吉林省森林生态系统服务价值评价

石小亮[1], 陈 珂[1], 揭昌亮[2], 龙 婷[2]
(1. 沈阳农业大学 经济管理学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 北京林业大学 经济管理学院, 北京 100083)

摘 要: [目的] 对 2009—2013 年吉林省的森林生态系统服务价值进行评价,为森林生态系统的可持续经营和管理提供依据。[方法] 以第 8 次森林资源清查和吉林省林业调查规划院编制的 8 个林业局森林经营方案等数据为基础,建立森林生态系统服务评估指标体系和定量方法,采用价格倒算法推演森林涵养水源价格公式。[结果] (1) 2013 年吉林省森林生态系统服务总价值为 13 801.35 亿元。(2) 森林生态系统各服务价值排序为净化大气环境(10 225.91 亿元,占总服务价值的 74.09%)>生物多样性维护(1 063.27 亿元,占 7.70%)>涵养水源(997.70 亿元,占 7.23%)>保育土壤(941.61 亿元,占 6.82%)>农田/草场防护(564.75 亿元,占 4.09%)>固碳释氧(8.12 亿元,占 0.06%)。[结论] 在吉林省森林生态系统服务价值中,以净化大气环境、生物多样性维护和涵养水源服务价值最高。倒算法推演得到的结果较以往研究更贴合实际,有力地提升了森林涵养水源价值核算的准确性和合理性,也使森林涵养水源价值研究评价方法更加科学。

关键词: 吉林省; 森林生态系统服务; 森林资源清查; 价值评估
文献标识码: B **文章编号**: 1000-288X(2016)05-0312-08 **中图分类号**: S715, S718

文献参数: 石小亮, 陈珂, 揭昌亮, 等. 吉林省森林生态系统服务价值评价[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 312-319. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.05.056

Evaluation on Service Value of Forest Ecosystem in Jilin Province

SHI Xiaoliang[1], CHEN Ke[1], JIE Changliang[2], LONG Ting[2]
(1. *College of Economics and Management, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liiaoning* 110866, *China*; 2. *School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: [Objective] The aim of this study is to service value of evaluate forest ecosystem in Jilin Province from 2009 to 2013, in order to provide the basis for sustainable operation and management of forest ecological system. [Methods] Data was collected from the eighth forest resources inventory and forest management plan of eight forestry bureau in Jilin Province. Forest ecosystem services evaluation index system and quantitative methods was established. The equation of price on forest water conservation was deduced using price calculation. [Results] (1) Forest ecosystem services value was 1 380.135 billion yuan in 2013 in Jilin Province. (2) The value of forest ecosystem services was ranked as: purify the atmosphere environment (1 022.591 billion yuan, accounting for 74.09% of the total service value) > biodiversity maintenance (106.327 billion yuan, accounting for 7.70%) > water conservation (99.77 billion yuan, accounting for 7.23%) > soil conservation (94.161 billion yuan, accounting for 6.82%) > farmland/pasture protection (56.475 billion yuan, accounting for 4.09%) > carbon release oxygen (812 million yuan, accounting for 0.06%). [Conclusion] To purify the atmosphere environment, biodiversity maintenance and water conservation in the total service value was highest in Jilin Province. The theory and method of market price was more realistic than previous research result, and effectively improve the accuracy and rationality of water conservation forest value accounting, also make the research on forest water conservation value evaluation method was more rational.

Keywords: **Jilin Province; forest ecosystem services; forest resources inventory; value assessment**

收稿日期: 2016-01-12 **修回日期**: 2016-02-04
资助项目: 国家自然科学基金项目"基于生态彩票视角的生态产品自愿供给方式的创新"(71103123); 沈阳市科技局软科学基金项目"沈阳城市森林生态安全的评价、预警与调控对策研究"(F16-233-5-15)
第一作者: 石小亮(1984—),男(蒙古族),内蒙古自治区赤峰市人,博士,讲师,研究方向为森林资源与环境经济,湿地生态系统安全评价。E-mail: sxl422127@163.com。
通讯作者: 陈珂(1972—),女(汉族),山西省临汾市人,博士,教授,博导,主要从事林业经济理论与政策的研究。E-mail: chenkeyaya@163.com。

自然生态环境与社会经济活动存在密切复杂关系,但人们却忽视了森林生态系统服务在其日常生产及生活中的价值,反以过度消耗森林资源为代价来发展经济,使森林生态系统遭受严重破坏,生态环境恶化,严重威胁了人类的基本生存条件,更阻碍了社会的可持续发展[1-4]。森林生态系统是陆地生态系统中面积最大、组成结构最复杂、生物总量最高、功能最完善和适应性最强的一种自然生态系统,对陆地生态环境有决定性影响。森林是提供生态系统服务的重要来源,更是实现环境与发展相统一的关键[5-8]。不但可提供各种生产和生活资料如木材及林下经济等副产品,还提供多种生态服务如涵养水源、保育土壤等,是自然界中功能最完善的基因库与资源库[9-11]。生态文明建设在中国当前具有突出地位,在党的十八大报告中就首次单篇论述了"生态文明"建设,紧紧围绕资源节约、自然生态系统和环境保护等内容,全面部署新形势下的生态文明建设工作。此后又在十八届三中全会上审议并通过了《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》,指出要重点加快生态文明制度建设。作为陆地最大的森林生态系统被赋予重任。另外,随着全球生态环境不断恶化和社会经济不断发展,人们逐渐认识到森林生态系统服务的诸多价值,在 Constanza 等[12]系统评估了全球主要生态系统服务价值后,人们更清晰地认识到森林生态系统服务所具有的价值,越来越多的学者开展了关于生态系统服务价值的研究。

