西北林学院学报 2018,33(5):167-171
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2018.05.26

森林质量模糊评价模型中赋权方法的选择
——以红花尔基为例

安慧君[1],王 硕[1],常 峥[1,2],马 妍[1,2],张智杰[1]

(1.内蒙古农业大学 林学院,内蒙古 呼和浩特 010019;2.内蒙古自治区第二林业监测规划院,内蒙古 乌兰浩特 137400)

摘 要:基于模糊评价模型对森林质量进行评价,主要方法是解决各个指标权重的问题。以红花尔基森林资源二类调查数据为基础,探讨4种赋权方法对其评价结果的影响,分别利用层次分析法、主成分分析法、熵权法、专家直接打分法确定其权重,并比较分析不同赋权方法得出的权重值与评价结果。结果表明,主成分与专家直接打分法得出各指标权重结果大致相同,得出的森林质量等级均为Ⅱ级;层次分析法与熵权法指标权重结果存在明显差异,得出的森林质量等级为Ⅲ级。分析表明主成分分析法和专家直接打分法在确定权重方面较其他2种赋权方法更为准确,获得的评价结果更符合实际状况。

关键词:模糊评价;赋权方法;红花尔基;森林质量

中图分类号:S718.5 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-7461(2018)05-0167-05

Method of Empowerment Selection in the Forest Quality Fuzzy Evaluation Model: A Case Study of Honghuaerji

AN Hui-jun[1], WANG Shuo[1], CHANG Zheng[1,2], MA Yan[1,2], ZHANG Zhi-jie[1]

(1. *College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia* 010019, *China*;
2. *Inner Mongolia Forestry Second Monitoring Planning Institute, Ulanhot, Inner Mongolia* 137400, *China*)

Abstract: Forest quality was assessed by using the model of fuzzy evaluation. The main issue of the assessment was to determine the weight of each index. Based on the second survey data of Honghuaerji, impacts of four weight determining methods on the results of the assessment were discussed. Four methods included analytic hierarchy process (AHP), principal component analysis (PCA), entropy weight, and expert scoring. Values of weight obtained from different methods and related assessment results were compared and analyzed. The results showed that the weight values calculated by the weighting method of PCA were similar to the evaluation results of expert scoring method, and the results belonged to the second grade. AHP method and entropy weight method gave different weight values of each index, and the results belonged to the third grade. The final result indicated that methods of PCA and expert scoring were more accurate than the other two methods, and more approximate to the actual situation.

Key words: fuzzy evaluation; weight determination; Honghuaerji; quality of the forest

森林质量这一概念是世界自然基金会(WWT)在1992年提出的,同时将其解释为森林在生态、社会和经济效益方面的所有功能与价值[1]。森林质量评价是探索森林的前提,根据研究方向的不同,学者们开展了各种尺度的研究[2-4]。从趋势上来看,研究内容由开始的定性评价转变为量化评分,评价点也从区域性景观尺度向林场、小班等经营单位逐渐深入[5]。质量评价方法通常有综合指数法、模糊综合评价法、物

收稿日期:2017-11-18 **修回日期**:2018-03-05
基金项目:内蒙古自治区自然科学基金项目(2015MS0341)。
作者简介:安慧君,女,教授,研究方向:"3s"技术应用与资源监测评价。E-mail:dean6928@126.com

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

元分析法等，权重方面主要使用层次分析法[6-12]。目前森林质量还有很多方面需要进一步研究。评价森林质量的指标多数具有模糊、不准确、不彻底的特性，仅靠理论或经验筛选，其评价的可靠性不能令人认可。指标选取上没有明确的依据，导致评价结果缺乏可比性且一些指标很难获取。指标权重的确定是进行森林质量评价的前提与基础，只是利用某一种方法计算权重缺乏可比性，评价结果难以令人信服。因此本研究利用统一的国家二类调查数据，参照森林可持续状况评价导则[13]中森林质量指标对其进行合理的分类和量化。应用专家直接打分法、层次分析法、熵权法、主成分分析法等多种方法计算权重[14-17]，克服权重单一性，辅助以可持续状况导则中森林质量指标体系，通过建立模糊评价模型[15]来开展森林质量评价研究，并以红花尔基林业局森林为对象进行案例分析。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

