

豫西山区土地利用变化对生态服务价值的影响

陈万旭, 李江风, 姜卫, 朱丽君, 熊锦惠

(中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074)

摘要:利用豫西山区栾川县2005年、2010年、2014年3期Landsat TM影像,运用监督分类与人机交互解译的方法提取2005—2014年的土地利用变化数据,并以谢高地等制定的中国陆地生态系统服务价值当量表为基础,结合栾川县实际情况,对生态系统服务价值当量表进行了修正,估算了栾川县14个乡镇土地利用变化对生态系统服务价值的影响及其变化情况。结果表明:(1)研究期间栾川县的耕地、林地、草地变化不显著,建设用地面积呈现不断增加趋势,水域面积则表现出先增加后减小的态势;(2)2005—2010年栾川县生态服务价值大幅度增加,到2014年生态服务价值总额则降低至2005年水平;(3)各地类生态服务总价值敏感系数均小于1,由大到小排序为林地、水域、草地、耕地,林地对生态系统服务价值的贡献率最高,耕地最低,生态服务价值对生态服务功能指数缺乏弹性,研究结果是可信的。

关键词:生态系统服务;评估体系;当量表修正;土地利用变化;栾川县

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)01-0376-06

Impacts of Land Use Change on Ecosystem Service Values Based on RS and GIS in Western Mountainous Area of He'nan Province

CHEN Wanxu, LI Jiangfeng, JIANG Wei, ZHU Lijun, XIONG Jinhui

(School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Landsat TM images of three periods containing years of 2005, 2010 and 2014 in the western mountainous area of Luanchuan county were used to extract the land use change data by using supervised classification and man-computer interactive interpretation method. Based on the scale of Chinese land ecosystem service value put forward by Xie Gaodi, in combination with the practical situation of Luanchuan County, we revised the equivalent table of ecosystem service values and calculated the effects of land use change of 14 towns in Luanchuan County on ecosystem service value and the changes. The results showed that: (1) during the period of study, the changes of cultivated land, forest land and grassland areas of Luanchuan County were not significant, the construction land area showed the increasing trend, and water area increased first and then decreased; (2) the ecological service value of Luanchuan County increased dramatically from 2005 to 2010, it went back down to the level of 2005 in 2014; (3) every sensitivity coefficient of land ecological service value was less than 1; the sensitivity coefficient decreased in the order: forestland > water area > grassland > farmland, and the contribution of woodland to ecosystem service value was the highest, while the contribution rate of farmland was the lowest. Ecological service value was lack of elasticity to ecosystem service function indexes, and the results were credible.

Keywords: ecosystem services; evaluation system; equivalent table correcting; land use change; Luanchuan County

土地为人类提供了生产、生活和生态空间,人类对土地的开发利用必然导致土地利用覆被变化,引起生态系统结构和功能的退化。土地利用与生态系统服务实质上是互相影响又互相制约的一对矛盾统一

体,土地是各种陆地生态系统的载体,生态系统类型在土地利用中表现为土地利用类型。当前人类土地利用活动已经造成了土地资源的严重污染和破坏,生态系统的严重退化,土地不合理利用产生的问题已经

收稿日期:2017-02-06

修回日期:2017-03-12

资助项目:中国地质调查局地质调查项目(12120115051101);中国地质大学(武汉)公共管理学院学生科技创新活动孵化基金(Y20161007)

第一作者:陈万旭(1989—),男,河南信阳人,博士生,主要研究方向为资源环境、区域经济。E-mail:cugcwx@sina.com

通信作者:李江风(1957—),男,湖北武汉人,教授,博士生导师,主要研究方向为土地利用规划、国土资源调查评价及地质公园规划。E-mail:jfli0524@163.com

成为威胁人类自身的发展重大问题之一。2015年联合国(UN)发布的题为《新的征程和行动一面向2030》(Transforming our world by 2030: A new agenda for global action)的报告中明确提出保护陆地生态系统,防治沙漠化和土地退化,保护生物多样性的目标。在目前海量的生态环境课题开展过程中,土地各项指标的变动引起生态系统服务价值变动程度的研究是最有代表性的研究热点之一。

