

层次分析法在防护林林种结构优化评价中的应用——以官司河流域为例

李苗裔¹, 李渊^{2*}

(1. 四川师范大学地理与资源科学学院, 四川成都 610066; 2. 厦门大学建筑与土木工程学院, 福建厦门 361005)

摘要 首先,通过效益监测获得大量资料,建立各种森林植被与生态因子的数学模型,为效益评价奠定基础。其次,构建官司河流域防护林林种结构优化配置评价体系。最后,利用层次分析方法,确定不同林种所占权重,从而得出其结构优化配置的依据,为防护林体系的经营管理提供理论指导。

关键词 官司河流域;林种结构;层次分析法;指标体系

中图分类号 S727.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2010)11-05800-03

Analytic Hierarchy Process(AHP) in Shelterbelt Forest Category of Structural Optimization of Evaluation

LIMiao-yi et al (Geography and Resources Science, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610066)

Abstract A great mass of data were acquired by efficiency monitoring, the mathematical models on forest vegetation and ecological factors were established, which laid a foundation for benefit evaluation, shelterbelt forest kinds of structural optimization with the department of evaluation of Guansi River Basin were constructed. Total weight of different forest types were determined by analytic hierarchy, in order to obtain the basis of its structure optimization, which provided the theoretical guidance for operation management of protection forest system.

Key words GuanSi river basin; Forest species structure; Analytic hierarchy; Index system

森林生态系统是一个复杂的软系统,森林利用的目的是保障森林综合效益的永续和扩大。林种规划是森林生态系统植被构建的一项重要基础性工作,它的合理与否关系到森林的生态、经济、社会效益,继而影响到森林总体效益的发挥。我国对森林生态效益的研究主要是在借鉴外国经验的基础上,根据实际情况,提出了以经济学为主要理论依据的生态效益计量评价方法,而对效益生产的机制——林木本身的情况(林分质量、林种、林分结构、布局等)研究不多,对林业生产没有起到很好的指导作用^[1-2]。笔者针对以上实际情况和研究中存在的不足,以官司河流域为例,探讨了层次分析法在防护林林种结构优化评价中的应用。

1 研究区概况

绵阳官司河流域属于绵阳市中区游仙区,处于龙门山前缘向盆地的过渡地带,属浅深切割的丘陵地貌,位于 104°46'~104°49' E, 31°32'30"~31°37'30" N,海拔高度 485~627 m,属北亚热带湿润季风气候,气温与年降水地域分布变化很小,年均温 16.1℃,极端最高温 40.1℃,极端最低温 -7.3℃,年均日照 1 298.1 h,年均太阳辐射量 89.5 kJ/(m²·a),年均降水量 921.0 mm,年均相对湿度 79%,无霜期 272 d^[3]。区域人口众多,垦殖指数高,森林植被曾遭毁灭性破坏。现有森林植被是 20 多年来封山育林大力营造防护林的成果,森林覆盖率达 23%^[4],主要的森林类型为桉柏混交林、柏木纯林、松栎混交林和松柏混交林,前两者为人工林,后两者为天然次生林,结构简单,可明显分为乔、灌、草 3 层^[3]。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源 基础数据——四川省绵阳市官司河流域的林种分布栅格图是由四川省林业科学研究所提供的绵阳官司河流域的小班数据按林种字段转换而来,各林种的权重计算过程中的数据均为笔者根据相关国家标准和专家打分的结果进行相应的赋值,所涉及的全部分析数据均来源于四

川省林业科学研究所提供的绵阳官司河流域的小班数据。

2.2 研究方法 层次分析法又称 AHP (Analytic Hierarchy Process)方法,是美国运筹学家于 20 世纪 70 年代提出的一种多目标、多准则的决策分析方法,它是系统分析的工具之一,将决策者的经验判断,在对目标(因素)结构复杂且缺乏必要数据的情况下加以量化,通过将复杂问题分解成按支配关系分组而形成的有序递阶层次结构,对其中的不同因素,通过两两比较的方式,确定层次结构中各因素的相对重要性,然后综合比较判断的结果,以确定各个因素相对重要性的总顺序^[2,5-6]。

3 结果与分析

3.1 建立递阶层次 将问题分为若干组成部分或元素,按照属性的不同把这些元素分成若干组,每一组构成一个层次,层次之间互不相交。同一层次元素作为准则,对下一层次的全部或部分元素起支配作用,同时它又受上一层次元素的支配,因而形成了自上而下的逐层支配关系的递阶层次结构形式^[7-13](表 1)。

表 1 官司河流域防护林林种结构优化评价递阶层次

Table 1 Delivery class time table of evaluation structural optimization of shelterbelt forest species of Guansi River Basin

