

长武县土地利用/覆被演变规律及其影响下 生态服务价值变化研究

张志强^{1,2}, 陈鹏飞², 申维¹

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要:研究长武县近30年来的土地利用/覆被变化及其生态服务价值响应,明确人类活动对该区域环境的影响,有利于辅助政府制定合理土地利用政策,改善生态环境。在1990—2015年时段内,选择五个时间节点,从土地类型变化趋势、变化速率、转换关系及综合利用度等方面研究长武县土地利用/覆被演变规律,并在此基础上,结合长武县实际情况分析其生态服务价值的变化。结果表明:研究时段内耕地、草地等面积呈减少趋势,林地、园地、工矿用地、居民地等面积呈增加趋势;土地综合利用程度略有下降,土地利用处于调整时期;土地利用/覆被变化使长武县生态服务价值发生变化,其中林地生态服务价值增加62.33%,园地生态服务价值增加近8.5倍,耕地生态服务价值减少53.67%;长武县生态系统的气体调节、水源涵养、生物多样性保护指标等服务价值呈增加趋势,生态环境明显改善。

关键词:土地利用/覆被;生态服务价值;长武县

中图分类号:F301.24;X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0219-08

Study on Land Use/Cover Change and Its Impact on Ecosystem Services in Changwu County

ZHANG Zhiqiang^{1,2}, CHEN Pengfei², SHEN Wei¹

(1. College of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences,

Beijing 100083, China; 2. State Key Lab of Resources and Environment Information System,

Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Studying on land use/cover change and its impact on ecosystem services value in Changwu County can realize the influence of human activity on regional environment. For local government, it is helpful for making reasonable land use policies to improve the local ecological environment. Years of 1990, 2000, 2005, 2010 and 2015 were selected as five time points in Changwu County during past thirty years. The land use/cover data in these years were used to analyze the trend of land use/cover types change, the rate of land use/cover types change, the transition of land use/cover types and the land using degree. Based on above analysis, the changes of ecosystem services were investigated by considering actual condition in Changwu County. The results showed that cultivated land, forestland, orchard and grassland were the main land use/cover types in Changwu County; during the study periods, cultivated land and grassland expressed a decreasing trend, while forestland, orchard, industrial land, mining land, residential land showed an increasing trend. The comprehensive utilization index decreased, which means the land use was in a state of adjustment. The land use/cover change resulted in substantial change in ecosystem services, such as, forest ecosystem service increased 62.33%, orchard ecosystem service increased nearly 8.5 times than before, and cultivated land service decreased 53.67%. In summary, the ecosystem was improved in Changwu county with the respect to increasing services in gas regulation, water conservation, biodiversity, etc.

Keywords: land use and cover; ecosystem services; Changwu County

土地利用/覆被变化是全球环境变化的重要组成部分和造成全球环境变化的重要原因^[1-2]。它不仅影响人类生存与发展的自然基础,而且影响地球大气圈、水圈、生物圈的结构、功能和地球系统能量与物质循环^[3]。生态系统服务是指生态系统通过其自身的结构、功能及变化过程为人类生活提供必需品,保障人类生活品质^[4]。土地利用/覆被随时间变化必然会对生态系统的结构和功能产生影响^[5],进而改变生态系统提供的服务类型及其程度,决定生态系统的服务功能^[6]。因此,研究土地利用/覆被变化规律及其引起的生态系统服务价值变化具有重要意义。

黄土高原地区是中华文明的重要发祥地,但同时也因人类社会长期活动的影响,生态环境脆弱,水土流失严重,不仅导致当地土地资源的严重退化^[7],并且始终威胁着黄河下游的黄淮海地区的生态安全与社会经济可持续发展。长武县位于黄土高原的丘陵沟壑区,是退耕还林试验示范县,其经济发展模式在黄土高原中南部地区具有代表性。近三十年,由于受气候变化、国家土地政策、大规模生态环境建设和区域社会经济发展等多重自然与社会经济因素影响,长武县的生态系统与环境发生了巨大的变化。研究长武县土地利用/覆被变化规律及其生态服务价值变化,可明确人类活动对该区域环境的影响,为政府制定相应土地利用优化政策,改善生态环境,促进区域可持续发展提供参考。目前,还未有研究在这方面开展系统分析^[8-10],本研究拟结合遥感和地理信息系统技术,分析近 30 a 长武县土地利用/覆被变化规律,并在此基础上研究长武县不同类别生态系统服务价值的变化情况,对土地利用/覆被变化引起的生态环境变化进行定量分析评价。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

长武县总面积 567 km²,位于陕西省咸阳市西北部秦陇交界处,海拔在 847~1 274 m,属于黄土高原典型丘陵沟壑地貌。年均降雨量为 584 mm,年均气温为 9.1℃,属于暖温带半湿润大陆性季风气候区。土壤属于黑垆土,土层深厚,母质为中壤质马兰黄土^[11]。长武县内植被主要为人工林,主要包含油松、杨树、刺槐等,属于暖温带落叶阔叶林植被带^[10]。

1.2 土地利用/覆被分类体系

本研究的土地利用/覆被数据基于遥感影像目视解译获得。采用的分类体系见表 1。主要以国家土地资源分类系统^[12]为参考,为了进一步使分类体系体现人类活动的影响和黄土高原的特色,并与生态服

务价值研究相结合,在建立分类系统时,将园地增设为一级类,水域的二级类中去掉永久性冰川雪地和滩涂,工矿用地增设为一级类,包含工业用地和采矿用地,未利用地二级类中去掉戈壁。

