

# Development and Application of the Shelter Forest Health Evaluation Index System in Bashang Region of Hebei

Kehui Zhang, Jianfeng Liu\*

Hebei Engineering Research Center for Geographic Information Application, Institute of Geographical Sciences, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang Hebei  
Email: 1139298333@qq.com, \*ljf70s@126.com

Received: Jul. 11<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 27<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 3<sup>rd</sup>, 2018

---

## Abstract

Bashang Region of China is windy and dry with heavy soil desertification and fragile ecological environment. Therefore, the construction of shelter forests is of great significance. The forest health assessment is a primary technique to provide accurate information on the health status of forest ecosystems and a major monitoring means to ensure their benign and orderly operation. On the basis of summarizing the existing literature, this paper explores the interpretation of the concept of forest health by domestic and foreign scholars, and then explains the concept of shelter forest health based on the characteristics of shelter forests. In addition, the forest health evaluation index system is proposed by analyzing the impact factors of shelter forests in Bashang Region of Hebei. Furthermore, the shelter forest in Zhangbei area was taken as a case study giving fairly consistent results.

## Keywords

Shelter Forest, Bashang Region of Hebei, Health Evaluation, System

---

# 河北坝上地区防护林健康评价体系构建及应用

张可慧, 刘剑锋\*

河北省科学院地理科学研究所, 河北省地理信息开发应用工程技术研究中心, 河北 石家庄  
Email: 1139298333@qq.com, \*ljf70s@126.com

收稿日期: 2018年7月11日; 录用日期: 2018年7月27日; 发布日期: 2018年8月3日

---

\*通讯作者。

## 摘要

河北坝上地区风大干燥、土壤沙化较重、生态环境脆弱, 防护林的建设意义重大, 而森林健康评价则是准确地提供森林生态系统健康状况信息, 保障其良性有序发展的主要技术监测手段。该文在总结已有研究的基础上, 探究了国内外学者对森林健康概念的阐释, 进而结合防护林的特征, 做出了防护林健康概念的诠释, 同时在分析河北坝上地区防护林影响因子的基础上, 首次给出了其健康评价体系, 并以河北省张北地区防护林为研究对象, 进行了实例研究, 取得了较好的应用效果。

## 关键词

防护林, 河北坝上地区, 健康评价, 体系

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

从 20 世纪 70 年代开始, 防护林建设作为我国一项重要的生态工程, 在防风固沙、保持水土、涵养水源、保护生态环境中取得了可喜的成绩, “三北”防护林体系工程在国际上被誉为“中国的绿色长城”、“生态工程世界之最”。但防护林建设的同时也出现了一系列的问题。21 世纪初期, “三北”防护林的河北坝上段, 上百万亩防护林濒临衰死, 就是其中比较突出的问题之一。究其原因, 我国目前已建防护林退化问题较突出, 更新步伐未能跟进, 防护林建设未能完成健康监测和向可持续林业的转变。故对防护林进行健康监测, 设立科学的健康评价体系, 实时掌握林木健康状况, 才能及时实施林木更新、森林修复等相关措施, 保障防护林生态系统的持续健康发展。

目前, 国内外对森林健康评价的研究[1][2][3]发展较迅速, “森林健康”的概念是在生态系统健康的基础上引入的, 并逐步被推广和完善, 学者们将“森林健康”作为森林状况评估和森林资源管理的标准和目标[4][5]。森林健康研究最早出现于 20 世纪 60 年代, 而国外学者对于“森林健康”概念有不同的认识[6][7][8][9][10]; 国内学者多引用或拓展国外的研究定义, 普遍认为森林健康是森林具有恢复力、维护动态平衡、保障生态服务功能等的一种系统性状态[11][12][13]。由于受地域、用途等的不同, 对森林健康定义的诠释也会有差异。而森林健康的概念同样适用于防护林健康评价, 目前, 国内外已有学者对防护林健康评价体系进行了探讨[14][15][16][17][18], 但多侧重于林分水平、生态环境效益、主体林种和成熟面积等自然生态特征的评价, 缺乏综合考虑防护林系统自然规律和经营管理的健康评价体系研究。

