

基于土地利用数据集的三江源地区 生态系统服务价值变化

陈春阳^{1,2}, 戴君虎¹, 王焕炯^{1,2}, 刘亚辰³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127)

摘 要:本文采用千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)的理论框架, 结合市场价值法、影子工程法、机会成本法等方法, 以土地利用变化数据、社会经济调查资料为数据源, 对三江源地区1985、1996、2000、2008年生态系统服务价值进行了评估, 评估的生态系统服务类型包括食物生产、调节气候、净化空气、水源涵养、控制侵蚀、废弃物降解、营养物质循环7项。结果表明: 三江源地区1985、1996、2000、2008年生态系统服务总价值分别达到602.94亿元、601.58亿元、603.60亿元、669.90亿元, 整体呈现先降低后增加的趋势。其中, 调节气候、涵养水源的价值占据较大比例。三江源地区的生态系统服务所蕴含的巨大经济价值将对维持该地区生态平衡、保障区域可持续发展发挥重要作用。

关 键 词:生态系统服务; 价值评估; 三江源地区

1 引言

生态系统服务是指人类从各种生态系统中获得的所有惠益, 包括供给服务(提供食物、水等)、调节服务(控制洪水和疾病等)、文化服务(精神、娱乐和文化效益), 以及支持服务(维持地球生命生存环境的养分循环等)^[1]。正确认识生态系统服务的价值, 有利于增强人类的环保意识, 从而为制定合理的区域开发政策提供基础, 进而实现人类社会的可持续发展。

自20世纪90年代起, 国内外陆续展开了针对全球^[2-4]、全国^[5-7]以及中小尺度^[8-10]的生态系统服务价值评估研究, 在生态系统服务评估的理论框架、方法及应用等方面均取得了显著进展, 其中以Costanza^[2]和联合国千年生态系统评估工作组^[1]的研究最为突出。在全球尺度, Costanza等^[2]分析了生态系统服务价值评估的经济学原理, 对全球生态系统价值做出了初步估计。在中国, 谢高地等^[10]的研究具有代表性。他参考上述研究, 综合了中国

200位专业人士的生态问卷调查结果, 建立了中国不同陆地生态系统生态服务价值基准单价表, 形成了通过调整生态系统服务价值当量因子表来评估生态系统服务价值的方法。这类估算方法适用于全国尺度, 在应用于中小尺度研究时, 由于其较少考虑生态系统本身的结构功能变化所带来的影响, 评估结果存在较大的不确定性。本文的研究区——三江源地区在空间范围上属于中小尺度, 当量因子的方法并不十分适用。因此本文选用市场价值法、影子工程法、机会成本法等方法对研究区进行生态系统服务价值评估。

三江源地区在中国的生物多样性保护、水资源供给等方面都具有重要的生态地位。但该区的生态系统极为脆弱, 微小的环境变化可能造成严重的后果, 所以对该地区的生态系统服务价值进行全面合理的评估具有紧迫性和必要性。考虑到土地利用变化对生态系统结构和功能的显著影响^[11], 本研究重点评估了在土地利用变化背景下, 三江源地区的生态系统服务价值变化情况, 揭示了1985、1996、

收稿日期: 2012-01; 修订日期: 2012-05.

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2009BAC61B05); 国家重大科学研究计划项目(2012CB955304); 国家自然科学基金项目(41171043)。

作者简介: 陈春阳(1988-), 女, 湖北襄阳人, 硕士研究生, 主要从事全球变化研究。E-mail: chency.10s@igsnrr.ac.cn

通讯作者: 戴君虎(1968-), 男, 陕西蓝田人, 副研究员, 主要从事物候学、植物地理学和气候变化影响研究。

E-mail: daijh@igsnrr.ac.cn

2000、2008年的生态系统服务价值变化特征,以期为该区域的生态保护政策制定提供科学依据。

2 研究区概况

三江源地区位于青海省南部,地理位置介于31°39′~36°12′ N、89°45′~102°23′ E之间,行政区域涉及玉树、果洛、海南、黄南4个西藏自治区的16个县和格尔木市的唐古拉乡,总面积超过了30万km²^[12](图1)。三江源地区自然地理环境独特,地形复杂多样,生物多样性丰富。植被的水平分布和垂直分布带谱十分明显,自东南向西北依次为山地森林、高寒灌丛草甸、高寒草原、沼泽植被,垫状植被镶嵌于高寒草甸和高寒荒漠之间。三江源地区属于典型的高原大陆性气候,特征表现为冷热两季交替、干旱两季分明、年温差小、日温差大、日照时间长、辐射强烈。全年平均气温通常在-5.6~-3.8℃之间,降水量高度集中,雨热同期,年平均降水量介于262.2~772.8 mm之间,6-9月的降水量约占全年降水量的75%。