表 1 本研究使用的分类体系

一级类	二级类
耕地	水田、旱地
林地	有林地、灌木林、疏林地、其他林地
园地	园地
草地	高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地、
水域	河流、湖泊、水库坑塘、滩地
居民地	城镇用地、农村居民点用地、其他建设用地
工矿用地	工业用地、采矿用地、
未利用地	沙地、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地

1.3 数据收集

在近 30 a 的时间尺度上,设置 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年 5 个时间节点。收集这些时间点的遥感数据、社会经济数据、土地利用/覆被验证样点数据。

1.3.1 遥感数据 参考已有研究,并结合长武县不同土地类型面积大小,使用 30 m 分辨率的 TM\OLI 等影像作为遥感数据源。根据土地利用/覆被解译的需要,结合影像云量和质量,研究共获取了 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年的夏、冬季影像 10 景。

1.3.2 社会经济数据 通过部门访谈、出版物查询等手段,获得长武县 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年、2014 年相关社会经济数据。2015 年社会经济数据还未出版,因此收集 2014 年数据以辅助研究。

1.3.3 土地利用/覆被验证样点 土地利用/覆被分类数据的准确性是研究其变化规律和分析相关生态服务价值问题的前提。根据解译结果,按照各地类面积和破碎度,随机布设验证样点。2015 年开展了长武县的实地考察,获得部分验证样点土地利用/覆被类型信息。对于实地难以抵达的样点,主要通过 Google 高分辨率影像来获得相关信息^[13]。最终,共获得地面验证样点 247 个,其中实地调查样点 52 个,Google 影像选点 195 个。

1.4 数据分析方法

首先,分析不同地类在影像上的特征,建立长武县土地利用/覆被分类解译标志库,并根据解译标志库对五期遥感影像进行目视解译;其次,结合地面验证样点对解译结果进行验证,采用 Kappa 系数等指标评价解译精度;然后,统计各年份各类土地数量,对比各年份各地类间的变化,通过计算土地利用动态度、土地利用程度指数、土地利用转移矩阵等指标,从趋势变化、速率变化、程度变化、空间变化四方面分析

长武县土地利用/覆被的时空动态变化规律。最后,在此基础上,结合生态系统服务价值计算模型,计算各时间段生态系统服务价值,定量评估和分析长武县土地利用/覆被变化引起的生态服务价值变化。其中,土地利用动态度、土地利用程度、土地利用转移矩阵、生态系统服务价值评价的计算方法如下:

(1) 土地利用动态度。单一土地利用动态度反映一定时间内某类土地利用类型的变化情况,参考王秀兰^[14]的计算方法,土地利用动态度计算如下:

$$K=\frac{U_j-U_i}{U_i}\times\frac{1}{T}\times100\%$$

(1)

式中: K 为研究时段内某类土地利用类型动态度; U_i 为研究初期某类土地利用类型数量; U_j 则为研究末期某类土地利用类型数量; T 为研究时长。时间单位为年,则 K 值为某土地利用类型年变化率。

表 2 土地利用程度分级

土地利用分级类型	未利用地	林、草、水用地	农业用地	城镇聚落用地
土地利用类型	未利用地	草地、林地、水域	园地、耕地	工矿用地、居民地
土地利用分级指数	1	2	3	4

土地利用程度指数公式:

$$L=100\times\sum_{i=1}^nA_i\times C_i$$

(3)

式中: L 表示土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 为第 i 级土地利用类型占总土地利用面积的比例; n 为土地利用程度分级数。

(4) 生态系统服务价值类指标。1997 年 Costanza 发表“全球生态系统服务价值和自然资本”^[4],明确了生态系统服务价值评估原理与方法^[19]。谢高地等在对国内生态学学者的问卷调查的基础上,对 Costanza 的生态服务价值评价模型进行修正,得出了符合我国实际情况的中国生态系统生态服务价值当量因子表和单位当量因子价值,并计算得到了中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值^[20-21]。在此基础上,国内学者对多地开展了生态系统服务价值变化研究。其中,多数市、县尺度的相关研究在计算生态系统各种服务价值时,基于对谢高地等的单位当量因子价值进行修正实现^[10,19,22-31],未对当量因子表进行修正。其当量因子表代表了全国平均水平,对于县域研究不够精确^[27]。因此,本研究不但对单位当量因子价值进行了修正(公式 4),而且采用徐丽芬等的“以农田为基准的地区修正”方法,对当量因子表进行县域尺度修正(公式 5、6)^[27-28]。另外,需要指出的是,不同修正方法计算得到的生态系统服务价值可能存在差别^[29],单一计算某一年份价值,参考与应用价值不大。研究长时间序列上生态系统服务价值特征的相对变化则能较为客观的反映研究区域生态系统服务价值变化,为生态

(2) 土地利用转移矩阵。土地利用转移矩阵表示某一时段内不同土地类型之间相互转换的数量关系^[15]。

$$B=\begin{bmatrix}B_{11}&\cdots &B_{1n}\\\vdots &\vdots &\vdots \\B_{n1}&\cdots &B_{nm}\end{bmatrix}$$

(2)

式中: B_{ij} 为某时段内第 i 类土地转变为第 j 类土地的面积; n 为研究区土地利用类型种类。

(3) 土地利用程度。土地利用程度反映土地自身的自然属性,也反映人类与自然环境因素对土地利用的综合作用^[16]。结合刘纪远^[17]的土地利用程度综合分析方法,按照表 2 对各土地利用类型进行分级并赋予分级指数。土地利用程度综合指数值域范围为 100~400,数值越大表示集约利用程度中的单一化程度越高,数值越小则表示区域内土地利用集约程度越低^[18]。