本文在借鉴国内外森林健康评价研究成果的基础上, 针对河北坝上地区防护林的自然、生态、管理、经济特征, 诠释了防护林健康的概念, 系统探究其影响因素, 并提出相应的健康评价体系, 为防护林的更新、种植、修复和保护提供科学依据。

## 2. 研究区概况和数据

选择具有典型代表意义的张北防护林片区作为研究区域, 张北地处冀西北坝上地区, 地势总体东南高西北低, 海拔在 1300~2128 m 之间; 属半干旱区温带大陆性季风气候, 四季分明、日照充分、蒸发量

大、多风少雨, 多年均降水量 400 mm 左右, 而年平均大风日数 63.3 d; 土壤风蚀沙化较严重, 土壤种类较多, 以草原栗钙土亚类分布最广; 自然植被以耐寒的旱生草本植物为主, 伴生小灌木。张北防护林区是“三北”防护林工程、京津风沙源治理工程的重点区域, 以小叶杨和落叶松为主要种植树种。

研究选取典型样地 14 块, 设监测样点 126 个(见图 1)。通过野外勘察, 进行实地测量和相关历史资料收集等手段获取研究指标数据, 包括郁闭度、林分龄级、疏密度、蓄积量、平均树高、平均胸径、群落结构、林地属性、生长量、树冠透视度、枯顶比例、降水量、坡度、坡向、坡位、海拔、更新幼苗数量、土壤含水量、土壤质地、土壤肥力、枯落物厚度、病虫害和管理方式等指标数据。

### 3. 防护林健康概念的诠释

作为一种有效的生态保护措施, 防护林工程在国内外已广泛实施, 其相关研究也得到了学术界的广泛关注。防护林是以发挥防护效应为基本经营目的的森林的总称[19], 故其包涵森林生态学和社会经营学两层用途。在考虑防护林健康概念中, 应包含以下几个方面: 1) 防护林首先是一种具有防护功能的森林, 其健康状态应具有森林生态系统的特征, 即稳定性、恢复力、多样性等; 2) 防护林应包含防护林技术的内涵, 即造林技术、抚育技术、更新能力等; 3) 防护林处于生态防护保护目的, 是包含天然林、次生林和人工林的综合林体, 也是一种以经营为手段的森林体系, 具有社会属性和意义, 其健康状态应考虑其社会管理能力, 即防护效益、环境服务功能、管理措施等。

## 4. 防护林健康评价体系构建

### 4.1. 影响防护林健康的主要因素

防护林的建设需考虑该区域气候资源、水土资源和生物资源的综合配置, 以改善当地生态环境, 促进农牧业健康发展为目标。根据对防护林健康概念的剖析及其管理目的, 分析其影响因素。

1) 空间结构与配置。防护林的空间结构与配置是维持防护林自身生态系统平衡、稳定与恢复力的重要因素, 其因地域、环境、灾害胁迫、树木生态学特征等的不同而不同。如树种配置是否适宜会关系到对水资源的消耗程度、对病虫害的抵御能力、对环境的保护效应等问题。于金涛等的研究表明不同林种防护林的健康状况排序为: 阔叶混交林 > 针阔混交林 > 针叶混交林 > 阔叶纯林 > 马尾松纯林[14]; 赵赫然等对华家岭防护林带不同树种生长特征的研究表明云杉与杨树混交林的生长状况略好于杨树纯林,