三江源地区作为长江、黄河、澜沧江的发源地,是中国最为重要的生态功能区之一,也是中国生态系统最为敏感的地区之一。近几十年来,由于受自然因素和人类活动的双重影响,三江源地区的生态环境日趋恶化,对该区的经济发展和人民生活造成了一定的负面影响。因此,定量评估三江源整

体及区域内不同时期、不同生态系统类型基于生态系统服务的经济价值,具有重要的理论意义和实践价值。

3 资料与方法

3.1 研究资料

本文的土地利用资料来源于青海省1985、1996、2000、2008年1:10万土地利用数据集^[13],该数据集由中国科学院资源环境科学数据中心提供。该土地利用数据集基于Landsat MSS、TM和ETM遥感图像,主要通过全国各地的相关专家根据对图像光谱、纹理、色调等的认识结合地形图目视解译而成,经野外实地考察验证,精度达到95%。

另外,在价值评估过程中用到的社会经济数据主要来源于统计年鉴^[14]、政府公报^[15];自然生态系统的相关参数如净初级生产力(Net Primary Productivity, NPP)等主要参考前人相关研究成果。

3.2 评估内容及方法

本研究依据青海省1985、1996、2000及2008年1:10万土地利用数据集^[13],识别出6种土地利用类型(其中林地、草地包含若干二级类型)(表1),采用Costanza等^[2]的生态系统服务价值计算公式,通过计算研究区单位面积生态系统服务价值,对总价值进行评估:

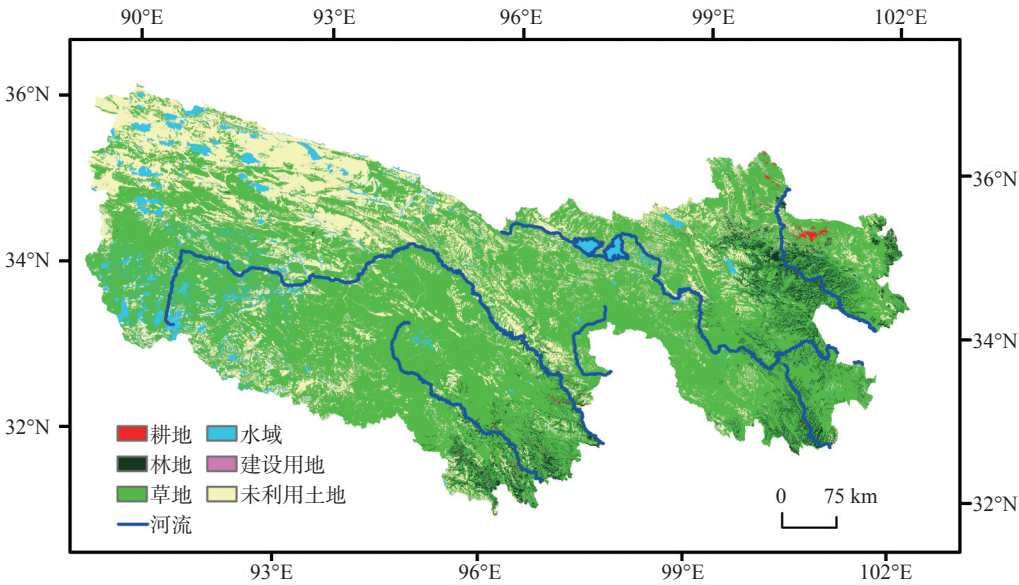


图1 2000年三江源地区土地利用类型空间分布图

Fig.1 Spatial distribution of land-use types of the Sanjiangyuan Region in 2000

表 1 三江源地区土地利用类型面积统计(hm²)