国外较早关注到了生态服务价值问题,1997年Costanza等^[1]从效用价值理论和均衡价值理论出发,制订了全球生态系统服务价值当量因子表,同年Daily^[2]在其标志性著作《Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystem》中详细描述了生态系统服务价值的评估纲要;国内对于生态服务价值的研究主要集中于当量因子的修正以及对生态服务价值的评价,如欧阳志云等^[3]对中国陆地生态系统服务功能以及生态经济价值进行评价,探讨了生态服务功能与可持续发展研究的关系。谢高地等^[4-5]于2007年及2015年在Costanza全球范围的研究结论上,结合我国现实条件,通过多次修正,分别得出了2007版及2015版的中国生态系统服务价值当量因子表,同时也有部分学者采用植被覆盖度指数(Normalized Difference Vegetation Index)、气候因子、社会经济发展因子等对生态服务价值进行修正^[6]。另外有大量研究集中于生态服务价值的影响因素,其中关于土地利用变化对生态服务价值影响的研究最为常见^[7-8]。就研究尺度而言,主要集中于全球、国家、省域、市域和县域尺度,部分以自然地貌为研究单位,可以发现以往研究都是基于大尺度的研究单元,很少以乡镇行政区为研究单元,因此以往研究的生态服务价值当量因子表不一定适合对乡镇生态服务价值的研究,需要结合乡镇实际情况进行修正。

在梳理国内外研究的基础上,选取粮食产量、生物量、社会经济及降雨量四个因子对生态服务价值当量因子进行修正。通过对栾川县土地变化进行多角度分析,探索土地变化对生态服务价值的调节情况。为生态服务价值评估的微观研究提供案例,同时为栾川县国土空间规划、土地节约集约利用以及可持续发展提供理论支持。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

栾川县位于豫西山区,地理坐标为东经111°12′—112°02′,北纬33°39′—34°11′。属于典型的深山区贫困县,北有熊耳山,南有伏牛山,中部有熊耳山分支遇

岭,三条山脉纵贯全境,将全县分割为南北两大沟川。地势西南高而东北低,地貌起伏跌宕,形成中山、低山和河谷三种类型的地势。海拔在1 000 m以上的区域占行政区面积49.40%,基本地貌为“四河三山两道川,九山半水半分田”。栾川县位于豫西多金属成矿带中心地区,矿产资源丰富,已探明钼金属储量206.90万吨,位居亚洲第一,世界第三,有“中国钼都”之称,矿产资源开发对于土地利用格局变化及生态服务功能影响显著。栾川县经济发展受到矿业经济影响较为明显,2008年以后地区生产总值呈现连续下降趋势,第二产业增加值同比减少17.30%,第三产业增加值同比增加12.10%。栾川县经济结构较为单一,对工业的依赖程度过高,第三产业有待发展。

1.2 数据来源

本文土地数据来源于栾川县2005年、2010年、2014年Landsat TM遥感影像,利用ENVI 5.0对遥感影像进行大气校正,几何校正,然后采用监督分类对遥感影像进行解译。社会经济数据来源于2006年、2011年、2015年的《栾川县统计年鉴》、《洛阳市统计年鉴》和《中国统计年鉴》,降雨量数据来源于中国水资源公报。

2 研究方法

2.1 信息熵、均衡度、优势度

本文通过对信息熵、均衡度、优势度这三个指标来测度土地结构变化^[9]。信息熵是用来度量土地结构中的无序性以及不确定性。熵值越大,土地越趋于多样化使用,无序性越高,结构越稳定,发展越全面。信息熵公式如下:

$$P_i = \frac{A_i}{A} \quad H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

式中: H 为信息熵; P_i 为*i*种土地类型面积占总的土地面积的百分比; A_i 是*i*种土地类型的面积大小; A 是土地总面积。

均衡度是衡量区域用地均质性的一个重要指标。均衡度愈小,则用地结构越不均衡,均衡度愈大,表明用地结构是最理想的均衡状态。均衡度公式如下:

$$J = H/H_m = - \frac{\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i}{\ln n}$$