系统的管理、调控提供参考^[25]。本研究主要分析近 30 a 长武县土地利用/覆被变化引起的生态服务价值的相对变化。

由统计资料可知,长武县的主要粮食作物是玉米、小麦。在此分别采用 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年这两种作物的平均价格,以长武县这五个时间段它们的平均粮食产量为该区基准单产,以公式(4)计算生态系统单位当量因子的价值为 1 300.50 元。此外,根据公式(5)得到原生态服务价值当量因子表的修正系数为 0.88。这样,在根据已有研究^[19,24,26,29]把本研究划分出的每种土地利用类型与生态系统中最接近的类型联系起来后(其中,林地与森林对应;水域与水体对应;耕地与农田对应;未利用地与荒漠对应;草地不变;园地取森林与草地的平均值;城乡、工矿、居民地的生态系统服务功能经济价值不做计算),使用修正后的生态系统服务价值当量因子表与单位当量因子价值,确定长武县各种生态系统单位面积生态服务价值见表 3。为保证所得参数的合理性,参考前人研究,采用敏感性指数(公式 7)对修正后的长武县生态系统单位面积生态服务价值进行评价^[10,24-30]。生态系统服务总价值等的计算见(公式 8、9)所示。

① 单位当量因子价值

$$E_a=\frac{1}{7}\sum_{i=1}^n\frac{m_i p_i q_i}{M}$$

(i=1,⋯,n)

(4)

式中: E_a 为单位农田生态系统所提供的食物生产服务功能经济价值(元/hm²),即单位当量因子价值; i

为长武县作物种类; m_i 为*i*类粮食的面积(hm^2); p_i 为*i*类粮食的平均价格(元/kg); q_i 为*i*类粮食的单产(kg/hm^2); M 为粮食总面积; $\frac{1}{7}$ 为在无人力投入情况下自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 $\frac{1}{7}$ 。

② 当量因子表修正

$$\lambda=\frac{Q}{Q_0}$$

$$E_i=\lambda\times E_{0i}(i=1,2,\cdots,n)$$

式中: λ 为生态服务当量修正系数; Q,Q_0 分别为长武县、全国的农田单位面积粮食产量(kg/hm^2); E_i 为第*i*种土地利用类型修正后的生态服务价值当量; E_{0i} 为第*i*种土地利用类型全国平均生态服务价值当量,取自谢高地等的生态服务价值当量表^[21]。

③ 敏感性指数

将各类土地利用类型的单位面积生态服务价值分别加、减 50%,反映其变化对生态系统服务总价值的影响,用公式(6)计算。敏感性指数(CS) <1 表示

ESV 对 VC 是缺乏弹性的; $CS>1$ 表示 ESV 对 VC 是富有弹性的;

$$CS=\left|\frac{(ESV_k-ESV_j)/ESV_j}{(VC_{ki}-VC_{ji})/VC_{ji}}\right|$$

式中: CS 为敏感性指数; ESV_j 为单位面积生态服务价值调整前的生态服务总价值; ESV_k 为单位面积生态服务价值调整后的生态服务总价值; VC_{ji} 为调整前第*i*种土地利用类型的单位面积生态服务价值; VC_{ki} 为调整后第*i*种土地利用类型的单位面积生态服务价值。

④ 生态系统服务总价值

$$ESV=\sum(A_i\times VC_i)$$

式中: ESV 为生态系统服务总价值; A_i 为第*i*类土地利用类型的面积; VC_i 为单位面积第*i*类土地利用类型的生态系统服务价值。

⑤ 单项服务功能价值

$$ESV_f=\sum(A_i\times VC_{fi})$$

式中: ESV_f 为第*f*类生态系统服务功能的总价值; A_i 为第*i*类土地利用类型的面积; VC_{fi} 为单位面积*i*类土地类型在生态系统服务功能*f*上的价值。

表 3 长武县生态系统单位面积生态服务价值 元/ hm^2

功能类型	森林	园地	草地	耕地	水域	未利用地
气体调节	4951.95	3335.69	1719.43	825.33	584.61	68.78
气候调节	4665.38	3226.79	1788.21	1111.90	2361.35	149.02
水源涵养	4688.31	3215.33	1742.35	882.64	21515.78	80.24
土壤形成与保护	4608.07	3587.87	2567.68	1685.04	469.98	194.87
废物处理	1971.61	1742.35	1513.10	1593.34	17022.34	298.03
生物多样性保护指标	5169.75	3656.65	2143.55	1169.21	3931.76	458.51
食物生产	378.27	435.59	492.90	1146.29	607.53	22.93
原材料	3415.93	1914.30	412.66	447.05	401.20	45.85
娱乐文化	2384.27	1690.77	997.27	194.87	5089.51	275.11

2 结果与分析

2.1 土地利用/覆被变化规律及其驱动力分析

2.1.1 土地利用/覆被分类结果 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年土地利用/覆被遥感解译结果见图 1。由于本研究的时间跨度较长,无法对所有时间段分类结果采用地面验证点或高分辨率影像来验证。

考虑到研究采用建立解译标志库,基于标志库采用人工解译的方式来完成对五期影像分类,且所有工作由一人完成。因此,仅对 2015 年的数据进行验证,以代表所有时期影像的解译精度。基于验证点数据集对 2015 年的解译结果进行验证,结果表明土地利用/覆被总体分类精度为 86.64%,Kappa 系数为 85.36,达到土地利用/覆被变化分析所需的精度要求。