Tab.1 Statistics of areas of different land-use types in the Sanjiangyuan Region					
土地利用类型		1985 年	1996 年	2000 年	2008 年
耕地		75568	76778	82228	90314
林地	有林地	119708	104574	120105	150515
	灌木林	1107169	1046022	1103485	1466495
	疏林地	195149	120358	197909	35506
草地	高覆盖度草地	1797726	1152675	1795797	8708602
	中覆盖度草地	8649875	8287715	8693252	4945280
	低覆盖度草地	13567708	16068505	13515377	9373867
水域		1687410	1522849	1676269	2233559
建设用地		7290	7433	7951	6550
未利用土地		7999017	6819711	8014245	8195930

$$V=\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^mP_{ij}\times A_i\tag{1}$$

式中： V 为研究区生态系统服务总价值(元)； P_{ij} 为单位面积上土地利用类型 i 的 j 种生态系统服务价值(元/(hm²·a))； A_i 为研究区域内土地利用类型 i 的面积(hm²)。

生态系统服务可分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 大类^[1]。本次评价选取供给服务中的食物生产,调节服务中的气候调节、空气净化、水源涵养、控制侵蚀、废弃物降解、支持服务中的营养物质循环作为评价指标。而文化服务中的相关内容由于难以衡量,这次评价未予考虑。为了便于比较,评估中采用的价格均为 2000 年不变价。

具体评估内容及方法如下：

(1) 供给服务

供给服务包括人们从生态系统中获得的各种产品,如食物和纤维、燃料、药用资源等。这部分主要考虑食物生产的价值。耕地、林地、草地、水域的有机物生产主要体现在各类农作物、木材、牧草及渔业产品的产量上。其单位面积价值可通过以下的公式计算：

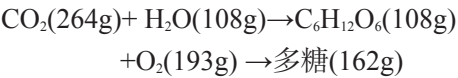
$$V_{\beta i}=C_i/A_i\tag{2}$$

式中： $V_{\beta i}$ 为土地利用类型 i 食物生产的单位面积价值； C_i 为青海省土地利用类型 i 的产值； A_i 为青海省土地利用类型 i 的面积。为方便比较,各项产值及土地利用类型面积均取 2000 年数据^[14]。

(2) 调节服务

①调节气候:植物通过吸收 CO₂和释放 O₂对大气进行调节,各种土地利用类型调节气候的价值在本研究中定义为固定 CO₂的价值。根据光合作用

反应方程式：



可推算植物每生产 1 g 干物质能固定 1.63 gCO₂,则固定 CO₂的价值为：

$$V_{\text{CO}_2i}=1.63\times P_{\text{CO}_2}\times \text{NPP}_i\tag{3}$$

式中： V_{CO_2i} 为土地利用类型 i 调节气候的单位面积价值(元/hm²)； P_{CO_2} 为固定 CO₂单价(元/t)； NPP_i 为土地利用类型 i 的净初级生产力(kgC/(hm²·a))。固定二氧化碳的单价 P_{CO_2} 以中国 1990 年造林成本 260.9 元/t^[15]为基准,根据中国历年通货膨胀率,计算得到 2000 年的造林成本为 523.1 元/t。各种土地利用类型的 NPP 值参考文献[16],该研究利用基于 Monteith 光能利用率理论的碳通量估算模型 C-FIX,1 km 分辨率逐旬 SPOT/VEGETATION 遥感数据和全球 1.5°×1.5°格网化逐日气象数据,估计了 2002 年中国西部地区植被净初级生产力,年份与本文较为接近,且估算结果精度较高。尽管 NPP 值随时间会发生变化,但由于缺乏对应年份的 NPP 值数据,在此采用文献[16]的研究结果作为平均状态的估算依据。

② 净化空气:植被具有吸收各种污染气体和滞尘的作用,本研究主要考虑吸收 SO₂和滞尘的价值,可通过以下公式计算：

$$V_{\text{SO}_2i}=Q_{\text{SO}_2i}\times P_{\text{SO}_2}\tag{4}$$

$$V_{di}=Q_{di}\times P_d\tag{5}$$

式中： V_{SO_2i} 为土地利用类型 i 吸收 SO₂的单位面积价值(元/hm²)； Q_{SO_2i} 为土地利用类型 i 单位面积吸收 SO₂的能力(kg/(hm²·a))； P_{SO_2} 为 SO₂的平均治理费用(元/t)； V_{di} 为土地利用类型 i 滞尘的单位面积