式中: J 为均衡度,是实际熵值与极大熵值之比。

优势度表示研究区内某种用地类型支配该区域用地结构的程度。优势度公式如下:

$$I = 1 - J$$

式中: I 为优势度; J 为均衡度。

2.2 土地利用动态度

土地利用动态度是定量研究一片区域土地利用变化速度的指标,可衡量区域土地利用变化的差异与

预测未来土地利用变化发展的趋势^[10]。土地利用动态度公式如下：

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a\cdot T}\times 100\%$$

式中：K 为 T 时间段内某一土地利用类型的动态度；U_b 和 U_a 分别表示研究期末与研究期初某一土地利用类型面积；T 为研究时长，单位为年。

2.3 土地利用程度综合分析法

土地利用程度指人类通过对土地的开发、整理、规划等一系列土地经济活动，为获取经济价值的活动，在广度和深度上对土地加以利用的程度，土地利用综合指数计算公式如下：

$$L=100\times\sum_{i=1}^n(A_i\times C_i)$$

式中：L 为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 级土地利用程度的面积占总面积比例；n 为土地利用程度分级数，参考王思远等人研究，将土地利用类型分为四级^[10]。

2.4 当量因子修正

基于谢高地等在 2015 年提出的我国生态系统服务价值当量表^[4]，结合研究区粮食产量、单位面积 NPP、社会经济因子以及降水量对生态服务价值当量因子进一步修订，具体公式及算法在后文详细叙述。

2.5 敏感性分析

在探讨生态服务价值依赖于生态服务功能价值的程度时，通常采用弹性系数来度量，弹性系数能准确的检验当量因子设定的合理性与否。本文在计算每种土地类型的敏感性指数时，仅对其类型的当量因子调整

50%，从而得到生态服务总价值的变化，然后根据计算公式得到某一地类的敏感性指数^[11]。计算公式如下：

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

式中：CS 为敏感指数；ESV_i、ESV_j 分别为某一地类调整前后生态服务总价值，其中其余类型的生态服务总价值不变。VC_{ik}、VC_{jk} 分别表示 K 类土地类型调整前后的服务功能价值系数。如果 CS>1，表明生态服务价值对价值系数敏感；反之，如果 CS<1，表明生态服务价值对价值系数不敏感。CS 绝对值越大，说明相应的 VC 对 ESV 的影响越大，取值的准确性越重要。

3 结果与分析

3.1 栾川县土地利用变化

3.1.1 土地利用分类 本文将栾川县用地划分为六大类，分别为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地，各地类面积见表 1。其中栾川县林地面积比重大，达到 80% 以上，耕地和建设用地面积占比相对较少，水域面积占比最少，主要是因为栾川县境内山地较多，土壤贫瘠，对林地保护力度较大。栾川县耕地、林地、草地在 2005—2014 年并无过大变化；受降雨量影响，2005—2010 年栾川县水域面积有所增加，2010—2014 年明显减少。当地国土部门数据显示城市建设所占用的土地主要来源于对未利用地的开发与整理。2005—2010 年建设用地增加了 18.5%，而 2010—2014 年建设用地仅增加了 12.5%，建设用地面积增加得到有效控制，因为栾川县山区较多，开发难度较大，作为旅游城市，政府对城市扩张有着严格的控制。

表 1 栾川县各土地利用类型面积 hm²

年份	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005	16860.00	205079.30	6880.68	1707.21	7852.32	9536.37
2010	17179.00	204388.20	6865.74	2256.80	9304.75	7921.40
2014	17000.00	204475.70	6849.72	1537.80	10464.65	7588.00

3.1.2 土地利用结构变化 根据信息熵、均衡度、优势度的公式分别计算 2005 年、2010 年、2014 年栾川县土地利用的结构指数，计算结果如表 2 所示。栾川县 2005 年信息熵较小，均衡度较小，优势度较大，土地利用结构有序化较为严重，林地占比过大，有着明显的支配优势。自 2005 年开始，均衡度有明显的增长，土地利用趋于多样化，土地利用结构更加均衡。2010—2014 年整体变化较小，表明在此期间不存在明显的土地偏向利用，政府比较重视土地的均衡发展。