但以往针对森林生态系统服务价值评价研究存在很多问题,如混用错用"功能"和"服务",最大最多的错误发生在对 95 个国家共 1 360 位学者完成的《联合国生态系统千年评估报告(Millennium Ecosystem Assessment)》的一个中文翻译本《生态系统与人类福利:评估框架(摘要)》。在 MA 中文译本中共 103 处将"生态系统服务"流量概念翻译为"生态系统服务功能",不知在此指资产还是指生产。如将"支持服务"译成"支持功能",将"调节服务"译成"调节功能"等。MA 的中文译本也制造了中国学术界的混乱,在检索参考过此文的学术论文后,发现约 90% 以上的文章都被错误译本误导。基于此错误,中国许多学者在开展国家级和省市级,乃至一个林场和一片草原等级别的生态系统价值核算案例,都混淆了森林生态系统作为资产价值和由它产出的"产品和服务"价值,甚至进一步延伸这个错误,把存量资产的价值加入作为流量概念的产品和服务的价值,计算出所谓的"绿色 GDP"向社会公布。MA 的中文译本甚至还误导了国家林业局在 2008 年 4 月 28 日发布的中华人民共和国林业行业标准(LY/T 1721-2008)《森林生态系统服务功能评估规范(Specifications for Assessment of Forest Ecosystem Services in China)》[13],其中英文翻译应为"森林生态系统服务评估规范",却在规范中翻译成"森林生态系统服务功能评估规范"。从该林业行业标准关于"森林生态系统服务功能"的解释来看,将"功能"与"服务"这一概念性混淆更是系统性的。如按此"标准"计算的森林生态系统服务价值,必然不分资产和产值,如进而计算 GDP,结果可想而知。针对以往研究受 MA 中文错误译本和森林生态系统服务功能评估规范的影响,致使中国多数有关森林生态系统服务的评价都混用错用了"功能"和"服务",因此也错误地界定了森林生态系统服务评价所包含内容。如在国家林业局实施的《森林生态系统服务功能评估规范》中,出现将积累营养物质和保育土壤重复性计算等问题。

因此,本研究为明晰森林生态系统"功能"和"服务"区别,并清晰界定服务内容,拟以第 8 次森林资源清查和吉林省林业调查规划院编制的 8 个林业局森林经营方案等数据为基础,建立服务评估指标体系和定量方法,对 2009—2013 年吉林省森林生态系统服务价值进行核算,研究不仅为森林生态系统经营管理提供依据,还为中国今后经济和生态政策走势提供导向。

1　研究区概况

有着"北国江城"之称的吉林省,是中国重点林业省份之一。从建国以来一直作为中国重要的木材生产基地,截止到 2013 年,吉林省的林业用地面积约为 9.299×10^6 hm^2,有林地面积约为 8.288×10^6 hm^2,森林覆盖率达 43.8%,活立木总蓄积为 $9.561\ 3\times10^8$ m^3(吉林省林业厅,2012)。其中所辖的吉林森林工业集团有限责任公司(简称"吉林森工集团")是中国 4 大森工集团之一,辖区位于长白山,素有"长白林海"之称,是国家重要的生态屏障和木材生产基地。长白山区还是松花江、鸭绿江和图们江 3 大水系的发源地,在东北乃至整个东北亚地区的生态系统中都占有着非常重要的位置。吉林森工集团是以森林资源经营为基础、多元化发展的企业集团,总经营面积 $1.347\ 5\times10^6$ hm^2,有林地面积 $1.224\ 8\times10^6$ hm^2,森林覆盖率 90.9%。活立木总蓄积 $1.797\ 8\times10^6$ m^3,森林蓄积 $1.797\ 6\times10^8$ m^3,乔木林每 hm^2 蓄积 151.95 m^3/hm^2,位居中国已开发林区的第 1 位。其中总碳储量达 $7.780\ 0\times10^7$ t,森林生态系统服务价值约 651 亿元(吉林森工集团 2013 年度森林资源分

析报告,2013),相当于 2013 年吉林省 GDP 总量(12 981.46亿元)的 5%。可见森林生态系统的重要意义,如何更好地将森林生态系统服务的诸多价值纳入社会与经济价值中,对吉林省森林生态系统的可持续发展和管理有着非常重要的现实意义。

2 材料与方法

2.1 资料来源

吉林省森林生态系统服务价值核算研究采用的数据主要源于吉林省林业调查规划院编制的 8 个林业局森林经营方案、2009—2013 年《中国林业统计年鉴》和《吉林省统计年鉴》发布的数据。还有部分数据和资料主要来源于吉林省野生动植物保护与自然保护区管理处、林业厅计财处、水利厅、交通运输厅、农牧局和林木种苗管理站等部门,并实地调查了吉林省,获得了大量现场调查数据和资料。