价值(元/hm²); Q_{di} 为土地利用类型 i 单位面积滞尘的能力(kg/(hm²·a)); P_d 为滞尘的平均治理费用(元/t)。其中,耕地对 SO₂ 的平均年吸收能力为 45 kg/(hm²·a),滞尘能力为 0.95 kg/(hm²·a)^[17];林地对 SO₂ 的平均年吸收能力为 117.6kg/(hm²·a),滞尘能力为 33.2t/(hm²·a)(三江源地区林地面积较小,且以针叶林为主,故在此取针叶林数据作为评估依据)^[18];草地的年平均滞尘能力为 1.2 kg/(hm²·a)^[19]。草地吸收 SO₂ 的数量可通过草地地上部分 NPP(在草地系统中可替代干草产量)、单位重量干草单位时间吸收 SO₂ 的量和牧草生长期的乘积计算,其中,地上部分 NPP 值计算中,通过地下净生物量与地上净生物量的比值取 2.31^[20],并根据文献[16]估算的 3 种草地类型平均 NPP 值进行估算,每 kg 干草叶每天可吸收 SO₂ 的能力为 1×10^{-3} kg^[19],牧草生长期按 100d/a 计算。净化 SO₂ 及削减粉尘成本分别取 600 元/t 和 170 元/t。

③ 水源涵养:植被具有截留降水的功能,对调控径流具有重要意义。主要通过降水贮存量来评估涵养水分的价值:

$$V_{wi} = Q_{wi} \times P_w \quad (6)$$

$$Q_{wi} = J \times R_{wi} \quad (7)$$

$$J = J_0 \times K \quad (8)$$

$$R_{wi} = R_0 - R_{gi} \quad (9)$$

式中: V_{wi} 为土地利用类型 i 涵养水源的单位面积价值(元/hm²); Q_{wi} 为土地利用类型 i 单位面积涵养水源的量(t/hm²); P_w 为水价(元/t); J 为研究区多年平均产流降水量(mm); J_0 为研究区多年平均降雨量(mm); K 为研究区产流降雨量占降雨总量的比例; R_{wi} 为与裸地相比,土地利用类型 i 截留降水、减少径流的效益系数; R_0 为产流降雨条件下裸地降雨径流率; R_{gi} 为产流降雨条件下土地利用类型 i 的降雨径流率。三江源地区的 J_0 取 500 mm,产流降雨量占降雨量的比例 K 取 0.4^[20], R_w 值耕地取 0.2,林地取 0.3,草地按高、中、低覆盖度分别取 0.25、0.2 和 0.15^[5,18,20],水价采用影子工程价格替代,水库蓄水成本以中国 1990 年的价格 0.67 元/t^[15] 为基准,根据中国历年通货膨胀率,计算得到 2000 年的水库蓄水成本为 1.34 元/t。

④ 控制侵蚀:同裸地相比,植被具有保持土壤,控制侵蚀的作用。评价生态系统控制侵蚀的价值需要从保持土壤肥力、减少土地废弃和减轻泥沙

淤积 3 方面考虑,可通过以下公式计算:

$$V_{mi} = \sum (Q_{si} \times C_{ij} \times n_j \times P_{nj}) \quad (10)$$

$$V_{oi} = Q_{si} \times P_{oi} / (10^4 \times \rho \times h) \quad (11)$$

$$V_{yi} = Q_{si} \times P_y \quad (12)$$

式中: V_{mi} 为土地利用类型 i 保持土壤肥力的单位面积价值(元/hm²); Q_{si} 为土地利用类型 i 单位面积土壤保持量 t/(hm²·a); C_{ij} 为土地利用类型 i 土壤中养分(N、P、K)的平均含量(mg/kg); n_j 为土壤中碱解氮、速效磷和速效钾折算为硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾的系数; P_{nj} 为硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾的单价(元/t); V_{oi} 为土地利用类型 i 减少废弃土地的单位面积价值(元/hm²); P_{oi} 为土地利用类型 i 单位面积的机会成本; ρ 为土壤容重(t/m³); h 为土壤厚度(m); V_{yi} 为土地利用类型 i 减少泥沙淤积的单位面积价值(元/hm²); P_y 为蓄水成本即以水库工程费用作为减少泥沙的机会成本(元/m³)。