目标层 A Target layer	准则层 B Criteria layer	措施层 C Measures Layer
林种结构	平均树高 B_1	用材林 C_1
	平均胸径 B_2	经济林 C_2
Forest species structure	郁闭度 B_3	水源涵养林 C_3
	植被盖度 B_4	护路林 C_4
	公顷蓄积量 B_5	

3.2 构造比较判断矩阵 在建立递阶层次结构之后,假定上一层次的元素 A_k 作为准则,且对下一层次元素 B_1, B_2, \dots, B_n 有支配关系,聘请相关专家,针对 A_k 2 个元素 B_i 和 B_j 相对重要性打分。相对重要的程度利用自然数 1, 2, 3, ..., 9 及倒数 1/2, 1/3, ..., 1/9 表示;当标度值为 1 时,表示 2 个指标相比具有同样的重要性;当标度值为 3 时,表示 2 个指标相比,前者比后者稍显重要;当标度值为 5 时,表示 2 个指标相比,前者比后者明显重要;当标度值为 7 时,表示 2 个指标

基金项目 国家自然科学基金项目(40801158)。

作者简介 李苗裔(1987-),男,四川攀枝花人,硕士研究生,研究方向:土地利用与覆被变化。*通讯作者,讲师, E-mail: yaoko79@gmail.com。

鸣谢 四川省林业科学研究所提供的数据与四川省林业科学研究所老师的指导和帮助。

收稿日期 2010-01-11

相比,前者比后者强烈重要;当标度值为 9 时,表示 2 个指标相比,前者比后者极端重要。如某专家判断郁闭度与植被盖度比较,前者比后者稍微重要,则确定标度值为 3。倒数 1/2,

1/3, ..., 1/9 表示相反结果, 2, 4, 6, 8, 则表示 2 个指标相比,在上述两相邻等级之间^[5, 8, 10, 14-15]。利用该方法可以建立 A-B 比较判断矩阵和 B_n-C 比较矩阵(表 2, 3)。

表 2 A-B 比较判断矩阵

Table 2 A-B Comparison judgment matrix

项目 Items	平均树高 Average tree height	平均胸径 Average DBH	郁闭度 Crown density	植被盖度 Vegetation coverage	公顷蓄积量 Ha accumulation
平均树高 Average tree height	1.000 0	1.000 0	0.333 3	0.500 0	0.250 0
平均胸径 Average DBH	1.000 0	1.000 0	0.333 3	0.500 0	0.333 3
郁闭度 Crown density	3.000 0	3.000 0	1.000 0	2.000 0	0.500 0
植被盖度 Vegetation coverage	2.000 0	2.000 0	0.500 0	1.000 0	0.500 0
公顷蓄积量 Ha accumulation	4.000 0	3.000 0	2.000 0	2.000 0	1.000 0

表 3 B_n-C 比较判断矩阵

Table 3 B_n-C Comparison judgment matrix

林种 Forest species	用材林 High forest	经济林 Economic forest	水源涵养林 Water conservation forest	护路林 Shelter belt
用材林 High forest	1.000 0	2.000 0	3.000 0	4.000 0
经济林 Economic forest	0.500 0	1.000 0	3.000 0	4.000 0
水源涵养林 Water conservation forest	0.333 3	0.333 3	1.000 0	2.000 0
护路林 Shelter belt	0.250 0	0.250 0	0.500 0	1.000 0

由于人们对客观事物的认识存在一定的片面性,获得的判断矩阵一般不具有 consistency。但是,只有当判断矩阵具有完全一致性和满意一致性时,用层次分析法才有效^[7, 9, 11-15]。

3.3 层次单排序 在准则 A_k 下,对 n 个元素 B₁, B₂, ..., B_n 排序权重计算,可以求解判断矩阵 C 的最大特征根 λ_{max},并满足关系式: CW = λ_{max}W。式中, W 为对应 λ_{max} 特征向量,其分量 W_i (i = 1, 2, ..., n) 为对应元素 B₁, B₂, ..., B_n 在准则 A_k

下单排序的权值。对于 n 阶判断矩阵,其最大特征根为单根,且 λ_{max} = n。当 λ_{max} = n, 其余特征根均为 0 时,则 A 具有完全一致性。如果 λ_{max} 稍大于 n, 而其余特征根接近于 0 时,则 A 具有满意的一致性^[7, 8, 10-14, 16-17]。检验判断矩阵的一致性,需计算一致性指标: CI = (λ_{max} - n) / (n - 1)。当 CI = 0 时,判断矩阵具有完全一致性,反之亦然^[7-8]。层次单排序表如表 4 所示。