2.2 研究方法

森林生态系统服务主要来源于森林生态系统的功能,而不同的森林生态服务来源于森林生态系统的不同功能[14-19]。“功能”、“服务”分别为存量和流量概念,二者有着本质区别,不能混为一谈。按照中国主流做法,在参考 MA《中国可持续发展战略研究专题 2:对森林功能再认识》和《中国森林资源与可持续发展》等文献后,研究将吉林省森林生态系统服务主要归为涵养水源、保育土壤、净化大气环境、农田/草场防护、生物多样性维护和固碳释氧 6 方面[15-17]。根据对森林生态系统服务评价界定和吉林省森林资源实际状况,确定森林生态系统服务实物量和价值量的评价公式。

2.2.1 涵养水源

$$U_{调} = 10AC_{库}(P-E-C) \tag{1}$$

$$U_{净} = 10KA(P-E-C) \tag{2}$$

式中:$U_{调}$——林分年调节水量价值(元);$U_{净}$——林分年净化水质价值(元);A——林分面积(hm^2);P——降水量(mm);E——林分蒸散量(mm);C——地表径流量(mm);$C_{库}$——单位库容投资(元/m^3);K——水的净化费(元/t)。下同。

2.2.2 保育土壤 森林保育土壤价值评估包括森林固土和保肥,其中保肥包括保氮磷钾和有机质。采用减少土壤侵蚀程度评估森林固土功能,用替代成本法将森林保土量转化为相应的土方工程,再根据工程造价计算森林固土价值,公式如下:

$$U_{固土} = \frac{A(X_2-X_1)\times C_{土}}{\rho} \tag{3}$$

$$V_{保肥} = (X_2-X_1)A\sum_{i=1}^{n} p_{1i}p_{2i}p_{3i} \tag{4}$$

式中:$U_{固土}$——森林年固土价值(元);X_1——林地土壤侵蚀模数(t/hm^2);X_2——无林地土壤侵蚀模数(t/hm^2);$C_{土}$——挖取和运输单位体积土方费(元/m^3);ρ——林地土壤容重(t/m^3);$V_{保肥}$——森林保肥价值(元);p_{1i}——森林土壤 N,P,K 含量(%);p_{2i}——N,P,K 折成化肥比例(%);p_{3i}——化肥销售价(元/t);i——化肥种类,i=1,2,…,n。下同。

2.2.3 净化大气环境 森林净化大气环境价值计算森林提供负离子、吸收 SO_2、氮氧化物、氟化物、滞尘和降低噪音 6 个指标,公式如下:

$$U_{负离子} = \frac{5.256\times10^{15}(Q_{负离子}-600)AH}{L}K_{负离子} \tag{5}$$

$$V_{SO_2、氮、氟、尘} = A\sum_{i=1}^{n} Q_iK_i \tag{6}$$

$$U_{噪} = \frac{1\,000}{D_0}\sum_{i=1}^{n} D_i\times L_i\times K_{噪} \tag{7}$$

式中:$U_{负离子}$——林分年提供负离子价值(元);$Q_{负离子}$——林分负离子浓度(个/cm^3);H——林分高度(m);$K_{负离子}$——负离子生产费(元/个);L——负离子寿命(分钟);$V_{SO_2,氮,氟,尘}$——SO_2,氮氧化物,氟化物,滞尘总价值(元);Q_i——单位面积森林吸收 SO_2、氮氧化物、氟化物、滞尘量(kg/hm^2);K_i——SO_2、氮氧化物、氟化物、滞尘生产费(元/kg);i——各物质种类,i = 1,2,…,n;$U_{噪}$——林分年降噪价值(元);D_0——相当于声屏障降噪效果的林带宽(m);D_i——第 i 公路单侧林带宽(m);L_i——第 i 条公路林带单侧长度(km);$K_{噪音}$——每年每当量长度降噪费(元/m);n——公路数,i=1,2,…,n。下同。

2.2.4 森林防护 森林防护价值指由于森林和农田防护林存在使农作物增产的价值量评估以替代,公式如下:

$$U_{防护} = R\sum_{i=1}^{n} Q_iA_iC_i \tag{8}$$

式中:$U_{防护}$——森林防护价值(元);R——评价单元内农作物的平均增产率(%);Q_i——第 i 类农作物单位面积产量(kg/hm^2);A_i——第 i 类农作物播种面积(hm^2);C_i——第 i 类农作物价格(元/kg)。下同。

2.2.5 物种保育 物种保育价值用森林生物多样性表达[20],指生物多样性所包含的生态复合体以及与此相关的各生态过程所提供具有经济意义的价值。通过森林生物多样性指数算出单位面积物种损失机会成本乘以森林面积得物种保育价值,公式如下:

$$H_{均} = -\frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} A_i \sum_{j=1}^{s} P_{ij} \log_2 P_{ij} \quad (9)$$

$$U_{物} = S_{物} \times A \quad (10)$$

式中:$H_{均}$——地区的平均多样性指数;A_i——第 i 个森林类型面积(hm^2);P_{ij}——第 i 个森林类型第 j 个物种比重;n——森林类型量;$U_{物}$——年物种保育价值(元);$S_{物}$——单位面积年物种损失机会成本(元/hm^2)。下同。