根据文献[21],耕地、林地、未利用土地的单位面积土壤保持量分别取 41.88 t/(hm²·a)、46.06t/(hm²·a)、7.1 t/(hm²·a),高、中、低覆盖度草地的单位面积土壤保持量分别取 48.74 t/(hm²·a)、44.22 t/(hm²·a)、36.31 t/(hm²·a);研究区域土壤中碱解氮、速效磷、速效钾的含量分别为 154.6 mg/kg、12 mg/kg、232.4 mg/kg^[22],其换算为硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾的系数分别为 4.762、3.373 和 1.667^[23],2000 年硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾的市场价格分别为 750 元/t、398 元/t、1054 元/t; P_{oi} 按公式(2)青海省种植业、林业、畜牧业的平均收益作为替代价格,土壤容重以 1.25 t/m³ 计算,土壤厚度取 0.5 m; P_y 水库蓄水成本为 1.34 元/t。

⑤ 废弃物降解:在放牧过程中,大量牲畜排泄物会散落在草地生态系统中,在自然风化、雨水淋滤及微生物分解等多重作用下逐渐降解,这一过程避免了粪便积存,也使得养分得以循环。主要通过估算草地生态系统中散落的牲畜粪便所含营养成分总量(为方便评估,统一以羊单位计算),进而采用影子价格法估算其价值,公式如下:

$$V_{qi} = \lambda \times \sum (Z_i \times n_j \times r \times W_j \times P_j) \quad (15)$$

$$Z_i = (uNPP_i \times R) / 365a \quad (16)$$

式中: V_{qi} 为草地类型 i 降解废弃物的单位面积价值(元/hm²); λ 为牲畜粪便归还草地的比率; Z_i 为草地类型 i 的载畜量(羊单位/hm²); n_j 为土壤中碱解氮

和速效磷折算为硫酸铵和过磷酸钙的系数; r 为羊个体每年排出的粪便量(kg); W_j 为羊个体粪便中 N、P 含量; P_j 为硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾的单价(元/t); $uNPP_i$ 为草地类型 i 地上部分净初级生产力(kg/hm²)(在此替代干草产量); R 为牧草利用率; a 为一个羊单位日食干草量(kg)。根据文献[19,24]的研究结果,归还率取 30%,一年内羊个体排出的 N、P 分别为 6.2 kg 和 1.2 kg,折算系数、化肥单价及地上部分净初级生产力同上,牧草利用率取 50%,羊日食干草量按 1.5 kg 计算。

(3) 支持服务。支持服务是生产其他所有的生态系统服务所必需的服务。本文重点评估了营养物质循环的价值。生态系统中的营养物质是生命活动的物质基础,对生态系统具有极为重要的作用。本研究根据评估各种土地利用类型中储存的营养成分含量及净初级生产力来估算其吸收各种营养物质的总量,进而通过替代价格法估算营养物质循环过程中产生的经济效益,公式如下:

$$V_{yi} = \sum Q_{yi} \times P_{yj} \tag{17}$$

$$Q_{yi} = \sum NPP_i \times C_{ij} \tag{18}$$

式中: V_{yi} 为土地利用类型 i 营养物质循环的单位面积价值(元/hm²); Q_{yi} 为土地利用类型 i 单位面积吸收营养物质 t/(hm²·a); C_{ij} 为土地利用类型 i 植物体中养分(N、P、K)的平均含量(mg/kg); P_{yj} 为硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾的单价(元/t); NPP 取值参照文献[16],林地植物体营养元素含量取针叶林数据, N、P、K 的含量分别为 0.33%、0.036%、0.231%^[19]。根据《中国草地资源》^[25]和文献[24]中不同草地生态

系统和不同作物植物体的磷、粗蛋白质含量,根据粗蛋白质中氮元素比例 1:6.25 可折算成氮含量。参照三江源地区植被类型分布,选取高寒草原和高寒草甸中草地的磷、粗蛋白质含量的均值作为草地平均数据,青稞和小麦的磷、粗蛋白质含量的均值作为耕地平均数据,化肥单价同上。

