

水土保持林效益评价研究综述*

571 f. 5-6

沈 慧** 姜凤岐 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

【摘要】 水土保持林是防护林的一个重要林种, 具有生态效益、社会效益和经济效益。水土保持林综合效益的评价是当前的一个重要课题。效益评价的方法有多种, 因效益种类的不同而有所不同。效益评价的过程是, 首先要建立一套完整的指标体系, 确定指标体系中各要素的权重; 然后通过相应的数学方法进行效益的评价计算, 并在此基础上, 确立水土保持林综合效益评价的评估模型。文中还对几种有代表性的评价方法和评估模型做了点评, 指出了在水土保持林效益评价研究中存在的问题和今后的发展趋势。

关键词 水土保持林 效益评价 指标体系 评估模型

Benefit evaluation on water and soil conservation forest—A review. Shen Hui and Jiang Fengqi (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015). -Chin. J. Appl. Ecol., 1999, 10(4): 492~496.

Water and soil conservation forest is an important kind of protection forests, which has ecological, social and economic benefits. The evaluation on its comprehensive benefits is currently a significant topic, and the methodologies are quite different due to different interests. The evaluation process begins with constructing a set of complete index system and determining the weight of each index, then the benefits are calculated by appropriate mathematical methods, and last, the assessing models of evaluating comprehensive benefits are defined. Several representative evaluation methods and assessing models are appraised, and the problems and tendencies of research on benefit evaluation are pointed out in this paper.

Key words Water and soil conservation forest, Benefits evaluation, Index system, Assessing models

1 引言

水土保持林是森林分类中被划为防护林范畴的一个重要林种。被划为防护林种的森林, 都是通过以木本植物为主体的生物群落各自生命活动的生理机制与地域内外所涉及的环境因子(大气、太阳辐射、水分和土壤等)进行有序、有效的能量交换、流动以及物质循环, 直接对森林区域和周围环境起保护稳定、预防冲突及缓冲作用, 最终为人类社会生存和发展服务的^[19]。水土保持林正是针对各种水土流失的现状、形成及程度等土壤侵蚀状况的影响因素因地制宜、因害设防所营造的人工林工程^[2]。水土保持林具有保持水土、保护环境、造福人类的生态和社会效益, 这种意识正在为越来越多的人所接受。但是如何综合评价水土保持林的多种效益却是摆在世人面前的一项重大课题。

2 水土保持林效益评价研究现状

到目前为止, 专门研究水土保持林综合效益的文献尚不多见, 可是关于森林综合效益的研究成果较多。水土保持林是森林的一种, 所以在综合效益评价研究方面, 可以借鉴森林效益评价的思路和方法。自70年代以来, 国外许多研究部门和学者对发展中国家森林效益评价方法和技术进行了研究。原苏联自50年代末

期以来, 先后提出了一系列森林效益评价方法。我国在森林综合效益的研究方面也做了大量的工作, 尤其是近10年以来, 林学、生态学和经济学等方面的学者分别从生态环境、林业经营^[15]等多方面研究了森林的综合效益, 从理论上和生产实践上提出了许多独到的见解。国内许多学者从多方面提出了关于森林综合效益计量的思路, 如邓宏海提出了以级差地租理论^[5]为基础的计量原则, 张建国^[14]进一步从劳动价值论、时空统一原则、效益一体化原则和社会认可原则等几个方面提出了关于森林综合效益计量的思想。

3 水土保持林综合效益评价方法

水土保持林是一种复杂的森林生态系统, 具有多种功能和不同效益。由于这些效益的种类不同, 决定了各种不同效益应采用专门的方法单独进行评价。水土保持林综合效益评价, 包括直接经济效益评价和间接效益评价。间接效益的评价又可分为生态功能的效果评价、生态效果的经济评价和社会效益的计量评价。

3.1 直接经济效益的评价方法

水土保持林经济效益评价, 包括水土保持林产出效益和水土保持林再生产费用两个方面的评价。根据

* 国家“九五”科技攻关项目(96-007-01-06)