表 2 栾川县土地利用结构指数

年份	信息熵	均衡度	优势度
2005	0.708	0.395	0.605
2010	0.719	0.402	0.598
2014	0.714	0.398	0.602

3.1.3 土地利用数量变化 2005—2010 年耕地略微增加，来源于土地的整理以及荒地的开发，建设用地面积变化较大，林地、草地略有下降，水域面积有明显增加，未利用地变化幅度达到 4.20%。2010—2014 年，耕地面积略有下降，主要由于城市建设扩张、矿业开发占用耕地；林地面积增多是由于当地政府大力扶持林业，呼吁群众植树造林，2010 年全年造林 0.12 万 hm²，2013 年全年造林 0.21 万 hm²，所以林地面积始终居高不下；草地、水域以及未利用地都有不同程度的减少。

3.1.4 土地利用程度变化 研究期间土地利用程度整体呈增加趋势，2005—2010 年栾川县土地利用程度波动率为 0.009 3，土地利用程度逐渐提高，主要是

由于人口的增加,经济的发展以及政府对土地整理和集约利用的重视。同时由于栾川县地处山区,林地较多,旅游资源丰富,土地利用结构良好,城镇建

设控制良好,并且严格实行了耕地占补平衡,2010—2014 年间土地利用变化率为 0.004 7,小于 2005—2010 年间变化程度。

表 3 栾川县土地利用动态度

时间段	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2005—2010	0.004730	−0.000840	−0.00054	0.080481	0.046242	−0.04234
2010—2014	−0.002600	0.000107	−0.00058	−0.079650	0.031164	−0.01052

表 4 栾川县土地利用程度指数及变化率

年份	土地利用程度指数	变化率
2005	209.2887	0.0093
2010	211.2405	
2014	212.2385	0.0047

3.2 栾川县生态服务价值

3.2.1 生态系统服务价值模型当量因子修正

(1) 粮食产量的修正参照徐丽芬等^[12]对当量表进行修正。具体计算公式如下:

$$E_i = \lambda E_0 \quad \lambda = \frac{Q}{Q_0} \quad Q = \frac{S}{M}$$

式中:Q 为栾川县 2005—2014 年各年单位面积粮食产量;S 为栾川县粮食产量年平均值;M 为年平均耕地面积,λ 为当量因子修正系数;Q₀ 为全国年平均单位面积粮食产量;E_i 为 i 类土地利用类型修正后的当量因子;E₀ 为谢高地等确定的同类土地利用类型当量因子。

(2) 生物量因子的修正。生物量通常用 NPP 来衡量,对比栾川县与全国单位面积的森林、草地生态系统的 NPP 的基础上,得出因子修正系数。依据栾川县农田的生物量因子对修正系数做出调整,获取栾川县森林与草地生态系统的生物量因子调整系数。计算公式为:

$$B_i = \frac{b_i/b_{j0}}{B_f}$$

式中:B_i 为栾川县 i 类生态系统的生物量因子调整系数;b_{j0} 为栾川县单位面积 i 类生态系统的一年的 NPP (g/m²);b_i 为全国单位面积 i 类生态系统年平均 NPP。B_f 为栾川县农田生物量因子调整系数。其中栾川县农田生物量因子及调整系数参照谢高地等^[13],森林生态系统的生物量因子及调整系数参照赵同谦等^[14],草地生态系统的生物量因子及调整系数参照张美玲等^[15],其他生态系统的生物量随着地域的变迁,生物量并不会出现明显的差异,所以本文不对其他生态系统做出修正。

(3) 社会经济因子的修正。支付意愿计算公式如下:

$$P = \frac{2}{(1 + ae^{-bm})}$$

式中:P 为支付意愿参数,当 P 越大时,表示支付意愿越大,反之越小。m 为社会发展系数,m 愈大,表明社会发展越完善,水平愈高。为简化计算,这里将

a, b 设为 1。社会发展系数通常用恩格尔系数来进行度量。m 值的计算公式如下:

$$P_P = \frac{P_L}{P_Q} \quad En_t = En_{tc} \cdot P_c + En_{tr} \cdot P_r \quad m = \frac{1}{En_t} - 2.5$$