表 4 层次单排序

Table 4 Single-level sorting table

	A-B	B ₁ -C	B ₂ -C	B ₃ -C	B ₄ -C	B ₅ -C
λ _{max}	5.052 4	4.091 2	4.023 1	4.067 8	4.160 2	4.091 2
W ₁	0.091 1	0.453 0	0.385 4	0.195 4	0.161 2	0.302 4
W ₂	0.096 5	0.302 4	0.385 4	0.116 2	0.103 0	0.453 0
W ₃	0.267 0	0.140 5	0.142 2	0.493 0	0.483 6	0.140 5
W ₄	0.172 1	0.086 1	0.087 1	0.195 4	0.252 3	0.086 1
W ₅	0.373 2	-	-	-	-	-
CI	0.013 1	0.300 4	0.007 7	0.022 6	0.053 4	0.030 4
RI	1.120 0	0.900 0	0.000 9	0.900 0	0.090 0	0.900 0
CR	0.012 0	0.034 0	0.008 6	0.025 0	0.059 0	0.034 0

递阶层次模型的随机一致性
Delivery class submodel of random consistency

满足一致性 满足一致性 满足一致性 满足一致性 满足一致性 满足一致性

RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标,对 1-9 阶矩阵其值为 0.00, 0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45, 判断矩阵的一致性指标 CI 值与同阶平均随机一致性指标 RI 值之比称为判断矩阵的随机一致性比例,即 CR = CI/RI。当 CR < 0.1 时,则判断矩阵有满意的一致性。否则,重新判断,直到满意^[7-12, 16-17]。

3.4 层次总排序 计算每一层次所有元素对于总目标的相对权值。由上层到下层逐层顺序进行,计算结果得出最低层次元素一决策方案优先顺序的相对权重。如果上一层次所

有元素 A₁, A₂, ..., A_m 的层次总排序已定,其对应的权值为 a₁, a₂, ..., a_m, 与 A_i 对应的本层次元素 B₁, B₂, ..., B_n 单排序结果为 b₁ⁱ, b₂ⁱ, ..., b_nⁱ, 且 B_j 与 A_i (i = 1, 2, ..., m; j = 1, 2, ..., n) 无关系,则 b_jⁱ = 0, 层次总排序如表 5 所示。

3.5 一致性检验 层次总排序后,需要检查整个递阶层次模型的判断一致性。计算 CR 值小于或等于 0.10, 则认为层次总排序具有满意的一致性,否则,调整判断矩阵,直到满意。CI = ∑_{i=1}ⁿ a_iCI_i, RI = ∑_{i=1}ⁿ a_iRI_i。式中, CI_i, RI_i 分别为与 a_i 对

应的 B 层次中判断矩阵的一致性指标和随机一致性指标^[7]。排序满足一致性。文中 $CI=0.145$; $RI=2.020$; $CR=0.072 < 0.100$, 说明层次总

表 5 层次总排序
Table 5 Total hierarchy order

层次	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	措施层 C 的总权重值
						Total weight value of measures layer C
C_1	0.4503	0.3854	0.1954	0.1612	0.3024	0.2780
C_2	0.3024	0.3854	0.1162	0.1030	0.4530	0.2842
C_3	0.1405	0.1422	0.4930	0.4836	0.1405	0.2938
C_4	0.0861	0.0871	0.1954	0.2523	0.0861	0.1440

3.6 评价结果分析 对官司河流域防护林恢复性建设过程中林种结构的优化评价是防护林综合效益评价的重要组成部分,通过 AHP 评价结果可以得到:对于该地区水土保持具有意义的水源涵养林(C_3)所占的权重最大,经济林(C_2)所占的权重居第 2,用材林(C_1)居第 3,护路林(C_4)所占的权重最小。各林种在层次总排序中的权值可以看作是反映林种重要性程度的一个标志,也可以看作是在林地面积中大致所占的比例关系^[3],该流域最优林种结构应为用材林 27.8%,经济林 28.42%,水源涵养林 29.38%,护路林 14.40%,这符合实际建设过程中所强调的“要协调发展各个林种特别是水保林和经济林,适当的减小用材林,使得林种结构更加合理”的标准。但根据现有的小班数据,利用 Arc-view 3.3 按林种字段转换成栅格数据的显示结果来看,每个林种的栅格数在林种栅格总数中所占的比例与上述评价结果得出的每个林种应占总面积的比例相比可以得出,该流域范围内林种的分配布局上存在着不合理性,例如用材林栅格数为 3145 个,栅格总数为 4417 个,所占比例为 71.2%,而用材林的权重居于第 3 位,权重居于第 1 位的水源涵养林栅格数为 209 个,所占比例仅为 4.73% (图 1),这也与整个