4 结果与分析

4.1 各种土地利用类型单位面积生态系统服务价值

按照上述方法,计算出三江源地区各种土地利用类型单位面积生态系统服务价值(2000 年不变价)(表 2)。整体来看,调节气候的单位面积价值在各种土地利用类型中均占有较大比重,其中,灌木林调节气候的价值高达 6062.36 元/(hm²·a),有林地和疏林地调节气候的价值也分别达到 5798.04 元/(hm²·a)和 4033.05 元/(hm²·a)。其次为水源涵养,除未利用土地之外,其他土地利用类型水源涵养的平均价值均达到 400 元/(hm²·a)以上。另外,除未利用土地,其他土地利用类型控制侵蚀的平均价值也达 100 元/(hm²·a)左右。净化空气和营养物质循环的单位面积价值均较小。耕地由于其特殊性,食物生产的经济价值占据最大比重。

4.2 三江源地区生态系统服务总价值变化

根据表 1、表 2 计算得到 1985-2008 年三江源地区生态系统服务总价值变化情况(表 3)。1985-2000 年,三江源地区生态系统服务总价值整体变化不大,1996 年总价值略低,这是由于林地总面积减少,

表 2 三江源地区各种土地利用类型单位面积生态服务价值

Tab.2 The value of ecosystem services per unit area of different land-use types in the Sanjiangyuan Region

土地利用类型		平均价值/(元/(hm ² ·a))						
一级分类	二级分类	食物生产	调节气候	净化空气	水源涵养	控制侵蚀	废弃物降解	营养物质循环
耕地		4236.09	4195.05	27.16	536.00	125.13	—	16.86
林地	有林地	44.57	5798.04	76.20	804.00	107.03	—	39.58
	疏林地		4033.05				—	
	灌木林		6062.36				—	
草地	高覆盖度	83.66	1969.63	42.08	670.00	113.56	4.56	27.80
	中覆盖度		1330.14	28.48	536.00	103.03	3.06	
	低覆盖度		1057.29	22.68	402.00	84.61	2.42	
水域		2.53	468.96	—	—	—	—	—
建设用地		—	2651.75	—	670.00	—	—	—
未利用土地		—	426.33	—	134.00	16.44	—	—

表3 1985–2008年三江源地区生态系统服务总价值变化

Tab.3 The total value variation of ecosystem services in the Sanjiangyuan Region from 1985 to 2008

服务类型	总价值/亿元				所占比例/%			
	1985	1996	2000	2008	1985	1996	2000	2008
食物生产	23.97	25.20	24.24	23.88	3.98	4.19	4.02	3.56
调节气候	402.72	398.01	403.05	456.22	66.79	66.16	66.77	68.10
净化空气	7.40	7.48	7.40	8.48	1.23	1.24	1.23	1.27
水源涵养	135.56	136.56	135.62	147.33	22.48	22.70	22.47	21.99
控制侵蚀	25.36	26.02	25.37	26.14	4.21	4.33	4.20	3.90
废弃物降解	0.68	0.70	0.67	0.78	0.11	0.12	0.11	0.12
营养物质循环	7.25	7.61	7.25	7.07	1.20	1.27	1.20	1.06
合计	602.93	601.57	603.62	669.91	100	100	100	100

且其单位面积生态系统服务价值高于其他土地利用类型所致。2000年总价值略有回升,这可能与三江源地区近年来积极采取退耕还林、退牧还草等生态保护措施有关。2008年三江源地区生态系统服务价值较高,达 669.91×10^8 元,主要由高覆盖率草地面积增加造成。从生态系统服务类型来看,调节气候和水源涵养两种价值占总价值的比重每年均在90%左右,其中调节气候的价值占总价值的比重稳定在65%以上。

4.3 三江源地区各种土地利用类型生态系统服务价值变化

从土地利用类型来看,单位面积生态系统服务价值按从高到低的排序依次为耕地>林地>建设用地>草地>未利用土地>水域。耕地的单位面积价值高达9136.29元/(hm²·a),约为林地的1.7倍,草地的4.8倍,总平均价值的5.3倍(表4)。

由于草地面积占三江源地区的65%以上,草地生态系统服务价值占总价值的比重稳定在75%以上,在1985-2008年间所占比重呈现先增加后降低的趋势。林地和草地的生态系统服务价值占据总价值的90%左右,与其面积占据三江源地区总面积的比重相当。尽管耕地单位面积价值较高,但由于其面积较小,在总价值中占据的比重仅1%左右,1985-2008年间,耕地价值占据总价值的比重呈现先增加后降低的趋势。水域的生态系统服务价值在总价值中占据的比重与耕地相当,1985-2008年间,水域价值的比重呈现先降低后回升的趋势。尽管未利用土地的平均价值较小,但由于其面积仅次于草地和林地,其价值在总价值中也占有7%左右的比重。建设用地在总价值中占据比重最小,仅为0.04%左右。