** 通讯联系人。

1999-01-27 收稿, 1999-05-19 接受

现行价格分别推算出各类标准地水土保持林的再生产费用(包括整地、造林、种苗、抚育间伐、更新伐以及基本建设折旧、维护和管理等费用和土地占用费等),再根据标准地的林木蓄积量和枝叶生物量(根据枝叶的发热值及数量将其折合成标准煤)以及林木出材率,现行木材价格和标准煤的价格,推算出水土保持林直接产出效益。然后,再对这两个方面进行总体评价和分析。常见的评价方法有静态分析法和动态分析法^[18,22]。

3.2 生态功能的效果评价方法

水土保持林生态功能的效果评价,应着眼于水土保持林给生态环境带来的物质效应,即从实物尺度来评价水土保持林在防止土壤侵蚀,调节径流,减少洪水总量,改善洪水过程,降低洪峰流量,减少河流泥沙输出量^[28,29],改良土壤,提高立地地位级,干物质积累量,土壤侵蚀程度的变化等方面的生态效果。

虽然有人把水土保持林所发挥的每一种生态功能都转化为一个确切的货币量来进行评价,但事实上,人们寻找出的各种对等物与实际生态效果不论是存在形态上,还是实际价值上都存在着很大的出入,不能完全反映出每一种生态功能所具有的真正的“生态价位”。因此,在评价水土保持林生态效益时,应以人们最为关心的、能普遍接受的生态因子的数量效果为主,而以生态效果的经济评价(即生态效益的货币计量)^[16]为辅。

3.3 生态效果的经济评价方法

常见的生态效果的经济评价方法是环境效益-费用分析法。它是把某一项目的直接投资与其机会成本之和作为该项目的费用;而把该项目实现以后提高的产品产出率和改善的环境质量,或增加舒适性而直接提高社会福利的所有效果,作为该项目的效益。从费用和效益的比较中,分析该项目在经济上的得失。可以用公式表示如下:

$$NPV = B_d + B_e - C_d - C_p - C_e$$

式中, NPV 为净现值; B_d 为项目的直接收益; B_e 为外部(或环境)收益; C_d 为项目的直接成本; C_p 为环境保护费用; C_e 为外部(或环境)费用。

用这种方法计量生态效益,首先需要确定各种生态效果,如侵蚀量、泥沙量等。其次,把这些生态效果定量化,即实际的物理量。然后,把这些物理量货币化。最后,进行经济评价和分析。水土保持林生态效益货币化是一项很困难的工作。不少学者就此提出了许多好的方法,其中等效益替代法和还原价值法是常用的两种易被理解和接受的方法。

等效益替代法是基于资源稀缺的一种分析方法。环境系统是由各种自然要素相互联系、相互制约而构成的。在一定区域的某些资源有限的情况下,人们往往可以用另一些资源作为替代品来加以利用。从价值观点看,二者之间具有等效益的必然联系性。在运用这种方法时,必须考虑到:第一,价格问题,必须用一种计算价格(即影子价格)来代替市价。第二,等效物的稀缺性。根据不同区域情况,适当选取一个调整系数,以求得等效物为社会承认的效益值。还原价值法是以防护林的再生产费用(补偿水土保持林生态效能利用损失的育林费用)为依据的。这种方法被许多学者认为是最合理的,因而得到广泛应用^[8]。

3.4 社会效益计量评价

水土保持林社会效益评价,是对某种一定面积的水土保持林所具有的生态环境保护功能,在某一特定的社会经济条件下,可能给社会带来的效益的货币计量。原苏联、美国、西德、日本、瑞典等国都对森林社会效益进行了不同程度的研究,且采用的计量方法各有特点,有些问题仍有较大争议^[23]。迄今为止,学术界所提出和讨论的评价方法,大体上可以归纳为3类:一是功能法。这类方法的研究对象是森林功能的自然属性,并从社会经济的角度研究特定的某种森林功能自然属性的机会成本;二是效益法。这类方法的研究对象是森林功能的社会属性,侧重于从节约社会劳动时间的角度,研究一定的森林可能给社会带来的实际效益;三是功能价值综合法。即把一定的森林所具有的立木价值和生态环境功能分别给予评价,然后再进行综合评价^[26]。