2.2.6　固碳释氧　森林固碳释氧指森林植被、土壤和微生物等具备固定碳元素及释放氧气的功能。在森林生态系统中,森林植被和土壤是 2 个重要碳库,应分别计算。根据光合和呼吸作用方程知森林每生产 1 g 干物质需吸收 1.639 g CO_2,释放 1.199 g O_2。

(1) 固碳。国内外关于森林植被固碳的经济价值计算方法不一,争议也较大。现行方法包括碳税法、造林成本法和避免损害费用法等。研究为与国际接轨和考虑造林实际,评估综合采用碳税法和造林成本法并取其中值,公式如下:

$$U_{植} = C_{碳} \times 1.63 \times R_{碳} \times A \times B_{年} \quad (11)$$

$$U_{土} = C_{碳} \times A \times F_{土} \quad (12)$$

式中:$U_{植}$——森林年植物固碳价值(元);$C_{碳}$——固碳价格(元/t);$R_{碳}$——CO_2 中碳含量(27.29%);$B_{年}$——林分净生产力(t/hm^2);$U_{土}$——森林年土壤固碳价值(元);$F_{土}$——单位面积林分土壤年固碳量(t/hm^2)。下同。

(2) 释氧。释氧价值综合采用工业制氧和造林成本法并取其中值计算,公式如下:

$$U_{氧} = C_{氧} \times 1.19 \times A \times B_{年} \quad (13)$$

式中:$U_{氧}$——森林年释氧价值(元);$C_{氧}$——释氧价格(元/t)。下同。

3　结果与分析

3.1　涵养水源服务价值

研究效仿林价倒算法的成熟理论和方法推演森林蓄水量价格。根据城市自来水的生产全过程,城市自来水价格主要包括天然水资源价格(即森林蓄水量价格)、水利工程供水价格和城市自来水处理劳动的凝结价格 3 部分[20],依据劳动价值学说原理推演得到森林蓄水量价格公式为:

$$P_{天然水} = [P_{自来水}(1-2c') - P_{物化和活劳动}(1+2p')]\frac{1}{1+2p'} \quad (14)$$

式中:$P_{天然水}$——森林蓄水量价格(元/t);$P_{自来水}$——城市自来水价格(元/t);$P_{物化和活劳动}$——自来水生产过程中附加的物化劳动和活劳动(元/t);c'——税率(%);p'——利润率(%)。下同。

2013 年吉林省的城市自来水价格为 3.20 元/t,整个自来水公司的平均利润率为 19%,税率为 6%,求得 2013 年吉林森工集团森林蓄水量价格为 1.28 元/m^3。

取吉林省市区水的商品平均价格作为森林净化水质价格,求得森林生态系统年净化水质价值。依据供水价格,通过供水量加权平均得出吉林森工集团 2013 年供水的平均价格为 3.29 元/t。由森林蓄水量价格计算出吉林森工集团各林业局年森林调节水量价值;并由 2013 年吉林省城市供水平均价格计算出森林净化水质价值;森林调节水量价值和森林净化水质价值之和即为涵养水源服务总价值(如表 1 所示)。

表 1　2013 年吉林森工集团森林涵养水源服务价值

林业局	林分面积/hm^2	调节水量价值/亿元	净化水质价值/亿元	涵养水源总价值/亿元	单位面积涵养水源价值/(万元·hm^{-2})
露水河	119 224	4.10	12.45	16.55	1.39
临 江	212 816	7.47	22.70	30.16	1.42
白石山	120 656	3.39	10.28	13.67	1.13
红 石	255 064	7.98	24.24	32.22	1.26
松江河	154 436	5.31	16.16	21.47	1.39
泉 阳	94 445	3.39	10.28	13.67	1.45
三岔子	206 785	5.96	18.11	24.07	1.16
弯 沟	78 505	2.57	7.83	10.40	1.32
合 计	1 241 931	40.16	122.05	162.21	10.52

从表 1 可以看出,2013 年吉林森工集团森林生态系统涵养水源服务价值为 162.21 亿元,单位面积涵养水源服务价值平均为 1.32 万元/hm^2。其中红石林业局涵养水源服务价值最大为 32.22 亿元,占涵养水源服务总价值的 19.86%;其次临江林业局为 30.16 亿元,占 18.59%;弯沟林业局最小为 10.40 亿元,占 6.41%。

3.2 保育土壤服务价值

森林生态系统的固土服务价值由森林固土量、土壤容重和土方挖取费用计算可得，综合森林固土和土壤保肥2项服务价值，可得吉林森工集团森林生态系统在2013年的保育土壤服务总价值为153.09亿元，单位面积保育土壤服务价值为1.23万元/hm^2（如表2所示）。