式中:En_t 代表研究区第 t 年的总恩格尔系数;En_{tc}, En_{tr} 分别表示城镇和农村第 t 年恩格尔系数;P_c, P_r 分别表示城镇和农村第 t 年人口比例比重;P_p 表示支付意愿系数 P_L, P_Q 分别表示栾川县和全国的支付能力参数。

根据联合国粮农组织对恩格尔系数的划分标准,0.59 以上为绝对贫困;0.50~0.59 为勉强度日;0.40~0.49 为小康;0.20~0.39 为富裕生活;0.20 以下为绝对富裕。以小康与富裕阶段的过渡点作为支付意愿集聚上升的拐点,因此恩格尔系数为 0.4 作为支付意愿曲线拐点。

支付能力价值系数修正。计算公式如下:

$$R_t = \frac{GDP_{it}/S_{it}}{GDP_{qt}/S_{qt}} \\ R_t = \frac{GDP_{it}/S_{it}}{GDP_{qt}/S_{qt}}$$

式中:R_t 是支付能力系数;GDP_{it}, GDP_{qt} 分别表示栾川县和全国第 t 年的国内生产总值;S_{it}, S_{qt} 分别表示的是栾川县和全国的人口总数。

(4) 降雨量的修正。通过栾川县单位面积降雨量与全国单位面积降雨量的对比,得到降雨量修正系数^[14,16]。计算公式如下:

$$R_i = \frac{W_{il}}{W_{iq}}$$

式中:R_i 是 i 年降雨量修正系数;W_{il} 是栾川县 i 年单位面积降雨量;W_{iq} 是全国 i 年单位面积降雨量。

3.2.2 生态系统服务价值计算 结合栾川县修正后的生态服务价值当量表,将生态系统产值去掉成本后的净利润作为该生态系统所供给的生产价值,并且将单位面积农田生态系统产出粮食的净利润设为 1 个标准当量因子的生态系统服务价值量,其他生态系统的服务价值以此为参照标准。在没有人力投入的条件下,自然生态系统提供的经济价值是目前单位面积农田所产生的食物生产服务价值的 1/7。

$$E = \frac{1}{7} \frac{P \cdot Q}{M}$$

式中:E 为农田生态系统单位面积所提供食物生产服

务的经济价值; P 为栾川县粮食作物的平均价格,本文主要研究用地变更对生态服务价值的影响,为消除市场波动等其他因素干扰,计算中令 2010 年粮食价格不变。 Q 为栾川县粮食总产量, M 为栾川县粮食种植总面积。

通过上式,计算得到一个标准当量因子的经济价值为 1 384.94 元,结合栾川县单位面积生态系统服务价值表和栾川县土地利用类型面积,对栾川县生态服务价值进行测度,由于未利用地与建设用地生态服务价值为 0 甚至为负数,本文不予讨论。根据下列公式可得到栾川县生态系统服务总价值。

$$ESV = \sum_{i=1}^n VC_{ik} \cdot A_k$$

式中:ESV 表示生态系统服务总价值; VC_{ik} 为 k 类土地利用类型 i 种生态功能的生态价值; A_k 为 k 类土地利用类型面积。

4 土地利用变化对生态系统服务价值的影响分析

4.1 土地利用变化前后对生态服务价值的影响

表 5 中计算结果显示林地、草地、水域的生态服务功能较强,而耕地较弱,荒漠与建设用地次之。栾川县生态服务价值呈现先增加后减小的变化趋势,2005—2010 年耕地、林地、草地、水域的生态服务价值整体呈上升趋势,且林地生态服务功能增长幅度较大,而未利用地生态服务功能呈现减少趋势。2010—2014 年间,栾川县生态服务价值大幅度减少,主要原因是 2010 年栾川县降雨量远超全国年均降雨量,极大地提高了各生态系统的生态服务功能,2014 年降雨量大幅度减少,远低于全国降雨量平均水平,同时水域面积大幅减少,而水域的单位面积生态服务功能较强,其生态服务价值的变化对整个生态系统的生态服务价值有较大的影响。草地、耕地被建设用地占用而减少,导致生态服务价值总体降低幅度较大。栾川县应结合当地实际情况,在资源环境开发利用的同时,保持生