水土保持林社会效益因时空条件不同而有较大差异,它决定于水土保持林所在地区的自然条件与社会经济条件,以及社会利用水土保持林功能所达到的水平。所以在评价水土保持林社会效益的过程中,要具体问题具体分析,具体情况具体对待。常见的评价水土保持林社会效益的方法有:补偿变异法、相关计量法^[14]、等效益评价法、计算机会成本法^[26]、旅行费用法(TCM法)、随机评估法和收益损失法^[17]等,也有人把它们归为效果评价法和消耗评价法两大类。

4 综合效益评价的步骤

4.1 指标体系的建立

效益评价的首要工作是建立一套能客观、准确、全面并定量化反映效益的评价指标或指标体系。到目前为止,世界上还没有一个能被广泛接受的效益评价指标体系。要成功地提出一整套综合效益指标体系,必须

选择定性与定量相结合的原则和方法,首先由专家组研究指标体系的具体构成,依据水土保持林体系综合效益评价的目的,选取各项评价指标,评价指标应意义明确^[25],能较好地反映水土保持林体系的特征,符合生态经济理论和系统分析原理。周学安等^[19]指出,效益指标的确定应对应于其总效益与诸多分效益,可以由4级指标组成体系。Ⅰ级指标为总指标,称聚合指标(总效益指标);Ⅱ级指标为分类指标,又称性质指标(分效益指标);Ⅲ级指标为具体指标,又称体现指标(准效益指标);Ⅳ级指标为结构指标,又称效益构成指标(也即计算效益的基础指标)。其次,分析指标体系中各项要素之间的相互作用和相互联系,提出它们在综合体系中的相对地位和相对影响,也就是所占的权重。近几年来,随着线性代数、模糊数学、集合论和电子计算机的应用,人们确定权重的方法正在从定性和主观判断向定量和客观判断的方向逐步发展^[9]。目前常用的方法有:专家评估法(特尔菲法)^[13]、频数统计分析法、等效益替代法、指标值法、因子分析法、相对系数法、模糊逆方程法和层次分析法^[7, 30]等。最后,在不同层次上,综合成具有横向维、竖向维和指标维的三维综合效益指标体系^[8]。

4.2 效益评价计算方法

确定了效益评价指标体系和指标的权重,即可进行效益的评价计算。现在比较通行的方法是,把各具体指标值转化为无量纲的标度^[21],或用分段法、模糊数学的隶属度函数法等,然后把标度值与该指标的权重值相结合。计算生态、经济、社会各类效益的方法是把指标标度值同权重的乘积相加,计算总体效益是把三大类效益再次以赋权相加。代表性评价方法是模糊综合评价法^[9]。

4.3 评估模型的建立

评估模型建立的主要程序是:第一,应对林分进行详尽的可利用功能的调查,即了解该片水土保持林可被利用的功能种类;第二,研究估测每种可利用功能可能达到利用的程度,是利用得很充分,还是只限于一般性利用,或是利用水平暂时还不理想;第三,给不同的利用程度确定量化比重,如设充分利用为100%,一般利用为50%,暂时还不理想为20%;第四,设计林分利用功能的计算模型,即评估模型。建立评估模型,一方面可以进一步验证用指标比较方法进行评价的优越性;另一方面又可以对不宜于或难于用指标比较方法进行评价的方案进行优化处理^[1]。评估模型建立的关键性问题是:确定效益评价的统一尺度;确定在此尺度下的计量指标体系;将不同性质的效益内容用适当方

法,在统一尺度中加以衡量^[3]。

5 几种有代表性模型的点评

目前,提出水土保持林综合效益评估模型的文献尚不多见,但一些用于评价森林综合效能、水土保持综合效益和小流域治理综合效益的数学模型和方法,在水土保持林综合效益评价中同样适用。比较典型的几种评估模型有:

1) 蒋定生等^[24]提出的多维回归方程

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \cdots + a_nx_n$$

同样可以作为描述水土保持林综合效益的评估模型。此模型是在实验的基础上建立的,数据来源可靠;将每项效益中实验所得的数字统一折算成5分制计分,以将各指标换算为可比的数量标度,方法简单易行。不足之处是不能从宏观角度对水土保持的综合效益进行分析评价。