表2 2013年吉林森工集团森林保育土壤服务价值

林业局	年固土价值/万元	年保肥价值/万元	年保育土壤总价值/万元	年保育土壤总价值/亿元	单位面积年保育土壤价值/(万元·hm^{-2})
露水河	13 811.87	746 894.80	760 706.67	76.07	6.38
临 江	4 686.05	275 476.44	280 162.49	28.02	1.32
白石山	1 832.06	107 102.63	108 934.69	10.89	0.90
红 石	5 584.14	258 383.84	263 967.98	26.40	1.03
松江河	609.21	32 436.89	33 046.10	3.30	0.21
泉 阳	372.74	20 794.41	21 167.15	2.12	0.22
三岔子	815.69	45 794.87	46 610.56	4.66	0.23
弯 沟	309.53	16 031.46	16 340.99	1.63	0.21
合 计	28 021.30	1 502 915.34	1 530 936.64	153.09	1.23
平 均	—	—	—	—	0.15

从表2可以看出，2013年露水河林业局保育土壤服务价值最高为76.07亿元，占吉林森工集团保育土壤服务总价值的49.69%；其次临江林业局为28.02亿元，占18.30%；弯沟和泉阳林业局的保育土壤服务价值最低，分别为1.63和2.12亿元，分别占1.07%和1.38%。

3.3 净化大气环境服务价值

根据吉林省物价局网站，查得2013年吉林省城市居民生活电价为0.515元/度，吉林森工集团森林生态系统净化大气环境服务总价值（除降低噪音）情况（如表3所示）。

表3 2013年吉林森工集团森林净化大气环境服务价值 亿元

林业局	露水河	临江	白石山	红石	松江河	泉阳	三岔子	弯沟	总计
环境服务总价值①	153.89	248.23	152.04	388.05	211.51	110.64	276.20	119.96	1 660.52

注：①不包括降低噪音服务价值。

从表3可以看出，除降低噪音服务价值外，2013年吉林森工集团森林生态系统净化大气环境服务总价值为1 660.52亿元，单位面积净化大气环境服务价值为13.39万元/hm^2。其中红石林业局净化大气环境服务价值最大为388.05亿元，占净化大气环境服务总价值的23.37%；其次三岔子林业局为276.20亿元，占16.63%；最少的泉阳林业局为110.64亿元，占6.66%。将公路绿化带的降低噪音价值（2.05亿元）与其余5方面价值加总，得到净化大气环境服务的总价值为1 662.57亿元。

3.4 农田/草场防护服务价值

根据吉林省农牧局提供的农作物年产量和产值，得到各类农作物年平均价格，综合产量、产值和年均价格得到各类农作物年增产值，如表4所示。从表4可以看出，2013年农田/草场防护服务总价值为91.82亿元。其中玉米增产最大为58.46亿元，占各类农作物年增产总价值的63.67%；其次蔬菜增产为10.07亿元，占10.96%；小麦增产最少为0.03亿元，占0.03%。

3.5 物种保育服务价值

研究采用Shannon-Wiener指数法来评价生物多样性价值，计算得到2013年吉林森工集团不同森林类型的年物种损失机会成本如表5所示。

从表5可以看出，2013年吉林森工集团森林生态系统物种保育服务价值为172.87亿元。其中落叶松物种保育服务年总价值最高为22.40亿元，占物种保育服务价值的12.96%；其次杨树为21.97亿元，占12.71%；排第3的红松为18.34亿元，占10.61%；最少枫桦为1.46亿元，占0.85%。

3.6 固碳释氧服务价值

固碳释氧服务价值主要包含森林植被固碳、森林土壤固碳和森林释氧3方面内容。2013年，欧洲碳排放交易体系中碳市场平均交易价格为4欧元/t（按2013年汇率，4欧元/t=33.6元/t）；O_2价格采用工业钢铁冶炼用氧的平均价格（375元/t），综合计算得到不同森林类型的固碳释氧价值（如表6所示）。

表 4　2013 年吉林省各类农作物年增产值

类 别	年总产量/10^4 t	年增产量/10^4 t	年产值/万元	年平均价格/(元·t^{-1})	年增产值/亿元
玉 米	2 775.70	270.66	5 995 512.0	2 160	58.46
大 豆	40.80	4.03	130 560.0	3 200	1.29
水 稻	563.30	54.86	957 610.0	1 700	9.33
小 麦	1.30	0.13	2 730.0	2 100	0.03
油 料	84.00	8.19	378 000.0	4 500	3.69
糖 类	6.20	0.65	15 500.0	2 500	0.16
杂粮豆	11.70	1.17	51 480.0	4 400	0.51
薯类(折粮)	48.40	4.68	83 248.0	1 720	0.80
蔬 菜	938.10	91.52	1 031 910.0	1 100	10.07
水 果	234.70	22.88	704 100.0	3 000	6.86
其他作物	187.10	18.20	63 239.8	338	0.62
合 计	4 891.30	476.97	9 413 889.8	—	91.82