表4 1985–2008年三江源地区各种土地利用类型生态系统服务价值变化

Tab.4 The value variation of ecosystem services of different land-use types in the Sanjiangyuan Region from 1985 to 2008

土地利用类型	平均价值/(元/(hm ² ·a))			
	1985	1996	2000	2008
耕地	9136.29			
林地	5531.5	5441.83	5536.09	5332.87
草地	1928.09	1876.34	1928.88	2238.64
水域	471.49			
建设用地	3321.75			
未利用土地	576.77			
总平均	1712.56	1708.69	1714.50	1902.79
总价值/亿元				
耕地	6.90	7.01	7.51	8.25
林地	78.66	69.16	78.70	88.13
草地	463.04	478.63	463.02	515.51
水域	7.96	7.18	7.90	10.53
建设用地	0.24	0.25	0.26	0.22
未利用土地	46.14	39.33	46.22	47.27
合计	602.93	601.57	603.62	669.91
所占比例/%				
耕地	1.14	1.17	1.24	1.23
林地	13.05	11.5	13.04	13.16
草地	76.8	79.56	76.71	76.95
水域	1.32	1.19	1.31	1.57
建设用地	0.04	0.04	0.04	0.03
未利用土地	7.65	6.54	7.66	7.06

5 结论与讨论

(1) 三江源地区生态系统服务价值巨大,1985、

1996、2000、2008年生态系统服务总价值分别为 602.93×10^8 元、 601.57×10^8 元、 603.62×10^8 元、 669.91×10^8 元。针对三江源地区,采用其他分类体系和评估指标的不同研究结果显示,三江源地区生态系统服务价值分别为 453.06×10^8 元^[26]、 $590.49 \times 10^8 \sim 1016.9 \times 10^8$ 元^[27]、 $3371.1 \times 10^8 \sim 6271.15 \times 10^8$ 元^[28]。与这些结果相比,本研究所得结果介于中等偏下的水平,处在相对合理的范围内。其中,调节气候和水源涵养的价值较大,这与其他研究结果的认识较为一致^[27]。草地和林地发挥的作用巨大,对维护生态系统结构,保持生态平衡具有重要意义。

(2) 土地利用变化对生态系统服务价值的变化有着直接而明显的影响。以三江源地区为例,林地、草地的面积缩小,会直接造成这一地区气候调节、水源涵养的价值减少;高、中、低覆盖度草地的变化,也会对生态系统服务价值的变化产生影响。人们在选择土地利用方式时,应重视其行为对自然生态系统的影响,采用合理的土地利用方式,才能有利于生态系统功能与服务的恢复与保育,实现区域经济社会的可持续发展。

(3) 本研究采用的数据均来自青海省1:10万土地利用数据集,具有较好的连续性和权威性。但2008年土地利用数据显示的高覆盖度草地面积与其他年份相比偏高,可能会使2008年三江源地区总价值高估,若按照不同类型草地面积的平均状况估算,2008年三江源地区总价值将下降12%左右,低于1985、1996、2000年水平,这种估算结果可能反映了三江源地区生态环境退化的现状。实际的土地利用变化情况尚待进一步核实。

(4) 本研究评估了三江源地区生态系统食物生产、调节气候、净化空气、水源涵养、控制侵蚀、营养物质循环、废弃物降解7种服务的经济价值。由于数据的局限性,某些估算还不够精细。另外,生物多样性价值、旅游价值、教育科研价值等也是三江源地区生态系统服务价值的重要组成部分,但目前未有较好的评估方法,在未来工作中还需要进一步研究。