2) 车克钧等^[4]研究提出森林综合效能的评价可用一个和的计量模式来表示,即综合效能(E) = 直接经济效益(Ed) + 生态效能(Ee) + 社会效能(Es),其中:

直接经济效益

$$Ed = \sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^n G_{ik} + P \cdot \sum_{i=1}^l V_i$$

$$(i = 1, 2, \cdots, l; k = 1, 2, \cdots, n)$$

式中, G_{ik} 为第 i 林场第 k 项直接经济效益的已获得量; P 为木材单价; V_i 为第 i 林场 5% 的年净生产量。

生态效能

$$Ee = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n e_{ik} \cdot \sum_{i=1}^m A_i$$

$$(i = 1, 2, \cdots, m; k = 1, 2, \cdots, n)$$

式中, e_{ik} 为第 i 林场第 k 项生态效能指标; A_i 为第 i 林场水土保持林保存面积在计量年度内的累计公顷数。

社会效能

$$Es = \sum_{i=1}^n X_i \quad X_i = p_i \cdot q_i \cdot r_i \quad (i = 1, 2, \cdots, n)$$

式中, X_i 为第 i 项社会效能指标; p_i 为第 i 项社会效能的等效益单价; q_i 为第 i 项社会效能的等效益物数量; r_i 为第 i 项社会效能的等效益调整系数。同样适用于水土保持林综合效益评价。这种方法思路清晰,容易理解。但实际操作繁杂,需要大量的调查数据;而且在评价综合效能时,如果先对经济、生态和社会3项效能根据实际情况中相对重要性分别赋权再相加,结果会更加科学和实用。

3) 李智广等^[12]认为,可用加权综合指数法来评价小流域治理的综合效益,对每个评价指标定出等级,用分值(0~10)表示,将各评价指标所得分值用加权法累计

得总分值,按总分值大小排序,以决定对象的优劣.其计算式为:

$$A = \sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i$$

$$(0 < W_i < 10, \sum_{i=1}^n W_i = 10, i = 1, 2, \dots, n)$$

式中, A 为小流域治理综合效益; W_i 为第 i 指标的权重; X_i 为第 i 指标的得分值.用这种方法评价水土保持林的综合效益,可以反映出各评价指标的重要性程度.但由于众多指标聚集一起,没有层次之分,导致个别因子对效益影响反映不敏感.可用限制指标阈值的方法来进行处理.

4) 任焯等^[6]提出的综合效益指数也可用来评价水土保持林的综合效益.综合效益指数的计算方法是:首先用 AHP 法确定各指标权重值,然后利用隶属度函数对各指标值进行模糊变换,建立线性加权和函数:

$$U_{i(t)} = \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_j \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

据此计算 t 时段综合效益指数.这是一种动态分析评价方法,可以反映出不同时期水土保持林的效益状况.方法特点与 3) 相类似.

5) 黎锁平^[27]认为,应用灰色系统的理论和方法对水土保持综合效益进行系统分析和评价是最为恰当和科学的.灰色系统评价就是利用灰色系统理论,尤其是关联度分析原理对多种因素所影响的事物或经济现象作出全面、系统、科学的评价.关联度分析原理是系统发展态势的统计数据列几何关联相似程度的量化分析比较方法.每个流域的所有指标实测值构成一个数据列,记为:

$$X_{i(k)} = |X_{i(1)}, X_{i(2)}, \dots, X_{i(n)}|$$

$$(i = 1, 2, \dots, m)$$

所有单项指标最优值组成参考数据列

$$X_{0(k)} = |X_{0(1)}, X_{0(2)}, \dots, X_{0(n)}|$$

各流域与评价标准 $|X_0|$ 的关联系数 $\theta_{i(k)}$ 为:

$$\theta_{i(k)} = \frac{\Delta \min + R \cdot \Delta \max}{\Delta i(k) + R \cdot \Delta \max}$$

$$(i = 1, 2, \dots, m; K = 1, 2, \dots, n)$$

其中, $\Delta i(k) = |X_{i(k)} - X_{0(k)}|$, $\Delta \min = \min_i [\min_k \Delta i(k)]$, $\Delta \max = \max_i [\min_k \Delta i(k)]$, R 为分辨系数 ($0.1 \leq R \leq 0.5$).