表 5　2013 年吉林森工集团不同森林类型的年物种损失机会成本

森林类型	面积/hm^2	Shannon-Wiener 指数	单位面积年物种保育价值/(万元·hm^{-2})	生物多样性维护年总价值/亿元
红 松(*Pinus koraiensis*)	141 158	2.791	1.299	18.34
云 杉(*Picea asperata*)	49 030	1.913	0.675	3.31
樟子松(*mongolica Litv*)	63 326	3.977	2.430	15.39
落叶松(*Larix gmelinii*)	171 313	2.801	1.308	22.40
臭 松(*Symplocarpus foetidus*)	89 403	3.546	1.993	17.82
水曲柳(*Fraxinus mandschurica*)	75 133	2.384	0.981	7.37
胡桃楸(*Juglans mandshurica*)	96 390	1.914	0.675	6.51
黄菠萝(*Phellodendron amurense*)	43 664	1.866	0.648	2.83
椴 树(*Tilia tuan Var. tuan*)	52 384	2.843	1.342	7.03
柞 树(*Xylosma racemosum*)	79 700	3.628	2.074	16.53
榆 树(*Ulmus pumila.*)	75 642	2.791	1.300	9.83
色 树(*Acer elegantulum*)	62 249	4.404	2.880	17.93
枫 桦(*Betula davuric*)	16 400	2.258	0.890	1.46
白 桦(*Betula platyphylla*)	57 045	2.000	0.726	4.14
杨 树(*Populus L.*)	169 095	2.791	1.299	21.97
合 计	1 241 931	—	—	172.87

从表 6 可以看出,2013 年吉林森工集团森林生态系统固碳释氧服务价值为 1.32 亿元,单位面积固碳释氧服务价值为 0.01 万元/hm^2。其中杨树固碳释氧服务价值最高为 0.42 亿元,占森林生态系统固碳释氧服务总价值的 32.09%;其次色树为 0.26 亿元,占 19.5%;最少的枫桦为 24.12 万元,占 0.18%。

3.7　森林生态系统服务总价值

根据吉林森工集团各林种各服务的单位面积价值,结合整个吉林省的森林总面积,求得吉林省森林生态系统的各项服务价值和总服务价值,如表 7 所示。根据第 8 次森林资源清查数据显示,吉林省的森林覆盖率为 43.8%,森林总蓄积为 9.56×10^8 m^3。

从表 7 可以看出,2013 年吉林省森林生态系统服务总价值为 13 801.35 亿元,各项森林生态系统服务价值占总服务价值的比重计算结果为:净化大气环境服务价值占总服务价值的比重最大为 74.09%,其次为生物多样性维护服务为 7.70%,占总服务价值比重最小的为固碳释氧服务为 0.06%。其中保育土壤(6.82%)和固碳释氧的服务价值较低,原因是 2013 年化肥和固碳价格都较低。

表 6 2013 年吉林森工集团不同森林类型的固碳释氧服务价值

森林类型	植被年固碳价值/亿元	土壤年固碳价值/亿元	森林年固碳价值/亿元	林分年释氧价值/亿元	林分年固碳释氧总价值/亿元	单位面积林分年固碳释氧价值/(元·hm^{-2})
红 松	0.00	0.02	0.02	0.04	0.07	47.47
云 杉	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	25.88
樟子松	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	21.52
落叶松	0.00	0.03	0.03	0.07	0.10	55.51
臭 松	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	21.86
水曲柳	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	29.90
胡桃楸	0.00	0.02	0.02	0.09	0.12	120.04
黄菠萝	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	52.88
椴 树	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	19.03
柞 树	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	19.01
榆 树	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	18.23
色 树	0.00	0.01	0.01	0.25	0.26	414.16
枫 桦	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.71
白 桦	0.00	0.01	0.01	0.22	0.23	402.51
杨 树	0.00	0.02	0.02	0.40	0.42	250.94
合 计	0.00	0.22	0.22	1.10	1.32	106.47

表 7 2013 年吉林省森林生态系统服务总价值

评价内容	森工年服务价值/亿元	森工森林总面积/hm^2	单位面积价值/(万元·hm^{-2})	吉林省森林总面积/hm^2	吉林省年服务价值/亿元
涵养水源	162.21	1 241 931	1.31	7 638 700	997.70
保育土壤	153.09	1 241 931	1.23	7 638 700	941.61
净化大气环境	1 662.57	1 241 931	13.39	7 638 700	10 225.91
农田/草场防护	91.82	1 241 931	0.74	7 638 700	564.75
生物多样性维护	172.87	1 241 931	1.39	7 638 700	1 063.27
固碳释氧	1.32	1 241 931	0.01	7 638 700	8.12
总价值	2 243.88	—	—	—	13 801.35

4 结论与讨论

4.1 结 论

(1) 以往针对森林生态系统服务的价值评估,受限于技术手段的不成熟和对生态、林学和经济学等交叉学科的理解不足甚至误解,造成研究结果不一甚至错误。另外,针对森林生态系统服务价值评估一般仅限于对某一区域的研究,因此研究结果不具有可比性,实际推广意义不大。研究针对以往混用和错用“功能”与“服务”给予纠正,对森林生态系统服务所包含的主要内容进行了清晰界定,并重新建立和完善了森林生态系统服务价值评价的指标体系和方法。但研究所建立的指标体系也不能精确地反映吉林省森林生态系统的真实情况,且受限于调查资料和研究方法的单一性,所包含的生态系统服务价值仅为粗略估计。但将森林生态系统服务效益以经济价值形式表现,有助于更加清晰地认识森林生态系统服务价值,且为林业经营管理提供依据,还为中国今后的经济和生态政策走势提供导向。

