳志云,王效科,等.中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].自然资源学报,2003,18(4):443-452.