致谢:感谢中国科学院资源环境科学数据中心的江东博士提供青海省1985、1996、2000及2008年1:10万土地利用数据集。

参考文献

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. 生态系统与人类福祉: 评估框架. 张永民, 译. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 213-214.
- [2] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [3] Pimentel D, Wilson C, McCullum A. Economic and Environmental benefits of biodiversity. *Bioscience*, 1997, 47 (11): 747-757.
- [4] Sutton P C, Constanza R. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 509-527.
- [5] 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. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613.
- [6] 潘耀忠, 史培军, 朱文泉, 等. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量. *中国科学: D辑*, 2004, 34(4): 375-384.
- [7] 毕晓丽, 葛剑平. 基于IGBP土地覆盖类型的中国陆地生态系统服务功能价值评估. *山地学报*, 2004, 22(1): 48-53.
- [8] 薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估. *中国环境科学*, 2000, 20(2): 141-145.
- [9] Gren I M, Groth K H, Sylvén M. Economic Values of Danube Floodplains. *Journal of Environmental Management*, 1995, 45(4): 333-345.
- [10] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
- [11] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land-Use and Land-Cover Change, Implementation Strategy. IGBP Report No.48/IHDP Report No.10 Stockholm: IGBP, 1999.
- [12] 赵新全, 周华坤. 三江源区生态环境退化、恢复治理及其可持续发展. *科技与社会*, 2005, 20(6): 471-476.
- [13] Liu Jiyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000. *Science in China: Series D*, 2003, 46(4): 373-384.
- [14] 青海省统计局, 国家统计局青海调查总队. 青海统计年鉴2001. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [15] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [16] 卢玲, 李新, Frank V. 中国西部地区植被净初级生产力的时空格局. *生态学报*, 2005, 25(5): 1026-1032.
- [17] 马新辉, 孙根年, 任志远. 西安市植被净化大气物质量的测定及其价值评价. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(4):

- 83-86.
- [18] 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. 自然资源学报, 2004, 19(4): 480-491.
- [19] 叶文虎, 魏斌, 仝川. 城市生态补偿能力衡量和应用. 中国环境科学, 1998, 8(4): 298-301.
- [20] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价. 生态学报, 2004, 24(6): 1101-1110.
- [21] 刘敏超, 李迪强, 温琰茂, 等. 三江源地区土壤保持功能空间分析及其价值评估. 中国环境科学, 2005, 25(5): 627-631.
- [22] Renard K G, Foster G R, Weesles D K, et al. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation. Agriculture Handbook, USDA, 1996: 703.
- [23] 杨子生, 谢应齐. 云南省土壤侵蚀损失直接经济价值计算方法和区域特征. 云南大学学报, 1994, 16(Supp. 1): 99-106.
- [24] 秦彧, 李晓忠, 姜文清, 等. 西藏主要作物与牧草营养成分及其营养类型研究. 草业学报, 2010, 19(5): 122-129.
- [25] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 359-360.
- [26] 曾贤刚, 王克, 程磊磊, 等. 三江源区生态资源非使用价值评价. 中国环境科学, 2009, 29(6): 589-593.
- [27] 刘敏超, 李迪强, 温琰茂, 等. 三江源地区生态系统生态功能分析及其价值评估. 环境科学学报, 2005, 25(9): 1280-1286.
- [28] 刘敏超, 李迪强, 栾晓峰, 等. 三江源地区生态系统生态功能与价值评估. 植物资源与环境学报, 2005, 14(1): 40-43.

Changes of the Value of Ecosystem Services in the Sanjiangyuan Region Based on Land Use Data

CHEN Chunyang^{1,2}, DAI Junhu¹, WANG Huanjiong^{1,2}, LIU Yachen³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Under the framework of Millennium Ecosystem Assessment (MA), by means of market value method, shadow project method, the opportunity cost method and some other methods, based on LUCC data, this paper carried out a dynamic valuation of ecosystem services in the Sanjiangyuan Region (Three-River Headwater Region), including food production, climate regulation, gas regulation, water conservation, soil retention, nutrient regulation, and waste degradation. The results showed that: the economic value of ecosystem services in the study area was 602.94×10^8 yuan, 601.58×10^8 yuan, 603.60×10^8 yuan and 669.90×10^8 yuan in 1985, 1996, 2000 and 2008, respectively, which showed a decreasing trend at first, and an increasing one in the subsequent period. In addition, the proportion of climate regulation and water conservation in the total value was high; the ecosystem services of grassland and forests played a significant part in maintaining ecosystem balance and ensuring regional sustainable development.

Key words: ecosystem service; ecosystem services valuation; the Sanjiangyuan Region

本文引用格式:

陈春阳, 戴君虎, 王焕炯, 等. 基于土地利用数据集的三江源地区生态系统服务价值变化. 地理科学进展, 2012, 31(7): 970-977.