(2) 结合吉林省地方林业局的森林经营方案、中国林业统计年鉴和吉林省统计年鉴,以及实地调研取得的数据资料,首次评估了吉林省森林生态系统服务价值。结果表明 2013 年吉林省的森林生态系统服务总价值为 13 801.35 亿元,在总服务价值中以净化大气环境、生物多样性维护和涵养水源服务价值最高,分别占总服务价值的 74.09%,7.70%和 7.23%,这 3 项森林生态系统服务价值之和占总服务价值的 89.03%。

(3) 研究采用 Shannon-Wiener 指数法来评价生物多样性维护服务价值,较以往研究常用的支付意愿法更突出了森林环境下物种多样性的特点,避免了人为主观影响评估结果,且使结果更加客观合理。但由于未能考虑物种濒危和物价波动等影响因素,致使对珍稀物种的价值评价偏低,后期研究将对此方法做进

一步改进。

(4) 以马克思主义经济学的基本原理:劳动价值论和生产价格理论为基础[21],效仿市场活立木林价倒算法的理论和方法,推演得到森林蓄水量价格公式,并以吉林省为例验证了此推演公式的正确性、可行性和合理性,结果显示较以往研究更贴合实际,有力地提升了森林涵养水源价值核算的准确性和合理性,也使森林涵养水源价值研究评价方法更加科学。

4.2 讨论

(1) 森林生态系统不但可提供丰富的木材和林副产品等,还有效地发挥着多种生态系统服务如涵养水源、保育土壤、生物多样性维护和固碳释氧等[22-26],这些服务维持着自然环境并支撑着全球的生态平衡。Awkerman J A 等[23-25]也指出森林生态系统与气候环境、涵养水源、保育土壤和废弃物分解等有着密切关系,可见生态系统服务意义重大。如继续维持当前吉林省的森林资源现状,每年新增的生态服务价值约 13 801.35 亿元,其中涵养水源服务价值为 997.70 亿元,保育土壤服务价值为 941.61 亿元,生物多样性维护服务价值为 1 063.27 亿元等,可见森林生态系统服务价值很大且可持续。但这些生态系统服务效益未能得到充分利用。如涵养水源服务价值仅占总服务价值的 7.23%,保育土壤服务仅占 6.82%,生物多样性维护服务仅占 7.70%,均不到 10%,除 2013 年吉林省的化肥和固碳价格都较低外,还反映吉林省当地的森林和草原等生态资源退化已十分严重,随之带来水土流失、物种数量减少和质量下降等问题。因此,吉林省应加大森林/草原等资源保护和水土流失治理。继续实施退牧还林/还草工程,实施禁牧区和禁牧期等措施,积极实施人工造林并建立长效保护机制;构建以小流域为单元的水土流失治理和动态监测体系。尤其在水土流失严重区域建设截洪沟和补防等设施,在山坡、丘顶、江、河岸边营造水保林和护岸林等。

(2) 关于森林生态系统服务的价值评价研究,不仅包含生态学和林学等学科理论,还包含社会学和经济学等学科理论。其中生态学和林学等理论是主要研究基础,而经济学是主要研究手段。在研究中除需将这些学科紧密结合起来,还需要与中国社会、经济和文化的发展背景相适应,以便更好地为森林生态系统管理提供策略支持。

(3) 评价内容存在重复。由于对森林资源价值核算理论存有误区,未能区别开资源服务与资源本身价值,而是将各形态资源价值都统一视为森林资源价值进行评价,甚至出现将存量的资产价值与流量的服务价值直接相加的严重问题。另外,该研究也未考虑各服务之间的相互作用问题,而是将森林生态系统的各项服务价值单独评价并直接加总求取总价值,其结果往往很大。因此,为解决不同服务内容直接加总出现的重复性累加和协同作用等问题,今后考虑采用综合评价法来处理,以使结果更加客观合理。

[参 考 文 献]

[1] 石小亮,张颖,段维娜. 碳关税对我国出口企业的影响:基于投入产出模型的实证分析[J]. 上海经济研究,2014(10):37-47,56.

[2] Westman W. How much are nature's services worth? [J]. Science, 1977(197):960-964.

[3] Omer G, Mutanga O, Abdel-Rahman E M, et al. Performance of support vector machines and artificial neural network for mapping endangered tree species using worldview-2 data in Dukuduku forest, South Africa[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2015,8(10):4825-4840.

[4] 石小亮,张颖,单永娟,等. 云南省高原典型森林植被涵养水源功能研究[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(8):1366-1372.

[5] 赵金龙,王泺鑫,韩海荣,等. 森林生态系统服务功能价值评估研究进展与趋势[J]. 生态学,2013,32(8):2229-2237.

[6] 石小亮,张颖. 基于时空变域的森林生态系统管理研究概述[J]. 林业科技开发,2014,28(6):10-14.

[7] Son N T, Chen C F, Chang N B, et al. Mangrove mapping and change detection in Ca Mau Peninsula, Vietnam, using Landsat data and object-based image analysis [J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2015,8(2):503-510.

[8] 石小亮,陈珂. 吉林省森林涵养水源经济价值核算[J]. 水土保持通报,2015,35(5):169-172,179.