红花尔基林业局位于内蒙古呼伦贝尔市，地处大兴安岭西坡中段、呼伦贝尔沙地南端，大兴安岭林区向内蒙古高原的过渡地带。地理坐标为 47°36′—48°35′N，118°58′—120°32′E。该地区年平均气温为 −5.3°，年降水量 268.2～680.0 mm，无霜期的 90 d。该地区有林地面积 246 236 hm^2，森林覆盖率为 33.59%。红花尔基林业局下辖 9 个林场和 1 个自然保护区（图 1），主要树种为天然樟子松（*Pinus sylvestris* var. *mongolica*）、白桦（*Betula platyphylla*）和部分阔叶树种，所占比例分别为 52%、46%、2%。土壤类型以沙土为主，主要土类为松林沙土、黑钙土、灰色森林土等[18]。

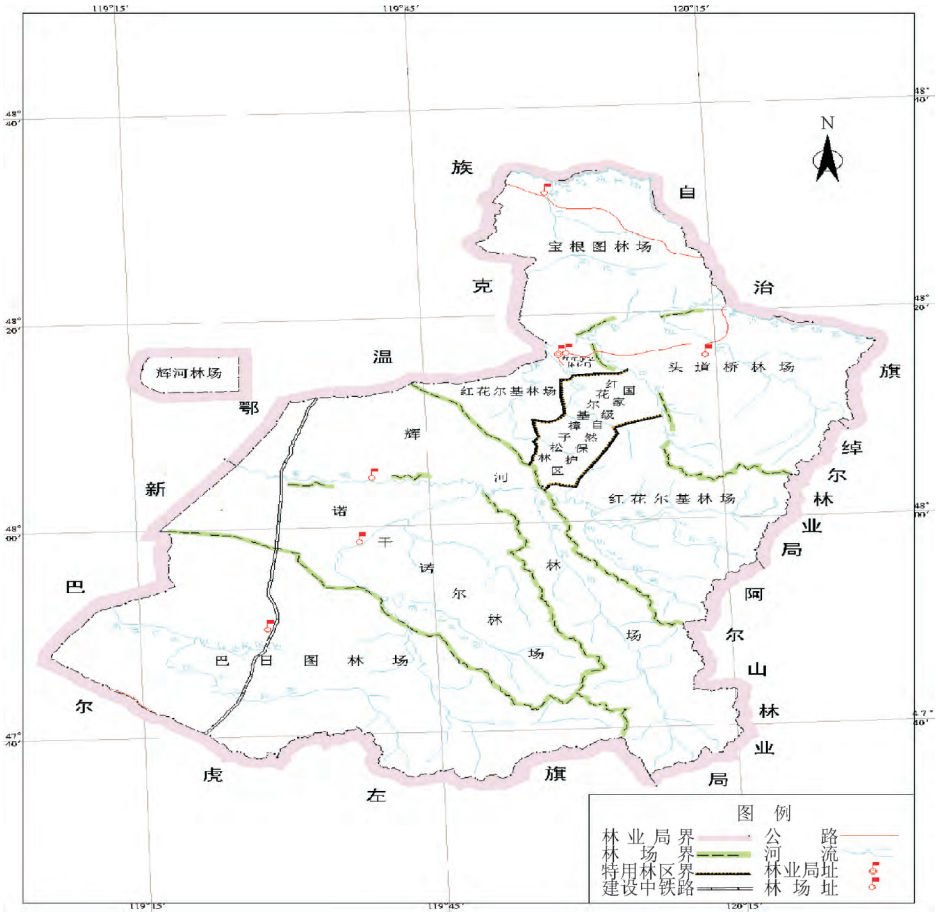

图 1 红花尔基林业局区域图

Fig. 1 Forests administrated by Honghuaerji Forestry Bureau

1.2 研究方法

1.2.1 确定评价对象的因素集 参考森林资源质量状况评价指标体系[13]，结合森林资源二类调查数据，建立红花尔基森林质量评价指标体系（表 1）。$U=\{U_1,U_2,\cdots,U_{13}\}$为刻画森林质量的 13 种评价指标因素集。