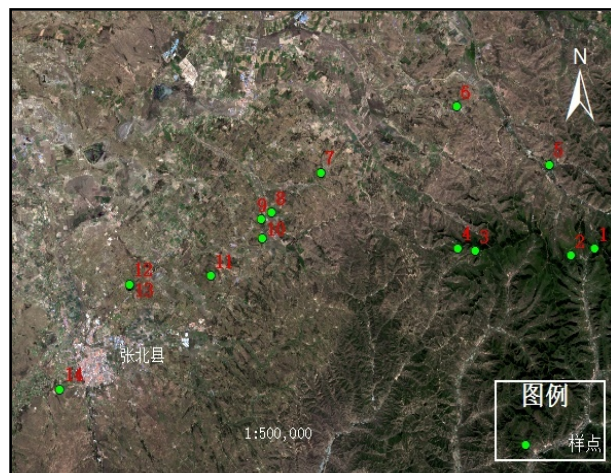


Figure 1. Distribution of sample plots in Zhangbei shelter forest areas

图 1. 张北防护林健康评价样地示意

而油松纯林的生长状况却优于云杉与油松的混交林[20]。同时,防护林结构是影响防护林功效的关键因素[21],其主要表现在林分内树木干、冠、叶的密集程度和分布状态,由林分郁闭度、龄级、疏密度、林分分层(乔、灌、草等)、平均树高、平均胸径等众多因子综合决定。

2) 干旱胁迫。区域性降水偏低、干旱持续是造成河北坝上林地退化的重要原因之一。研究区的年均降水量多处于 300~500 mm,若遇到干旱年份,其年降水量会降至 300 mm 以下,而其蒸发量往往会相对较大,导致土壤含水量较低,这样的水资源环境,对林木的生长非常不利,对防护林建设中的树种选择、幼苗成活率、生长速度、成株枯损等均有直接的影响。

3) 土壤质地的影响。区域土壤存在不同程度的沙化,长期的沙化会使土质疏松,不能存放水分和固定幼苗,若遇大风,会折损幼苗,对新苗的栽育非常不利。同时,肥力保持能力较差,减缓林木的生长,严重的会出现滞长现象。根据郑春雅等对张北坝上防护林退化与土壤性质的研究可知,严重退化防护林的土壤硬度明显高于未退化防护林土壤硬度[22],主要是因为土壤硬度越高,对植物吸收土壤中水分和养分的影响就会越大,致使抑制植物根系的正常生长。土壤质地的不同,也会导致保墒、保肥能力的差异,从而影响林木生长。枯落层厚度将影响土壤墒情及土壤肥力和土壤质地的改良。土层厚度、土壤有机质含量、土壤含水率等因素都会对林木的生长产生影响。

4) 地形地貌。地形地貌是防护林建设的主要立地条件之一,其指标包括坡度、坡向、坡位、海拔等。不同坡度会给不同树种提供相应的适生环境,如杨树一般适生于 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ,油松适生于 $15^{\circ}\sim 34^{\circ}$ ,刺槐适生于 $5^{\circ}\sim 24^{\circ}$ 等,坡度超出一定阈值时,影响树木的生长和保水性能。树木的生长与海拔有着密切的关系,相关研究表明,云杉在生长的海拔区域内,一定程度的升高海拔更有利于其胸径及树高的生长[23][24]。防护林带阴、阳坡林木生长具有显著的差异性,总体呈现阴坡生长状况优于阳坡[20]。对于不同的坡位,多项研究表明土层厚度、土壤水及土壤有机质含量等因子表现为上坡位 < 中坡位 < 下坡位[25][26]。

5) 自然灾害与人为扰动。病虫害与火灾是影响防护林健康的两个主要灾害因素。森林病虫害具有多样化和易发性,食叶虫害、蛀干虫害、地下虫害均有发生的可能,其发生的频率和严重度与树种的选择和林地的管理有着密切的关系。河北坝上地区防护林建设多以杨树、松树为主,树种单一,生物多样性水平低,易受病虫害侵害,而病虫害的扩散能力则与林分结构也有非常大的关系,林分结构简单,会造成大面积林木遭受病虫害的侵害。研究区防护林多处于干旱少雨且风速较大的地域,林火发生的风险性非常高,火灾一旦发生会迅速蔓延,很难控制,其损失不可估量。火灾分为自然灾害和人为火灾,而人为火灾的发生源头是可控的,与管理保护制度与机制密不可分。防护林一般紧邻人类活动频繁区域,盗伐、放牧(牲畜啃咬树皮)等人类活动也将在一定程度上影响防护林健康状况。