态系统服务功能的稳定和区域的可持续发展。

表 5 栾川县生态系统服务总价值 万元

年份	耕地	林地	草地	水域
2005	4472.40	142654.50	7419.50	14160.90
2010	20204.40	629800.50	32779.80	82817.70
2014	6264.60	198885.20	10320.90	17801.10

4.2 以乡镇为单位各区域生态系统服务价值的分布

栾川县生态服务价值总量呈现先增加后减小的变化趋势,从 2000 年的 168 707.3 元增加到 2010 年 765 602.40 元,到 2014 年降低至 233271.80 元。栾川县各乡镇生态服务价值时空分布见图 1,可以看出栾川县生态服务价值较高的地区主要集中于东部三个乡镇,分别是潭头镇、合峪镇和庙子乡,而城关镇以及周边栾川乡等人口分布较为集中的乡镇,生态服务价值明显较低。2005—2010 年,栾川县生态服务价值总体呈现增加趋势,秋扒乡和潭头镇却表现出显著的降低态势。生态服务价值增加值在各乡镇分布较为均匀,其他乡镇未出现大面积等级上升的情况,说明在栾川县全面提高生态服务功能时,区域内土地利用向生态服务价值低的方向改变,例如林地变为耕地甚至未利用地以及矿产开发对生态环境造成破坏等情况。2010—2014 年栾川生态服务价值变化普遍下降,下降值分布较为均匀,未有明显等级改变。

4.3 生态敏感性分析

从整体上看,所有地类生态服务总价值敏感系数均小于 1,证明研究区生态系统服务价值系数的变化是缺乏弹性的,评估的生态服务价值是可信的。从敏感性系数排序来看(表 6),林地>水域>草地>耕地,林地对生态系统服务价值的贡献率最高,耕地最低。耕地、林地、草地在 2005—2010 年生态敏感性指数有所降低,到 2014 年又有所增加,说明这三种地类对生态服务总价值的贡献是先减小后增加的。只有水域敏感系数在 2005—2010 年上升到 0.108,而在 2010—2014 年下降到 0.076,可见水域对生态服务总价值的贡献在 2005—2014 年总体趋势是先增加后下降的。

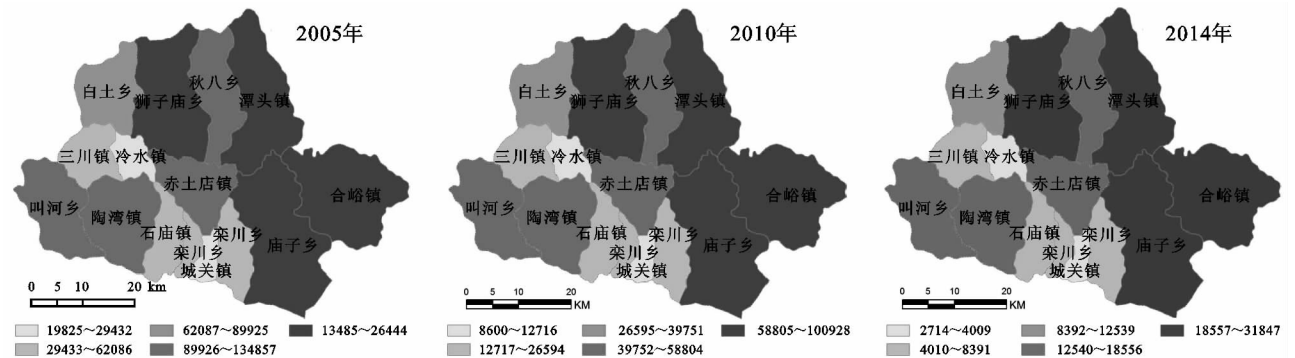


图 1 栾川县各乡镇生态服务价值时空分布

表 6 栾川县当量因子对生态服务总价值敏感系数

年份	耕地	林地	草地	水域
2005	0.027	0.846	0.044	0.084
2010	0.026	0.823	0.043	0.108
2014	0.027	0.853	0.044	0.076
敏感性系数排序	4	1	3	2