1.2.2 确定评价指标的评价集 参照文献[13，18]，对指标层的各个指标进行分级（表 2），建立对森林质量的评价集 $V=\{\text{Ⅰ},\text{Ⅱ},\text{Ⅲ}\}$。

1.2.3 确定评价指标的权重向量 本研究选择 4 种赋权方法，分别为专家直接打分法、层次分析法、主成分分析法、熵权法。依据文献[13]的判别标度

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

以及不同因子重要性判别表,制作表格,选择 30 位从事林业调查工作的专家进行问卷调查,通过对调查数据整理计算,得出专家直接打分法、层次分析法的权重。主成分分析法[14]、熵权法[17]对权重的确定,主要依据红花尔基森林资源二类调查数据和分级指标进行计算。

1.2.4　建立隶属度函数矩阵 R　隶属度函数矩阵可表示为:

$$R=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix} \tag{1}$$

式中:r_{ij} 为第 i 个指标的第 j 个等级。本研究中,$i=1,2,\cdots,13$;$j=1,2,3$。

1.2.5　综合评价　森林质量的模糊评价归结为已知的指标因子对森林质量标准的隶属函数矩阵(R)与各因子的权重向量(W)的乘积,据此求出森林质量的归属类别向量(B):

$$B=W\cdot R=(b_1 \quad b_2 \quad \cdots \quad b_n) \tag{2}$$

式中:b_n 为隶属水平,本研究中,$n=3$。b_n 反映了实际森林质量对各级森林质量标准的隶属水平,找到它们中的最大值就可以判断出实际森林质量的归类[15],即通过最大隶属度原则,评价出森林质量所属类别。

表 1　森林质量评价指标体系

Table 1　Evaluate index system of forestry quality

准则层	类准则层	指标层
森林的自然性	林分的自然性	自然度 U_1
		龄组 U_2
森林生产力的维持能力	林分的生长状况	郁闭度 U_3
		单位面积活立木蓄积 U_4
		平均胸径 U_5
		平均树高 U_6
	林地质量	立地级 U_7
		土壤厚度 U_8
		腐殖质层厚度 U_9
		土壤质地 U_{10}
森林结构的完整性和稳定性	群落结构的完整性	完整度 U_{11}
	林分的稳定性	优势树种总成比例 U_{12}
		天然更新等级 U_{13}

表 2　森林资源质量状况评价指标等级参考表

Table 2　Reference table of indexes grades of forest resources quality status evaluation

指标层	评价指标优劣等级		
	一级	二级	三级
自然度	Ⅰ、Ⅱ	Ⅲ、Ⅳ	Ⅴ
龄组	成熟林、过熟林	近熟林	幼龄林、中龄林
郁闭度	≥0.7	0.4～0.69	0.2～0.39
蓄积量/($m^3\cdot hm^{-2}$)	≥150	50～150	<50
平均胸径/cm	≥15	5～14.9	<5
平均树高/m	≥15	5～14.9	<5
立地等级	Ⅰ、Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ、Ⅴ
土壤厚度/cm	≥60	30～59	<30
腐殖质层厚度/cm	≥5	2～4.9	<2
土壤质地	粉壤土、壤土	黏壤土、砂壤土	黏土、砂土
完整度	完整结构	复杂结构	简单结构
优势树种组成比例	<65%	65%～90%	≥90%
天然更新等级	苗高<30 cm,株数≥5 000 株;苗高 30～49 cm,株数≥3 000 株;苗高≥50 cm,株数≥2500 株	苗高<30 cm,株数 3 000～4 900 株;苗高 30～49 cm,株数 1 000～2 999 株;苗高≥50 cm,株数 500～2 499 株	苗高<30 cm,株数<3 000 株;苗高 30～49 cm,株数<1 000 株;苗高≥50 cm,株数<500 株