6) 经营管理。对防护林的经营管理,主要是指培育防护林使其健康、持续发展的各项措施,实现防护林效益的高效、稳定,发挥其良好的社会服务功能。包括幼林抚育期的施肥、灌溉、定株、间作等措施,生产发育期的修枝、间伐等措施,成熟期的维护措施以及更新期的择伐、渐伐、更新等措施,同时还包括围栏等森林保护政策和措施。而防护林的经营也将是持续的、不间断的、近自然的经营,主要表现在土壤肥力、土壤含水量、疏密度、枯落物厚度、更新能力、管理政策等因子上。

## 4.2. 评价体系的层级因子组成

根据河北坝上地区防护林健康的影响因素分析和其自身生态系统恢复平衡能力的要求,同时考虑防护林建设要求和管理目的,建立防护林健康评价指标体系。在指标因子的选取中考虑林分结构、生产力、生物多样性、树木活力、立地条件、有害胁迫、更新能力、土壤质量和管理水平作为其一级指标;在二级指标因子的选择中,由于涉及的因子较多,其因子中高度相关的因子也较多,为减少因子重复性计算和多因子定量误差,需对所涉及因子进行优选。考虑主要影响因子,并减少高相关因子冗余度,获得二级因子如图 2。

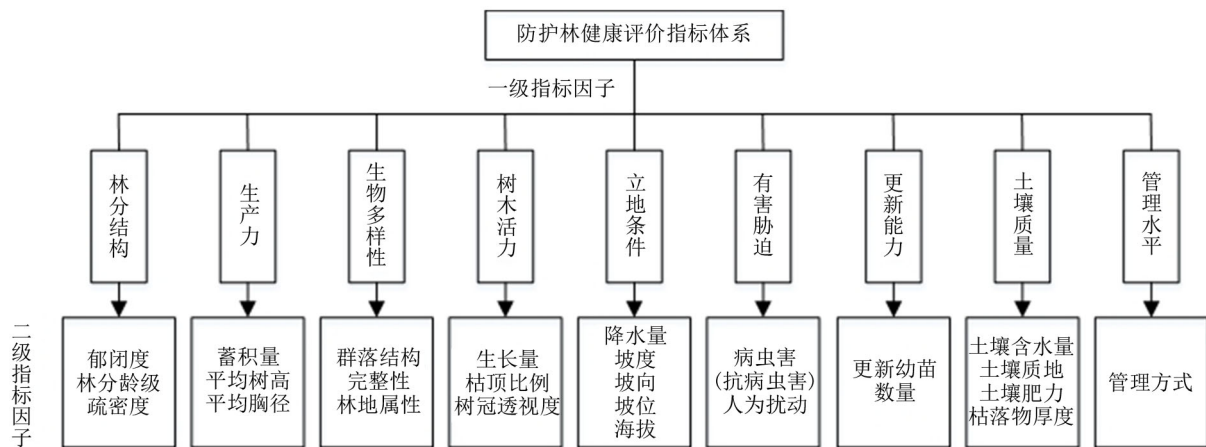


Figure 2. Indicators for shelter forest health evaluation system

图 2. 评价体系的层级因子示意

### 4.3. 评价方法

应用于生态系统健康评价的技术方法, 均可应用于防护林健康评价中。常用的方法主要有: 指示物种法、综合指标评价法、主成分分析法、层次分析法、复合结构功能指标法、Delphi-AHP 法、神经网络模型法、模糊综合评价法等。关于森林健康评价的已有研究中, 陈高提出综合构成指数(Integrated Compose Index, ICI)模型, 成功评估了长白山阔叶红松林受损生态系统的健康状况[5]; 刘恩天、张江等运用模糊综合评价法, 对森林健康评价体系的构建做了有益的探讨[27] [28]。研究表明, 综合指标评价法[5]是目前易于操作且应用成熟的评价方法, 其表达式为:

$$P = \sum_{i=1}^n w_i a_i \quad (1)$$

式中:  $P$  为防护林健康评价综合指数;  $a_i$  为评价因子;  $w_i$  为权重系数;  $i=1,2,\dots,n$ ,  $n$  为评价因子个数。