关联系数 $\theta_{i(k)}$ 只反映在一个指标上的关联情况,要表示与最优评价标准在全部指标上的关联程度,就要用关联度 r_i 来表示:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \theta_{i(k)}$$

r 值越大,说明小流域水土保持综合效益越好.这种方

法从宏观上以系统论的观点对水土保持综合效益作了评价,而且提出了效益评价的最优标准,也是适用于水土保持林综合效益评价的一个好方法.

总之,在评价水土保持林的综合效益时,只要条件满足某模型的基本假设,就可以选择该方法进行效益评估;如果条件允许,最好同时选用多种方法进行评估,以便从不同角度检验水土保持林的效益.

6 结 语

水土保持林效益评价是多目标、多因素、多层次和多指标的综合评价^[30].评价方法从过去以定性为主的评价,逐步发展为以定量为主的评价;从单因素、单目标评价到多因素、多功能、多指标的综合评价;从主观成分较多的经验性评价到利用数学方法对主观成分进行“滤波”处理,效益评价的方法日渐科学和客观.但是,在水土保持林效益评价中仍然存在一些问题.如在众多指标评价体系中,有些层次划分比较含混,有些项目的选择不具代表性,有些选择的项目互相交叉、重叠和包容,或不在同一层次上.在选择数个由一系列基础项目计算出的综合指标时,其复杂的测算工作难以在生产中推广应用.此外,采用不同的评价方法对同一林地不同时段、或同一时间对不同地区的同种林分作效益评价,缺少纵向或横向可比性.因此,考虑到各林分的立地条件、主要作用和树种组成等方面的差异^[10],以及评价的计算问题,效益评价应采用一些共有的、代表性强的指标.评价指标有层次和类型之分,准则根据具体问题而定^[11].但无论采取哪一种评价方法,均应以科学、合理、简便和实用为前提.地理信息系统(GIS)技术的发展及其在生物地学方面的应用,从定性、定量和定位三方面显示出水土保持林的综合效益,其评价方法和评估模型将成为效益评价的发展趋势.

参考文献

- 1 王礼先.1987.小流域综合治理效益的评价方法与指标.人民黄河, (4): 50~52.
- 2 王礼先编.1995.水土保持学.北京:中国林业出版社.
- 3 王 兵,吴 斌等.1994.小流域水土保持生态经济效益综合评价模型的研究.水土保持学报, 8(3): 59~63.
- 4 车克钧,傅辉恩等.1992.祁连山水源涵养林综合效能的计量研究.林业科学, 28(4): 290~296.
- 5 邓宏海.1985.森林生态效能经济评价的理论和方法.林业科学, 21(1): 61~67.
- 6 任 焯,张 丰.1995.中沟流域水土保持综合治理经济分析与效益评价.中国水土保持, (10): 24~26.
- 7 向成华.1996.川中浅丘区不同林分类型的综合效益评价.土壤侵蚀与水土保持学报, 2(1): 61~68.
- 8 孙立达,朱金兆主编.1995.水土保持林体系综合效益研究与评价.北京:中国科学技术出版社.