2　结果与分析

2.1　不同赋权方法得出的权重

根据不同的赋权方法得出权重见表 3。由表 3 可知,基于主成分分析法、专家直接打分法确定的权重值在各指标之间分配更为平均,而基于熵权法、层次分析法获得的权重值在各指标因子之间差别较大。

2.2　确定隶属度函数

隶属度函数确定方法有多种,在此用频率法确定。从红花尔基二类调查资料中,将各有林地小班对应的上述指标层中的 13 个指标及对应的小班面积选出,参考森林资源质量状况评价指标优劣等级表(表 2),统计各指标的调查值落在一级、二级、三级上小班面积占总面积的比重,构建森林质量评价的隶属度函数矩阵 R。

2.3　评价结果

根据不同方法确定的权重,利用公式(2)结合隶属度矩阵 R,得出评价结果。

2.4　森林质量的结果分析

通过几种方法对红花尔基森林质量的评价结果

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3 不同方法确定的权重值

Table 3 Weight values calculated by different methods

指标	专家直接打分法	主成分分析法	层次分析法	熵权法
自然度	0.07	0.088	0.077	0.004
龄组	0.07	0.087	0.104	0.224
郁闭度	0.10	0.087	0.024	0.01
蓄积量	0.08	0.069	0.027	0.021
平均胸径	0.07	0.08	0.025	0.01
平均树高	0.07	0.06	0.027	0.004
立地级	0.08	0.081	0.024	0.045
土壤厚度	0.05	0.075	0.063	0.014
腐殖质层厚度	0.09	0.068	0.044	0.01
土壤质地	0.06	0.075	0.056	0.048
完整度	0.06	0.076	0.148	0.001
优势树种组成比例	0.12	0.075	0.175	0.17
更新等级	0.08	0.079	0.206	0.439
合计	1.000	1.000	1.000	1.000

$$R=\begin{bmatrix} 0.662 & 0.317 & 0.021 \\ 0.015 & 0.069 & 0.916 \\ 0.586 & 0.334 & 0.080 \\ 0.197 & 0.644 & 0.159 \\ 0.454 & 0.456 & 0.090 \\ 0.222 & 0.731 & 0.047 \\ 0.382 & 0.275 & 0.343 \\ 0.387 & 0.415 & 0.198 \\ 0.678 & 0.252 & 0.070 \\ 0.000 & 0.530 & 0.470 \\ 0.303 & 0.654 & 0.043 \\ 0.016 & 0.232 & 0.752 \\ 0.002 & 0.073 & 0.925 \end{bmatrix} \quad (3)$$

表4 评价结果

Table 4 Evaluation results

赋权方法	主成分分析法	专家直接打分法	层次分析法	熵权法
计算结果B	$b_1=0.31$	$b_1=0.30$	$b_1=0.20$	$b_1=0.05$
	$b_2=0.37$	$b_2=0.37$	$b_2=0.31$	$b_2=0.16$
	$b_3=0.32$	$b_3=0.33$	$b_3=0.49$	$b_3=0.79$
森林等级	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ

的分析，不难看出由于权重的不同出现了2种评价结果，其差异主要是熵权法、层次分析法对权重进行计算时，均出现个别指标权重较大的情况，出现此结果的根本原因是：1）熵权法赋权中，由于数据中的更新等级指标中出现大多数未更新情况以及龄组中大部分属于幼龄林和中龄林，导致利用熵权法公式计算出更新等级、龄组与各个指标的熵权存在较大的差距，其权重值分别为0.439、0.224，在其赋权计算的过程中，只是通过数据本身计算结果，而忽视了更新等级、龄组与其他指标因子之间的相互联系，致使评价结果为Ⅲ级。2）在专家直接打分法中，更注重各个指标之间的相关性，在数量较大的前提下，通过频率法确定的权重符合大多数专家的想法，各指标之间没有出现较大的差异，评价结果为Ⅱ级。3）层次分析法确定权重主要由于指标体系中各个指标的层层关系来反映，因为体系（表1）中指标优势树种组成比例和更新等级与森林结构的完整性和稳定性的位置关系，以及人的主观影响导致出现了与其他指标较大的差异。4）采用主成分分析法，考虑到森林质量指标之间的相互作用以及指标数据间的关系，对各个评价指标权重的赋值较为客观，整体指标值较为均衡，较熵权法、层次分析法得出的权重更为合理，评价结果为Ⅱ级。