为便于防护林健康评价的定量计算, 要求对各指标进行量化, 指标体系中含有定量指标和定性指标两大类, 对于定量指标可直接参与计算或取其量级, 而对于定性指标需根据区域实际情况给出其相应的定量级别, 以其量级值参与计算。指标体系中涉及正向因子和逆向因子以及量级的差异, 为计算量化统一, 应对各指标因子进行标准化处理, 正向因子标准化采用  $x_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$ , 逆向因子标准化采用  $x_i = (x_{\max} - x_i) / (x_{\max} - x_{\min})$ 。

综合评价中, 指标因子权重的核定是关键步骤, 其准确与否关系到评价结果的精度。研究中较常用的是专家建议与层次分析法相结合确定因子的量化权重。

## 5. 评价结果及分析

根据本文方法构建研究区防护林健康评价指标体系, 通过指标敏感性分析最终获取适用于研究区域的二级指标因子, 用于评价模型的构建; 对各指标进行量化分析并获取相应的量化分级数值, 通过专家打分结合层次分析法获取各指标因子的权重数据; 最终构建评价模型, 计算综合评价结果, 对其进行分级表述(见表 1)。

通过对评价结果与实际勘察结果的对比分析可知, 本文方法评价结果与实际防护林健康状况非常吻合, 如样地 7 与样地 14 的综合评价价值分别为 0.5396 和 0.4798, 为亚健康状态, 这两块样地均存在过熟林大量死亡及枯顶、树势过弱、病虫害、林下植被稀疏等退化现象(图 3(a)); 而在样地 1 及样地 2, 其综合评价价值分别达 0.7933 和 0.8152, 为健康状态, 实地勘察发现树势良好、基本无病虫害、树种适宜性强、

**Table 1.** Classification of the integrated assessment result**表 1.** 综合评价结果分级

评价分级	评价值
健康	0.8001~1.0000
较健康	0.6600~0.8000
基本健康	0.5500~0.6599
亚健康	0.4500~0.5499
不健康	0.0000~0.4499

**Figure 3.** Photos of sample plots**图 3.** 样地实景照片

林下植被茂密、阴坡土壤保墒条件好等(图 3(b))。

同时在实地勘察与评价值对比中发现, 在区域土壤质地及类型、降水量等立地条件背景值大致相同的情况下, 树龄、树种及后期管理对林地健康水平起着较为重要的作用。而相同树龄和树种的林地, 平原地区立地条件中水分条件、土壤质地等起到较重要的作用, 山区立地条件中坡面朝向对林地健康水平起到非常重要的作用。

## 6. 结语

森林健康评价已作为一种有效的手段应用于各种森林生态系统健康状况的研究中, 并将逐步应用于实际管理中。探索河北坝上地区防护林健康评价体系, 对该区域森林生态系统的保护和建设管理至关重要, 本文给出了该类区域较为合理的防护林健康评价体系, 并在应用中取得了较好的效果。但本文指标体系涉及指标较多, 需实际测量和跟踪的任务较繁重, 下一步应积极探索更为合理的森林健康概念理论和实时有效的技术方法, 如推进遥感技术的应用等。

## 基金项目

河北省科学院科技攻关项目(17108)。

## 参考文献

- [1] 沈剑波, 雷相东, 舒清态, 张会儒. 国内外森林健康评价指标体系综述[J]. 科技导报, 2011, 29(33): 72-79.
- [2] 张恒. 华北地区自然保护区森林健康评价研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [3] 刘芬. 内蒙古大兴安岭森林生态系统健康评价遥感模型研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016.
- [4] 袁兴中, 刘红, 陆健健. 生态系统健康评价——概念构架与指标选择[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 627-629.