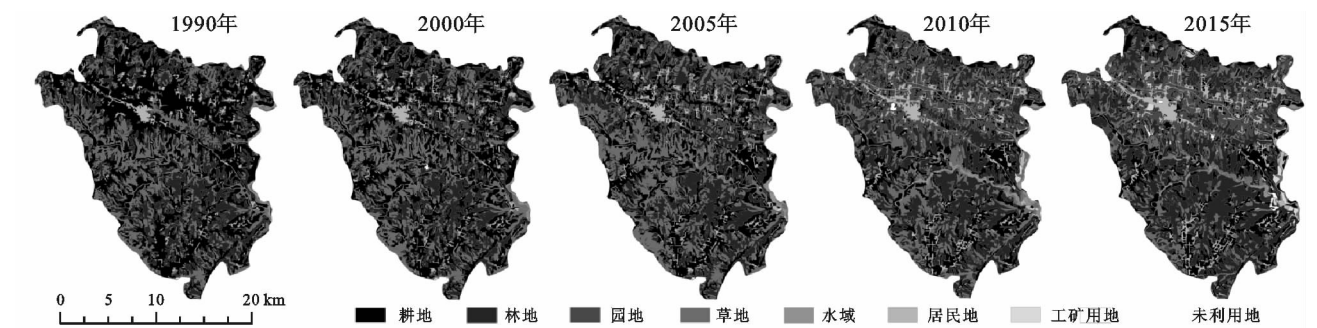


图 1 长武县土地利用/覆被变化

2.1.2 土地利用/覆被变化趋势分析 五个时期长武县土地利用/覆被各种地类面积见表 4。其中,耕地、林地、园地、草地、工矿用地、居民地表现出趋势性变化(图 2)。耕地面积不断减少,1990—2015 年共减少 154.39 km²;林地面积总体呈增加趋势,2000 年后面积不断增加,与 1990 年相比,2015 年有林地总面积增加 82 km²;草地面积先增加后减少,与 1990 年相比 2015 年草地面积减少 43.11 km²。耕地、林地、草地面积变化主要受生态环境治理影响,1999 年国家颁布《退耕还林工程规划》,将长武县评为退耕还林试验示范县,退耕还林工程使得有林地面积迅速增加,旱地面积不断减少,草地先期得到保护,2005 年后草地向林地转移,面积减少(见 2.1.4)。园地面积呈增加趋势,由 1990 年的 10.75 km² 增长至 2015 年的 91.26 km²,主要原因是园地经济效益相对较大,促使农民将粮食种植为主的旱地农作向园地转变。居民地面积不断增加,1990—2015 年共增加 27.27 km²,一方面是由于 2000 年国家面向 12 个省市自治区启动西部大开发战略,城市得以迅速发展,基础设施及住宅建设尤为突出^[32],长武县城镇用地、农村居民点面积不断增加;另一方面,长武县作为国家扶贫工作重点县之一,自 1998 年起开展移民搬迁工作,对仍居住于破旧窑洞、危房、漏房及滑坡险段的居民进行搬迁安置,危旧房未及时复垦加上搬迁群众的新建安置房,也使居民用地面积增加。工矿用地呈稳定增加趋势,主要受区域社会经济发展影响,长武县 5 个时期第二产业产值分别为 998 万元、6 597 万元、21 080 万元、140 360 万元、365 900 万元,其中 2005 年以后增速不断加快,工、矿业发展迅速,工业用地、采矿用地面积相应迅速增长。

表 4 长武县土地利用/覆被类型面积 km ²					
地类	1990 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
耕地	287.67	261.88	213.37	149.93	133.28
林地	131.55	127.15	146.00	183.66	213.55
园地	10.75	31.73	49.49	90.20	91.26
草地	104.03	107.33	113.49	83.17	60.92
水域	8.31	8.24	9.88	14.19	9.75
居民地	19.61	25.30	29.33	38.96	46.88
工矿用地	0.00	0.00	0.27	1.42	4.56
未利用地	0.08	0.37	0.16	0.48	1.81

2.1.3 土地利用变化速率分析 对表现出趋势性变化的几种地类进行动态度分析,结果见表 5。总体来说,耕地在 2000—2005 年、2005—2010 年两个时段内减少较快,年均变化率分别为-3.71%、-5.95%。

林地在 2000—2005 年,2005—2010 年,2010—2015 年三个时期年均增加率分别为 2.97%、5.16%、3.25%。园地面积在 1990—2000 年,2000—2005 年,2005—2010 年三个时期陡然增加,年均增加率分别达到 19.51%、11.19%、16.45%,2010 年后增速下降,2010—2015 年年均增加率为 0.24%。草地在 2000—2005 年增加较快,增加率为 1.15%。2005 年后减少较快,在 2005—2010 年,2010—2015 年两个时期,草地年均减少量在 5.35% 左右。此外,居民地面积稳定增加,年均变化率在 4% 左右;工采用地年均变化率较大,增速较快。

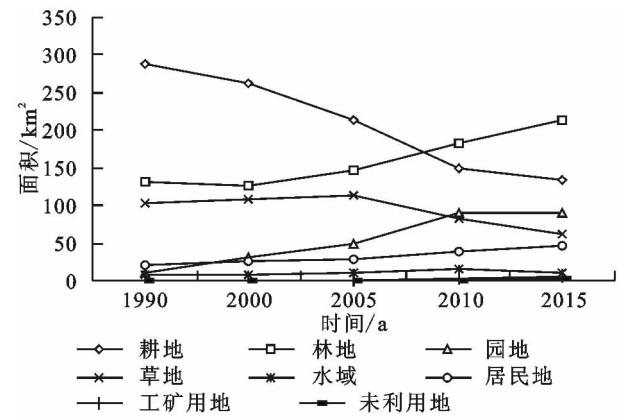


图 2 长武县土地利用/覆被类型变化趋势

表 5 长武县土地利用动态度 %				
地类	1990—2000 年	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2015 年
耕地	-0.90	-3.71	-5.95	-2.22
林地	-0.33	2.97	5.16	3.25
园地	19.51	11.19	16.45	0.24
草地	0.32	1.15	-5.34	-5.35
居民地	2.90	3.19	6.56	4.06
工矿用地	0.00	0.00	85.95	44.22