5 结论

(1) 研究期间栾川县城市建设用地面积总体上升,耕地面积和水域面积下降,林地占比居高不下。未利用地的开发整治有利于土地的经济价值和生态服务价值的提高。建设用地的扩张和矿产资源的开发利用在一定程度上对土地质量造成破坏,降低了土地生态系统的服务功能,大量的植树造林对生态服务价值的保持有重要作用;

(2) 栾川县林地面积占比 80% 以上,林地对栾川县生态服务价值贡献度较高,2005 年、2010 年、2014 年全年总的生态服务价值中林地占比依次为 84.6%, 82.3%, 85.3%。研究期间栾川县的水域面积先增加后降低,栾川县水文调节的功能服务价值也呈现先增加后减小趋势,草地和耕地对生态服务价值贡献度相对较低。

(3) 各地类生态服务总价值敏感系数均小于 1,表明生态服务价值系数是缺乏弹性的,评估的生态服务价值是可信的;各地类从敏感性系数排序由大到小分别是林地、水域、草地、耕地;

根据研究结果提出如下建议:扩大植树造林面积,提高森林覆盖率;加大绿色矿山建设,治理岩石裸露地区,对矿山企业的开矿面积、开采过后的复垦工作、尾矿处理和水土污染应该制定严格的规定和措施,制定矿产资源开发利用正面负面清单,确定开发治理准入机制;加大水土流失治理资金投入力度,防止由于地形破碎、土质疏松、暴雨集中以及矿产开采、土地资源的不合理开发等人为因素导致水土流失问题;大力实施“工矿兴县,旅游强县,生态立县”三大战略,形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式和生活方式,努力实现经济社会与生态环境的全面协调与可持续发展。

栾川县地处豫西山区,自然条件较为复杂,社会经济条件相对落后,若采用谢高地所定生态服务价值当量表来计算栾川县生态服务价值,会与实际产生较大偏差,根据实际情况进行校正后,更能体现栾川县生态服务功能实际变动情况。但是由于生态服务功

能的复杂性、空间异质性问题,对当量因子的修正只能在一定程度上反应区域实际情况,还有很多影响因素需要考虑,比如市场价格对生态服务价值当量表的影响等问题仍然是今后研究的重点方向。

参考文献:

[1] Costanza R, Darge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997(387):253-260.

[2] Daily G C. Nature's service;social dependence on natural eco-systems [M]. Washington D C: Island Press, 1997.

[3] 欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635-640.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 陈彧,李江风,徐佳.基于 GWR 的湖北省社会经济因素对生态服务价值的影响[J].中国土地科学.2015,29(6):89-96.

[7] 赵敏敏,周立华,王思源,等.生态政策对库布齐沙漠土地利用格局及生态系统服务价值的影响[J].水土保持研究,2017,24(2):252-258.

[8] 丁偕楠,王玉梅.近 40 年烟台市海岸线及近岸土地利用变化与生态服务价值效应分析[J].水土保持研究,2017,24(1):322-327.

[9] 周子英,段建南,梁春风.长沙市土地利用结构信息熵时空变化研究[J].经济地理,2012,32(4):124-129.

[10] 王思远,刘纪远,张增祥,等.中国土地利用时空特征分析[J].地理学报,2001,56(6):631-639.

[11] 周文霞,石培基,王永男,等.河谷型城市生态系统服务价值效应:以兰州为例[J].干旱区研究,2017,34(1):232-241.

[12] 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:以渤海湾沿岸为例[J].地理研究,2012,31(10):1775-1784.

[13] 谢高地,肖玉.农田生态系统服务及其价值的研究进展[J].中国生态农业学报,2013,21(6):645-651.

[14] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等.中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J].自然资源学报,2004,19(4):480-491.

[15] 张美玲,蒋文兰,陈全功,等.基于 CSCS 改进 CASA 模型的中国草地净初级生产力模拟[J].中国沙漠,2014,34(4):1150-1160.

[16] 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.