3 结论与讨论

3.1 森林质量评价中权重方法的选择

在应用模糊综合评价方法对森林质量健康水平的评价时，根据不同赋权方法的选择，权重结果有很大的不同，致使评价结果出现不同。

熵权法确定权重的优点是注重指标数据的真实情况，指标数据中差异越大，熵值越小，说明该指标提供的信息量越大，权重值越大。对森林质量评价的影响较大；缺点是忽略了各指标间存在着的相关性，将整个评价体系看成是数学公式的推导计算，看似客观，实则不能反映整体的森林质量水平。且当指标体系中某个指标数据差异性较大时，对该指标因子的赋权值较高，就会忽略森林质量评价中其他指标的作用。

层次分析法综合了人为因素的影响，在利用森林各指标去评价森林质量时，它能高度把握森林质量的优劣程度，且与指标数据无关，但缺点是这种方法主观性较强，从构建层次结构模型到得出评判矩阵，人为因素占主导。

专家直接打分法主要利用专家对各个指标因子在整体上相互重要程度的认识，来直接确定权重的大小，本次打分专家数量较多，尽可能地消除个别专家打分情况的影响，利用频率分布确定权数法，综合了大部分专家的意见，使得打分具有一定的实际意义，其结果具有一定的合理性。本次通过专家直接打分法得到的森林质量评价结果与主成分分析法得到的结果相同。这给主成分分析赋权法的有效性提供了一个有力的保障。

主成分分析法既考虑到指标数据内某些指标存在较大的差异，对森林质量结果的影响较大，权重值较大；同时又依据不同指标因子对森林质量影响程度的差异，因此能客观地反映森林质量的现状。该方法更突出指标因子之间的内在联系，使得个别指

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

标因子所带来的不准确性及异常值的影响均极大减弱,权重值的准确性以及实用性得到提升,并且相对专家直接打分法更为方便、简单。研究表明,主成分分析赋权法是一种实用性较强的赋权方法,应用到森林质量评价中具有很大的价值。

3.2　模糊评价模型的优点

运用模糊评价模型去评价森林质量具有简捷、快速的效果,能对森林质量有一个较为准确的评价。通过数学方法处理模糊的评价对象,对信息模糊性的资料做出比较准确、合理、符合实际的量化评价;评价的结果是一个矢量,并不是单一的数值,包含信息较多,既可以准确地描述评价对象,又能通过进一步计算,得到重要的信息。

3.3　森林质量评价展望

森林质量好坏关系到社会可持续发展的进程,反之社会的发展也能影响森林质量。因此今后的评价中应加入社会因素。遥感技术在森林中也有较大作用,其能够获取丰富的森林资源信息,大大弥补人工调查的不足,可以通过遥感数据建立与森林质量评价之间的数学关系,从而加强对森林的监控。

参考文献:

[1] DUDLEY N. Forest quality: assessing forests at a landscape scale[M]. London: Routledge, 2006: 26.

[2] 王晓学,沈会涛,李叙勇,等. 森林水源涵养功能的多尺度内涵、过程及计量方法[J]. 生态学报, 2013, 33(4): 1019-1030.
WANG X X, SHEN H T, LI X Y, *et al*. Comcepts, processes and quantification methods of the forest water conservation at the multiple scaes[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(4): 1019-1030. (in Chinese)

[3] 胡美娟,侯国林,周年兴,等. 庐山森林景观空间分布格局及多尺度特征[J]. 生态学报, 2015, 35(16): 5294-5305.
HU M J, HOU G L, ZHOU N X, *et al*. Spatial distribution patterns and multi-scale features of the Lushan forest landscape[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(16): 5294-5305. (in Chinese)