2.1.4 土地利用转换关系分析 利用土地利用转移矩阵,结合 ArcGIS 空间分析功能,得到各时期各土地利用类型间的转换关系。1990—2000 年园地、居民地面积增加,主要由耕地转化而来。林地面积减少,主要流向草地、耕地。2000—2005 年耕地面积减少,主要转变为林地、园地、草地、居民地。2005—2010 年耕地面积减少,流向林地、园地、居民地,其中向园地转移面积达到 48.66 km²。工矿用地面积小幅增加,以占用耕地为主。2010—2015 年各地类间转移减少,主要是草地向林地转移,转移面积为 34.03 km²。工矿用地面积增加,主要由耕地转移而来。总体来说,通过转移矩阵可看出研究时段内各土地类型大致转移方向为:耕地面积不断减少,主要流向林地、园地、草地以及居民地;草地面积减少,向林地转移;

工矿用地面积小幅增加,多由耕地转换而来。

2.1.5 土地利用总体程度分析 1990—2015 年各时期土地利用程度综合指数见表 6。研究时间段内,土地利用程度综合指数总体略有下降,但变化不大。结合各时期土地利用/覆被数据可以看出,1990—2015 年,园地、工矿用地及居民地面积有所增加,增大了土地利用集约化程度,但退耕还林工程的实施,导致耕地的大面积减少,林地面积的不断增长,又降低了土地利用程度。它们共同作用的结果导致了长武县土地利用程度总体变化不大,整个县的土地利用处于调整期。

表 6 1990—2015 年长武县土地利用综合程度指数

项目	1990 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
土地利用程度	260.06	261.18	257.28	257.01	257.94
综合指数					

2.2 生态系统服务价值分析

2.2.1 生态服务价值系数敏感分析 对本研究修正后计算得到的各种土地类型的单位面积生态服务价值进行敏感度分析,结果见表 7。从表中可以看出,将长武县土地利用类型的单位面积生态服务价值分别上下调整 50%,不同时段内各土地利用类型的敏感性指数均小于 1,表明长武县各土地利用类型的单位面积生态服务价值的变化未对生态服务总价值产生较大影响,本文修正计算的单位面积生态服务价值相对长武县而言是合适的,研究结果可信。

2.2.2 生态服务价值变化分析 长武县生态服务价值变化主要由土地利用/覆被变化引起。根据表 8 可以看出,1990—2015 年长武县生态系统服务总价值不断增加,由 1990 年 89 143.03 万元增加至 2015 年 114 963.92

万元,增加了 25 820.90 万元,变化率达到 28.97%。长武县的生态服务价值主要体现在气候调节、气体调节、水源涵养、土壤形成与保护、生物多样性保护及废物处理等几方面。各时期它们占总生态服务价值的比例在 81%~83%。由图 3 可看出各单项生态服务功能价值变化趋势,1990—2015 年气候调节、气体调节、水源涵养、土壤形成与保护、娱乐文化、废物处理、原材料及生物多样性保护指标、呈上升趋势,上升比例分别为 33.84%,42.76%,36.61%,21.19%,49.89%,1.53%,53.97%,34.45%;食物生产呈下降趋势,下降比例为 29.79%。其中,气体调节、气候调节、水源涵养、生物多样性保护指标指示了研究区的生态环境状况,它们的升高说明研究区生态环境明显改善,生态服务功能结构不断优化,有利用生态环境的健康发展^[31]。

表 7 长武县生态系统单位面积生态服务价值敏感性分析

土地利用类型	VC 上下调整	1990 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
林地	VC _i +50%					
	VC _i -50%	0.48	0.45	0.48	0.53	0.60
园地	VC _i +50%					
	VC _i -50%	0.03	0.08	0.12	0.18	0.18
草地	VC _i +50%					
	VC _i -50%	0.16	0.16	0.15	0.10	0.07
耕地	VC _i +50%					
	VC _i -50%	0.29	0.26	0.20	0.12	0.10
水域	VC _i +50%					
	VC _i -50%	0.05	0.05	0.05	0.07	0.04
未利用地	VC _i +50%					
	VC _i -50%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 8 1990—2015 年长武县各单项生态服务价值

单项生态服务价值	1990 年		2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
	生态服务	占总价值	生态服务	占总价值	生态服务	占总价值	生态服务	占总价值	生态服务	占总价值
	价值/万元	比例/%	价值/万元	比例/%	价值/万元	比例/%	价值/万元	比例/%	价值/万元	比例/%
气体调节	11084.76	12.43	11410.14	12.60	12651.22	12.91	14854.10	13.28	15824.59	13.76
气候调节	11739.63	13.17	11982.25	13.23	13044.16	13.31	14968.86	13.38	15711.86	13.67
水源涵养	12652.36	14.19	12936.50	14.28	14423.72	14.72	17335.53	15.50	17284.00	15.03
土壤形成与保护	14005.67	15.71	14205.83	15.68	15059.89	15.37	16428.84	14.69	16974.07	14.76
废物处理	10352.95	11.61	10260.47	11.33	10540.72	10.76	11256.08	10.06	10511.57	9.14
生物多样性保护指标	13114.63	14.71	13422.02	14.82	14674.60	14.98	16888.62	15.10	17632.83	15.34
食物生产	4405.24	4.94	4200.33	4.64	3833.18	3.91	3302.54	2.95	3093.06	2.69
原材料	6448.31	7.23	6597.68	7.28	7396.74	7.55	9070.89	8.11	9928.78	8.64
娱乐文化	5339.47	5.99	5569.27	6.15	6368.99	6.50	7748.82	6.93	8003.18	6.96
合计	89143.03	100.00	90584.49	100.00	97993.21	100.00	111854.27	100.00	114963.92	100.00