[9] Chen J, Low K H, Yao Y, et al. Gaussian process decentralized data fusion and active sensing for spatiotemporal traffic modeling and prediction in mobility-on-demand systems[J]. IEEE Transactions on Automation Science & Engineering, 2015,12(3):1-21.

[10] Bright B C, Hudak A T, Kennedy R E, et al. Landsat time series and lidar as predictors of live and dead basal area across five bark beetle-affected forests[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations & Remote Sensing, 2014,7(8):3440-3452.

[11] 石小亮. 吉林森工集团森林生态系统服务价值评价及预测研究[D]. 北京:北京林业大学,2015.

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

(下转第 325 页)

[21] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:25-38.
[22] 鲁绍伟,陈波,潘青华,等.北京松山 5 种天然纯林枯落物及土壤水文效应研究[J].内蒙古农业大学学报,2013,34(3):65-70.
[23] 王效科,冯宗炜,欧阳志云.中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究[J].应用生态学报,2001,12(1):13-16.
[24] 赵敏,周广胜.中国森林生态系统的植物碳贮量及其影响因子分析[J].地理科学,2004,24(1):50-54.
[25] 马钦彦,陈遐林,王娟.华北主要森林类型建群种的含碳率分析[J].北京林业大学学报,2002,24(5):96-100.
[26] 罗云建.华北落叶松人工林生物量碳计量参数研究[D].北京:中国林业科学研究院,2007.
[27] 周玉荣,于振良,赵士洞.我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J].植物生态学报,2000,24(5):518-522.
[28] 邓蕾,上官周平.秦岭宁陕县森林植被碳储量与碳密度特征[J].西北植物学报,2011,31(11):2310-2320.
[29] 刘伟,程积民,陈芙蓉,等.黄土高原中部草地土壤有机碳密度特征及碳储量[J].草地学报,2011,19(3):425-431.
[30] 武小钢,郭晋平,杨秀云,等.芦芽山典型植被土壤有机碳剖面分布特征及碳储量[J].生态学报,2011,31(11):3009-3019.
[31] 杨晓梅,程积民,孟蕾,等.不同林地土壤有机碳储量及垂直分布特征[J].中国农学通报,2010,26(9):132-135.
[32] Baties N H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world[J]. European Journal of Soil Science,1996,47(2):151-163.
[33] 刘世荣,王晖,栾军伟.中国森林碳储量与土壤碳过程研究进展[J].生态学报,2011,31(19):5437-5448.
[34] 崔鸿侠,肖文发,潘磊,等.神农架巴山冷杉林土壤碳储量特征[J].林业科学,2012,48(11):107-111.
[35] Sykes M T, Prentice I C. Carbon storage and climate change in Swedish forests: A comparison of static and dynamic modelling approaches[M]// Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle. Springer Berlin Heidelberg, 1996:69-78.
[36] Nabuurs G J. Significance of wood products in forest sector carbon balances[M]// Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle. Springer Berlin Heidelberg, 1996:245-256.
[37] Houghton R A, Skole D L, Nobre C A, et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon[J]. Nature, 2000, 403(6767):301-304.

(上接第 319 页)

[13] 国家林业局.中华人民共和国林业行业标准 LY/T1721-2008:森林生态系统服务功能评估规范[S].北京:中国标准出版社,2008.
[14] 石小亮,张颖,毛宇飞,等.基于层次分析法的伊春林区主导产业研究[J].四川农业大学学报,2015,33(1):93-98.
[15] Turner R K, Morse-Jones S, Fisher B. Ecosystem valuation[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2010,1185(1):79-101.
[16] 石小亮,张颖.森林涵养水源研究综述[J].资源开发与市场,2015,31(3):332-336.
[17] Adger W N, Moran D. Total economic value of forests in Mexico[J]. Social Science Electronic Publishing, 1995,24(5):286-296.
[18] Anderson R C, Laband D N, Hansen E N, et al. Price premiums in the mist[J]. Forest Products Journal, 2005,55(6):19-22.
[19] 石小亮,张颖,韩争伟.森林碳汇计量方法研究综述:基于北京市的选择[J].林业经济,2014,36(11):44-49.
[20] 蒲实.论我国城市自来水价格形成的理论基础[J].价格理论与实践,2008(12):39-40.
[21] 马克思.资本论:第 1 卷[M].北京:人民出版社,1976.
[22] 石小亮,张颖,单永娟.云南省森林涵养水源价值核算[J].中国林业经济,2014(4):54-56.
[23] Awkerman J A, Marshall M R, Williams A B, et al. Assessment of indirect pesticide effects on worm-eating warbler populations in a managed forest ecosystem[J]. Environmental Toxicology & Chemistry, 2011, 30(8):1843-1851.
[24] Asah S T, Blahna D J, Ryan C M. Involving forest communities in identifying and constructing ecosystem services: Millennium assessment and place specificity[J]. Journal of Forestry, 2012,110(3):149-156.
[25] 石小亮,陈珂,鲁晨曦.中国森林碳汇服务价值评价[J].中南林业科技大学学报:社会科学版,2015,9(5):27-33.
[26] 张翼飞. CVM 研究中支付意愿问卷“内容依赖性”的实证研究:以上海城市内河生态恢复 CVM 评估为例[J].中国人口·资源与环境,2012(6):170-173.