[4] 胡焕香,佘济云,张敏,等. 基于小班尺度的宁远河流域森林健康评价研究[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(2): 182-186.
HU H X, SHE J Y, ZHANG M, *et al*. Assessment on the health of the forest in Ningyuan river basin[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(2): 182-186. (in Chinese)

[5] 莫可,赵天忠,蓝海洋,等. 基于因子分析的小班尺度用材林森林质量评价——以福建将乐国有林场为例[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(1): 48-54.
MO K, ZHAO T Z, LAN H Y, *et al*. Quality assessment at subcompartment level of forests used for timber production based on factor analysis: a case study in jiangle national forest farm, Fujian Province[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2015, 37(1): 48-54. (in Chinese)

[6] 武高洁,赵天忠. 基于物元模型的森林资源质量评价研究[J]. 南方农业学报, 2011, 42(1): 109-113.

[7] JIM C Y, CHEN S S. Assessing natural and cultural determinants of urban forest quality in Nanjing (China)[J]. Physical Geography, 2008, 29(5): 455-473.

[8] 张绑文,郑世跃,欧阳勋志,等. 基于森林资源二类调查数据的森林资源质量评价:以江西安福县明月山林场为列[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(6): 1155-1159.

[9] 裴廷权,王里奥,韩勇,等. 三峡库区小江流域水体富营养化的模糊评价[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(4): 1427-1431.
PEI T Q, WANG L A, HAN Y, *et al*. Fuzzy assessment of water utrophication for Xiaojiang river basin in Three Gorges region[J]. Journal of Agricultural Environmental Science, 2008, 27(4): 1427-1431. (in Chinese)

[10] 王金叶,程道品,胡新添,等. 广西生态环境评价指标体系及模糊评价[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 5-8.
WANG J Y, CHENG D P, HU X T, *et al*. Fuzzy evaluation and evaluation index system of ecological environment in Guangxi[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2006, 21(4): 5-8. (in Chinese)

[11] 张恒. 华北地区自然保护区森林健康评价研究[D]. 北京:北京林业大学, 2010.

[12] 麻坤,赵鹏祥,季菲菲,等. 基于植被指数的秦岭森林健康评价方法研究[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(6): 145-150.
MA K, ZHAO P X, JI F F, *et al*. Forest health assessment method in qingling mountains based on vegetation indices[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(6): 145-150. (in Chinese)

[13] 国家林业局. 森林可持续状况评价道则中华人民共和国林业行业标准: LY/T 1958—2011 [S]. 北京:中国标准出版社, 2011.

[14] 陈书琴,许秋瑾,颜昌宙,等. 主成分分析赋权及其在水质评价灰色模型中的应用[J]. 昆明理工大学学报:理工版, 2008, 33(2): 77-80, 94.

[15] 代雪静,田卫. 水质模糊评价模型中赋权方法的选择[J]. 中国科学院研究生院学报, 2011, 28(2): 169-176.

[16] 塔建,裴玉龙. 高铁客运枢纽接驳交通设施服务质量模糊综合评价[J]. 森林工程, 2017, 33(4): 78-82.
TA J, YAN Y l. Fuzzy Comprehensive Evaluation of service quality of connection facilities in high-speed rail passenger transportation hub[J]. Forest Engineering, 2017, 33(4): 78-82. (in Chinese)

[17] 邹志红,孙靖南,任广平. 模糊评价因子的熵权法赋权及其在水质评价中的应用[J]. 环境科学学报, 2005, 25(4): 552-556.
ZOU Z H, SUN J N, REN G P. Study and application on the entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment [J]. Journal of Environmental Science, 2005, 25(4): 552-556. (in Chinese)

[18] 安慧君,张智杰,常峥,等. 红花尔基林业局森林生态功能评价[J]. 林业资源管理, 2016(5): 131-137.
AN H J, ZHANG Z J, CHANG Z, *et al*. Forest ecological function evaluation of the Honghuaerji forestry administration[J]. Forestry Resources Management, 2016(5): 131-137. (in Chinese)

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net