2.2.3 土地利用变化对生态服务价值影响分析 土地利用/覆被变化对生态服务总价值的影响见表 9。

1990—2015 年,林地生态服务价值显著增加,年均增加 1 057.18 万元,最终比 1990 年增加 62.33%。这主要由 1999 年后实施退耕还林生态工程,林地面积不断增加引起。园地生态服务价值不断增加,由 1990 年 2 452.47 万元增加至 2015 年的 20 812.21 万元,增长约 8.5 倍,年变化率达到 29.94%。由于耕地面积逐年减少,耕地生态服务价值逐年降低,2000—2010 年时段内减少最多,最终 2015 年比 1990 年减少 53.67%。从不同土地类型对生态服务总价值的贡献率来看,林地对生态服务总价值的贡献率最大,在长武县生态服务中起重要作用,1990 年贡献率为 47.57%,2000 年稍有下降,之后所占比重不断增加,2010 年超过 50%,2015 年达到 59.87%;园地对生态服务价值的贡献率不断增长,由 1990 年 2.75%增

加至 2015 年 18.10%,增长近 15.00%;耕地的生态服务价值贡献率不断下降,由 29.22%降至 10.50%。

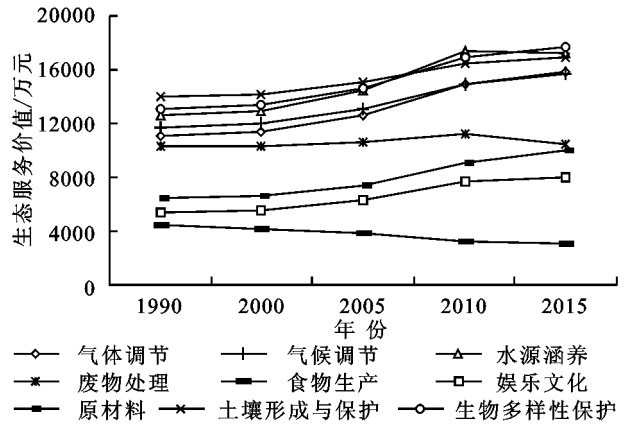


图 3 长武县各单项生态服务价值变化趋势

表 9 1990—2015 年长武县生态服务价值

单项生态 服务价值	1990 年		2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
	生态服务 价值/万元	占总价值 比例/%	生态服务 价值/万元	占总价值 比例/%	生态服务 价值/万元	占总价值 比例/%	生态服务 价值/万元	占总价值 比例/%	生态服务 价值/万元	占总价值 比例/%
林地	42404.08	47.57	40984.30	45.24	47062.20	48.03	59199.10	52.93	68833.54	59.87
园地	2452.47	2.75	7237.19	7.99	11286.69	11.52	20570.18	18.39	20812.20	18.10
草地	13916.87	15.61	14357.42	15.85	15182.04	15.49	11125.66	9.95	8149.00	7.09
耕地	26050.23	29.22	23715.40	26.18	19321.98	19.72	13577.60	12.14	12069.73	10.50
水域	4318.04	4.84	4284.22	4.73	5137.69	5.24	7374.08	6.59	5070.68	4.41
未利用地	1.33	0.00	5.95	0.01	2.61	0.00	7.65	0.01	28.78	0.03

1990—2015 年土地利用/覆被变化对各单项生态服务功能价值变化的影响见表 10 所示。在各土地利用类型面积变化引起的单项生态服务价值变化中气体调节服务价值增加最大,增加值为 4 739.83 万元,年均变化为 189.59 万元。其中,林地、园地面积增加分别带来 4 060.29 万元、2 685.44 万元生态服务价值增长,耕地面积减少带来 1 274.17 万元负增长,其他地类变化影响不大。气候调节功能价值近三十年间增加 3 972.22 万元,年均变化 158.89 万元,对气候调节功能价值变化起决定作用的仍是林地、园地、耕地三个土地类型,其中林地、园地面积变化使该项生态服务价值分别增加 3 825.32 万元、2 597.77 万元,耕地面积变化使该项生态服务价值减少 1 716.59 万元。水域生态系统对水源涵养功能的单位面积服务价值最高,但其面积变化较小,只提供了 311.51 万元增量,林地、园地该生态服务功能仅次于水域,两者分别使该服务功能增加了 3 844.11 万元、2 588.54 万元,耕地该项生态服务功能相对较弱,但其变化使生态服务价值减少 1 362.66 万元,最终水源涵养功能价值增加 4 631.63 万元。土壤形成与保护功能价值随地类面积变化净增加 2 968.40 万元,年均变化 118.74 万元,林地、园地面积增加使其价值增加 6 666.78 万元,草地、耕地