- 9 孙立达等. 1993. 小流域综合治理的动态监测与效益评价研究进展. 水土保持学报, 7(4): 84~95.
- 10 孙时轩主编. 1992. 造林学. 北京: 中国林业出版社.
- 11 李忠魁. 1995. 关于水土保持林效益的讨论. 水土保持通报, 15(5): 58~63.
- 12 李智广、李 锐. 1998. 小流域治理综合效益评价方法刍议. 水土保持通报, 18(5): 19~23.
- 13 吴建军、王兆寿等. 1992. 生态农业综合评价的指标体系及其权重应用生态学报, 3(1): 42~47.
- 14 张建国、杨建洲. 1994. 福建森林综合效益计量与评价(续完) 生态经济, (6): 10~16.
- 15 张健夫、陈国明. 1993. 集水区营造水土保持林经济效益显著. 吉林林业科技, (2): 59~60.
- 16 陈太山、任恒祺等. 1984. 防护林经济效益指标体系和计算方法的探讨. 北京林业学院学报, (2): 36~48.
- 17 罗明灿、马焕成. 1996. 森林资源评价研究概述. 西南林学院学报, 16(2): 115~120.
- 18 周再知、许煌灿等. 1992. 藤类人工林经济效益评价. 林业科学研究, 5(1): 47~55.
- 19 周学安主编. 1998. 水源涵养林效益计量评价及工程建设技术对策研究. 北京: 中国林业出版社.
- 20 赵焕臣、许树柏等. 1990. 层次分析法——一种简易的新决策方法. 北京: 科学出版社.
- 21 胡秉民、王兆寿等. 1992. 农业生态系统结构指标体系及其量化方法研究. 应用生态学报, 3(1): 42~47.
- 22 崔云鹏. 1993. 泥河沟流域(城)面水土保持工程效益评估. 西北林学院学报, 8(2): 75~82.
- 23 崔铁成、张爱芳等. 1993. 森林生态和社会效益的综合评价与实现途径. 水土保持学报, 7(3): 93~96.
- 24 蒋定生等. 1990. 黄土高原坡耕地水土保持措施效益评价试验研究. 水土保持学报, 4(4): 8~20.
- 25 程根伟、钟祥浩. 1992. 防护林生态效益定量指标体系研究. 水土保持学报, 6(3): 79~86, 90.
- 26 廖士义、温亚力. 1989. 浅论森林资源及其经济评价. 林业科学, 25(5): 459~466.
- 27 黎锁平. 1995. 水土保持综合治理效益的灰色系统评价方法. 水土保持科技情报, (4): 23~26.
- 28 Dumanski, J. et al. 1986. Soil conservation in Canada. *J. Soil Water Conserv.*, 41(4): 204~210.
- 29 Heimlich, R. E. and Bills, N. L. 1984. An improved soil erosion classification for conservation policy. *J. Soil Water Conserv.*, 39(4): 261~266.
- 30 Li Zhongkui. 1988. Analysis of soil conservation benefit in Tongshuang watershed. Fifth International Soil Conservation Conference, Bangkok, Thailand.

作者简介 沈 慧, 女, 1971年生, 博士, 导师是姜凤岐研究员, 主要研究方向是林业生态工程, 发表学术论文多篇.

欢迎订阅 2000 年《应用生态学报》

《应用生态学报》是经国家科委批准、科学出版社出版的国内外公开发行的综合性学术刊物. 本刊宗旨是坚持理论联系实际的办刊方向, 结合科研、教学、生产实际, 报导生态科学诸领域在应用基础研究方面具有创新的研究成果, 交流基础研究和应用研究的最新信息, 促进生态学研究为国民经济建设服务.

本刊专门登载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、草地牧业生态学、渔业生态学、自然资源生态学、全球生态学、污染生态学、生态工程学等)的综合性论文、创造性研究报告和研究简报等.

本刊读者对象主要是从事生态学、地学、林学、农学和环境科学研究、教学、生产的科技工作者, 有关专业的大学生及经济管理和决策部门的工作人员.

本刊与数十家相关学报级期刊建立了长期交换关系, 《中国科学引文索引》、《中国生物学文摘》、美国《生物学文摘》(BA)、美国《化学文摘》(CA)、英国《生态学文摘》(EA)、日本《科学技术文献速报》(CBST)和俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)等十几种权威检索刊物均收录本刊的论文摘要(中英文), 并被中国科学技术信息研究所列入中国科技论文统计用期刊之一. 本刊的整体质量与水平已达到新的高度, 1992年荣获全国优秀科技期刊三等奖和中国科学院优秀期刊二等奖, 1996年荣获中国科学院优秀期刊三等奖, 1993年入选最新“中国自然科学核心期刊”.

本刊为双月刊, 大16开本, 160页, 逢双月18日出版, 期定价20.00元, 全国各地邮政局(所)均可订阅, 邮发代号8-98. 错过订期也可直接向本刊编辑部邮购. 地址: 110015 辽宁省沈阳市文化路72号《应用生态学报》编辑部. 电话: (024)23916250, E-mail: cjae@iae.syb.ac.cn