- [5] 陈高, 邓红兵, 代力民, 吴钢. 综合构成指数在森林生态系统健康评估中的应用[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1725-1733.
- [6] Costanza, R. (1992) Toward an Operational Definition of Ecosystem Health. In: Costanza, R., Norton, B.G. and Haskell, B.D., Eds., *Ecosystem Health: New Goals for Environment Management*, Island Press, Washington DC, 236-253.
- [7] Covington, W.W., Fule, P.Z. and Moore, M.M. (1997) Restoring Ecosystem Health in Ponderosa Pine Forest of the Southwest. *Journal of Forestry*, **95**, 23-29.
- [8] Dale, J. (2000) Forest Health in West Coast Forests. Oregon Department of Forestry, Salem.
- [9] O'Laughin, L., Livingston, R.L. and Their, R. (1993) Defining and Measuring Forest Health. In: Sampson, R.N., Ed., *Assessing Forest Health in the Land West*, Food Products Press, New York, 65-86.
- [10] Kolb, T.E. (1994) Concepts of Forest Health Utilitarian and Ecosystem Perspectives. *Journal of Forestry*, **92**, 10-15.
- [11] 陈高, 代力民, 姬兰柱, 邓红兵, 郝占庆, 王庆礼. 森林生态系统健康评估 I. 模式、计算方法和指标体系[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1743-1749.
- [12] 高均凯. 深入研究积极探索中国森林健康之路[J]. 绿色中国(理论版), 2004, 1(24): 14-16.
- [13] 肖风劲, 欧阳华, 孙江华, 张志诚. 森林生态系统健康评价指标与方法[J]. 林业资源管理, 2004, 26(1): 27-31.
- [14] 于金涛, 雷静品, 王鹏程, 肖文发. 秭归县防护林健康评价指标体系的建立及应用[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2094-2104.
- [15] 马静娜. 防护林生态效益评价研究综述[J]. 防护林科技, 2012, 30(1): 79-82.
- [16] 马国青, 宋菲. 三北防护林工程区森林状况综合评价[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(5): 108-111.
- [17] 刘学全, 唐万鹏, 汤景明, 张家来. 鄂西三峡库区防护林林分质量综合评价[J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 911-914.
- [18] 郝清玉, 刘强钟, 琼芯周, 玉萍. 沿海防护林防护效能综合评价方法的比较与选择[J]. 林业资源管理, 2010, 32(2): 82-88.
- [19] 姜凤岐, 朱教君, 曾德慧, 范志平, 杜晓军, 曹有成. 防护林经营学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 353.
- [20] 赵赫然, 王辉, 段雅楠. 华家岭防护林带不同树种生长特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(1): 48-52.
- [21] 朱教君. 防护林学研究现状与展望[J]. 植物生态学报, 2013, 37(9): 872-888.
- [22] 郑春雅, 许中旗, 马长明, 底凯程, 月明, 孙守家, 闫腾飞. 冀西北坝上地区退化防护林的土壤性质[J]. 水土保持学报, 2016, 30(1): 203-207.
- [23] 邸华, 刘建泉, 丁国民. 东大河林区青海云杉种群空间分布格局在海拔梯度上的变化[J]. 甘肃科技, 2012, 28(23): 149-152.
- [24] 刘贵峰, 臧润国, 张新平, 郭仲军, 成克武, 巴哈尔古丽·阿尤甫. 不同经度天山云杉林分因子随海拔梯度的变化[J]. 林业科学, 2009, 45(8): 9-13.
- [25] 孙巧玉, 刘勇, 李国雷, 张硕, 许飞, 王巍伟. 坡位对油松人工林地上生物量分配格局的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(9): 102-129.
- [26] 张艳华, 郭延朋, 高明达. 坡位对华北落叶松生长及林下物种多样性的影响[J]. 河北林业科技, 2014, 42(8): 11-12, 17.
- [27] 刘恩田, 赴忠. 渭北黄土高原刺槐林健康评价指标体系的构建[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 75(10): 67-75.
- [28] 张江. 森林健康经营空间途径与评价系统研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2014.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)