面积减少使其价值减少 3 708.55 万元,水域、未利用地影响较小。废物处理是各单项生态服务功能价值变化最小的,增加 158.62 万元,年均变化 6.34 万元,各土地类型对该项功能的单位面积价值较为接近,主要受耕地、林地面积变化影响。生物多样性保护功能加强,其服务价值净增加 4 518.20 万元,林地、水域生态系统对生物多样性保护起重要作用,其中林地面积变化使该项功能价值增加 4 238.86 万元,水域面积变化较小,仅使其增加 56.92 万元。食物生产是各单项生态服务功能价值中唯一减少的,共减少 1 312.18 万元,耕地生态系统对该功能服务价值起决定性作用,耕地面积减少使其价值损失 1 769.68 万元。原材料功能服务价值中,林地、园地面积增加带来 4 341.97 万元服务价值增加,草地、耕地面积减少损失 868.11 万元,水域、未利用地变化影响较小。娱乐文化功能价值增加 2 663.71 万元,年均变化 106.55 万元,水域生态系统所提供娱乐文化功能最强,但是面积变化较小,对该功能价值变化影响较小,林地、园地面积变化仍对该服务功能价值起决定作用。总体来说,长武县各单项生态服务价值变化主要受耕地、林地、园地面积变化影响,除食物生产功能外,土地利用/覆被变化使长武县其他单项生态服务价值增加。

表 10 土地利用/覆被变化下长武县单项生态服务功能价值变化情况

万元

功能类型	林地	园地	草地	耕地	水域	未利用地	合计	年均变化
气体调节	4060.29	2685.44	−741.37	−1274.17	8.46	1.18	4739.83	189.59
气候调节	3825.32	2597.77	−771.03	−1716.59	34.19	2.57	3972.22	158.89
水源涵养	3844.11	2588.54	−751.26	−1362.66	311.51	1.38	4631.63	185.27
土壤形成与保护	3778.32	2888.46	−1107.12	−2601.44	6.80	3.36	2968.40	118.74
废物处理	1616.60	1402.70	−652.41	−2459.86	246.45	5.13	158.62	6.34
生物多样性保护指标	4238.86	2943.83	−924.24	−1805.08	56.92	7.90	4518.20	180.73
食物生产	310.16	350.68	−212.53	−1769.68	8.80	0.39	−1312.18	−52.49
原材料	2800.85	1541.13	−177.93	−690.18	5.81	0.79	3480.47	139.22
娱乐文化	1954.95	1361.18	−430.00	−300.85	73.69	4.74	2663.71	106.55

3 结 论

(1) 长武县土地利用/覆被以耕地、林地、园地、草地为主。研究时段内耕地、草地等面积呈减少趋势,园地、林地、工矿用地、居民地等面积呈增加趋势。(2) 国家政策、区域经济发展是导致长武县土地利用/覆被变化的重要原因,它们综合作用的结果是:耕地向草地、林地、园地、居民地流动;草地向林地流动;工矿用地面积增加。(3) 土地利用/覆被变化对长武县生态系统服务价值产生根本影响,长武县生态系统服务总价值不断增加,其中耕地、草地生态系统服务价值减少,园地、林地、水域及未利用地生态系统服务价值均增加。各类单项生态系统服务功能价值变化主要受耕地、林地、园地等土地利用类型面积变化影响,其中仅食物生产生态服务价值降低,气候调节、气体调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、原材料、娱乐文化及生物多样性保护指标生态服务价值均增加。总体来说,长武县土地利用/覆被变化使其生态服务价值不断增加,生态环境得到保护,整体向健康方向发展。

参考文献:

[1] Turner B L, Skole D, Sanderson S. Land Use and Land Cover Change[J]. Ambio, 1995, 21(1):122-122.

[2] Zhao Y, Liu Z G, Xu L. Changes of landscape pattern and its influence on environment in Dongling District, Shenyang City, China [J]. Environmental Sciences, 1998,8(4):466-473.

[3] 陈佑启,杨鹏. 国际上土地利用/覆盖变化研究进展[J]. 经济地理,2001,21(1):95-96.

[4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Nature, 1997,386:253-259.

[5] Nunes C, Auge J I. Land use and land cover change, Implementation Strategy [R]. IGBP Report No. 48/IHDP Report No. 10. Stochkholm;IGBP,1999.

[6] Turner B L, Skole D, Sanderson S. Land use and Land cover change: Science/Research Plan[R]. IGBP Report No. 35/HDP Report No. 7. Stockholm;IGBP,1995.

[7] 周德成,赵淑清,朱超. 退耕还林工程对黄土高原土地利用/覆被变化的影响:以陕西省安塞县为例[J]. 自然资源学报,2011,26(11):1866-1878.

[8] 韩书成,谢永生,濮励杰. 黄土高原沟壑区小流域土地利用特征变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(4):73-77.

[9] 杨勇,任志远. 基于 GIS 的关中地区土地利用/覆盖变化对比研究[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(5):40-45.

[10] 边亮,胡志斌,宋伟东. 陕西省长武县土地利用变化的生态环境效应评价[J]. 生态学杂志,2009,28(9):1743-1748.

[11] 武阿锋,刘文兆. 长武塬区不同土地利用条件下土壤水分深剖面分布特征比较[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):134-136.

[12] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.

[13] 宋富强,康慕谊,郑壮丽,等. 陕北黄土高原地区土地利用/覆被分类及验证[J]. 农业工程学报,2011,27(3):316-324.

[14] 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,1999,1(1):81-87.

[15] 李小雁,许何也,马育军,等. 青海湖流域土地利用/覆被变化研究[J]. 自然资源学报,2008,23(2):285-296.

[16] 李传哲,于福亮,刘佳,等. 近 20 年来黑河干流中游地区土地利用/覆被变化驱动力[J]. 自然资源学报,2011,26(3):354-363.

[17] 刘纪远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京:科学出版社,1992.

[18] 马小雪,卞子浩,李娜,等. 秦淮河流域 1980—2010 年土地利用变化及驱动机制[J]. 水土保持通报,2015,35(6):273-276.

[19] 王科明,石惠春,周伟,等. 干旱地区土地利用结构变化与生态服务价值的关系研究:以酒泉市为例[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(3):124-128.

[20] 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.

- years in traditional cultivated regions of China [J]. *Global and Planetary Change*, 2015, 128: 90-102.
- [6] 王恒俊, 雍绍萍. 东新村土地资源调查[J]. *水土保持研究*, 1999, 6(1): 20-24.
- [7] 杨俊, 单灵芝, 席建超, 等. 南四湖湿地土地利用格局演变与生态效应[J]. *资源科学*, 2014, 36(4): 0856-0864.
- [8] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用空间格局优化模拟及预测[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(8): 976-986.
- [9] 任晓华, 魏二虎, 李军, 等. 湖北省土地资源遥感调查与评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2002, 11(5): 433-436.
- [10] Hao H M, Ren Z Y. Land use/Land cover change (LUCC) and eco-environment response to LUCC in farming-pastoral zone, China[J]. *Agricultural Science in China*, 2009, 8(1): 91-97.
- [11] Zhang Q Q, Xu H L, Fu J Y, et al. Spatial analysis of land use and land cover changes in recent 30 years in Manas River Basin[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2012, 12: 906-916.
- [12] 沈正平, 韩雪. 江苏海岸带可持续发展初探[J]. *人文地理*, 2007, 98(6): 47-51.
- [13] 王玉, 贾晓波, 张文光, 等. 江苏海岸带土地利用变化及驱动力分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(S1): 7-12.
- [14] 车冰清, 朱传耿, 孟召宜, 等. 江苏经济社会协调发展过程、格局及机制[J]. *地理研究*, 2012, 31(5): 908-921.
- [15] 侯西勇, 徐新良. 21 世纪初中国海岸带土地利用空间格局特征[J]. *地理研究*, 2011, 30(8): 1370-1379.
- [16] 许艳, 濮励杰. 江苏海岸带滩涂围垦去土地利用类型变化研究[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(4): 643-652.
- [17] 宁立新, 马兰, 周云凯, 等. 基于 PSR 模型的江苏海岸带生态系统健康时空变化研究[J]. *中国环境科学*, 2016, 36(2): 534-543.
- [18] 唐得昊, 邹欣庆, 刘兴健. 海岸带生态系统健康评价中质和生物多样性的差异: 以江苏海岸带为例[J]. *生态学报*, 2013, 33(4): 1240-1250.
- [19] 张晓祥, 严长清, 徐盼, 等. 近代以来江苏沿海滩涂围垦历史演变研究[J]. *地理学报*, 2013, 68(11): 1549-1558.
- [20] 许燕, 濮励杰. 江苏海岸带滩涂围垦区土地利用类型变化研究: 以江苏省如东县为例[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(4): 643-652.
- [21] 贺强, 崔宝山, 赵欣胜, 等. 水盐梯度下黄河三角洲湿地植被空间分异规律的定量分析[J]. *湿地科学*, 2007, 5(3): 209-214.
- [22] 王永丽, 于君宝, 董洪芳, 等. 黄河三角洲滨海湿地的景观格局空间演变分析[J]. *地理科学*, 2012, 32(6): 718-724.
- [23] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 3-16.
- [24] 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.
- [25] 徐丽芬, 许学工, 罗涛, 等. 基于土地利用的生态系统服务价值当量修订方法[J]. *地理研究*, 2012, 31(10): 1775-1784.
- [26] 石磊, 王如松, 黄锦楼, 等. 中国陆地生态系统服务功能的时空变化分析[J]. *科学通报*, 2012, 57(9): 720-731.
- [27] 韩叶伟, 刘兆刚, 赵军, 等. 基于 RS 与 GIS 的典型黑土区土地利用变化分析: 以海伦市为例[J]. *地理科学*, 2010, 30(3): 428-434.
- [28] 范学忠, 袁琳, 戴晓燕, 等. 海岸带综合管理及其研究进展[J]. *生态学报*, 2010, 30(10): 2756-2765.

(上接第 226 页)

- [21] 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.
- [22] 魏文. 基于生态服务价值的农牧交错区土地利用变化对环境影响的评价: 以内蒙古太仆寺旗为例[J]. *草地科学*, 2014, 22(2): 249-254.
- [23] 王友生, 余新晓, 贺康宁, 等. 基于土地利用变化的怀柔水库流域生态服务价值研究[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 246-251.
- [24] 蒋晶, 田光进. 1988—2005 年北京生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. *资源科学*, 2010, 32(7): 1407-1416.
- [25] 向悟生, 李先琨, 丁涛, 等. 土地利用变化对漓江流域生态服务价值影响[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(6): 46-50.
- [26] 赵晴, 赵旭阳, 刘征. 石家庄市土地利用变化及其生态服务功能响应[J]. *水土保持通报*, 2015, 35(3): 242-249.
- [27] 徐丽芬, 许学工, 罗涛, 等. 基于土地利用的生态系统服务价值当量修订方法[J]. *地理研究*, 2012, 31(10): 1775-1784.
- [28] 刘小玲. 神木县土地利用现状变化对生态系统服务价值的影响[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- [29] 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.
- [30] 陈忠升, 陈亚宁, 李卫红, 等. 基于生态服务价值的伊利河谷土地利用变化环境影响评价[J]. *中国沙漠*, 2010, 30(4): 870-877.
- [31] 封建民, 郭玲霞. 神木县土地利用格局和生态服务价值变化[J]. *水土保持通报*, 2014, 34(6): 1-7.
- [32] 杨军军, 高小红, 吴国良, 等. 基于遥感与 GIS 的县域土地利用/覆被变化研究: 以青海省湟中县为例[J]. *遥感技术与应用*, 2011, 26(5): 561-568.