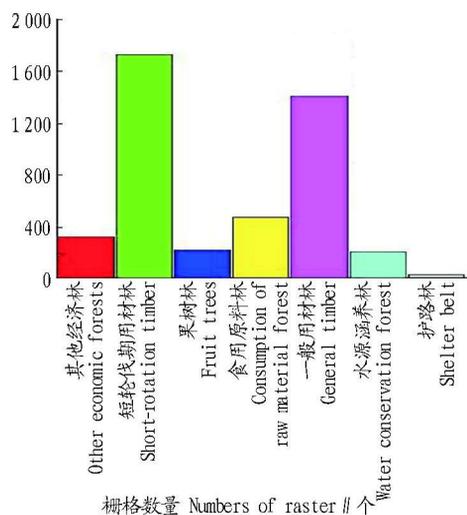


图 1 基于栅格数据的官司河流域林种分布综合分析

Fig 1 Comprehensive analysis of the distribution of forest types based on a GuanSi River Basin of Raster data

川中丘陵地区所存在的“林种结构不合理、用材林面积过大、其他林种较为稀疏”的事实相符合,这也说明官司河流域在防护林的回复重建过程存在的盲目性和非科学造林的现象。

4 结论与讨论

综上所述,防护林建设既要考虑群众的经济利益,也要考虑长远的生态效益。建设长防林要依靠科学指导和管理,但目前这方面尚属薄弱环节,特别是在林种与林分结构等的科学优化配置上还存在较大问题,为此,应在做好林木的水平配置和立体配置的前提下,不断优化整个防护林系统,使综合效益最大化。

官司河流域地处川中丘陵地区,水土流失较为严重以及水资源的缺乏是该流域乃至整个川中丘陵区所面临的最主要问题。针对以上问题在林种的分配和布局上需要适当地减少用材林的数量,合理地增加对水土保持、水源涵养以及社会经济发展具有意义的水源涵养林与经济林的面积,从而使整个防护林体系的功能不断优化、合理。为此,在我国可以将农业与防护林结合起来进行深入研究,按生态经济学原理,把农、林、牧、副、渔业等与水、土、光、气等非生物之间协调发展,从而形成农林复合生态系统,并开展以小流域为单元,对防护林体系作用和效益的研究,重点加强对效益产生的机制——林木本身的情况(林分质量、林种、林分结构、布局等)的研究,从而对生态恢复和林业的生产起到更好地指导作用。

参考文献

- [1] 慕长龙, 龚固堂, 陈秀明, 等. 长江中上游防护林体系综合效益评价指标体系研究 [J]. 四川林业科技, 2001 (4): 50 - 54
- [2] 么焕民, 孙秀梅, 孟凡友, 等. 层次分析法 (下) [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2003
- [3] 骆宗诗, 向成华, 慕长龙. 绵阳官司河流域主要森林类型凋落物含量及动态变化 [J]. 生态学报, 2007 (5): 1772 - 1781
- [4] 李旭光, 何维明, 王金锡. 绵阳官司河流域防护林物种多样性特征 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1996 (4): 360 - 367
- [5] 李华东. 基于主成分分析法和层次分析法的大熊猫生存环境因子研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (15): 7020 - 7021
- [6] 李华东. 四川白水河国家级自然保护区大熊猫生存环境评价及研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2007
- [7] 温淑瑶, 马占青, 周之豪, 等. 层次分析法在区域湖泊水资源可持续发展评价中的应用 [J]. 长江流域资源与环境, 2000 (2): 196 - 201
- [8] 刘哲, 张江山. 层次分析法在水库水质评价中的模型设计及应用 [J]. 江苏环境科技, 2005, 18 (2): 33 - 35
- [9] 陈黎. 苏州水资源可持续利用研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2008
- [10] 赵天鞠. 电子商务环境对企业战略成本动因分析的影响 [D]. 大连: 大连理工大学, 2005
- [11] 无志华. 旅游专项规划环境影响评价指标体系研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006
- [12] 李丽娜. 累积环境影响评价指标体系研究 [D]. 北京: 中国环境科学研究院, 2003
- [13] 任珺, 陶玲, 郭彦英. 国内外饮用水水质标准的综合评价 [J]. 中国环境监测, 2007 (6): 20 - 24

(下转第 5845 页)

提取物的提取率见表 1。由表 1 可知,4 年生根提取物的提取率最高,达 32.23%。

表 1 多年生刺老芽根皮乙醇提取物的提取率

Table 1 Extraction rate of ethanol extracts from *A. elata* root %

提取物 Extracts	提取率 % Extraction rate
2 年生根 2 year root	29.68
4 年生根 4 year root	32.23
5 年生根 5 year root	23.51
6 年生根 6 year root	19.26

2.2 体外抑菌试验 各样品在 500 mg/ml 浓度下对几种细菌的抑制效果见表 2。由表 2 可知,提取物对不同细菌的抑菌效果不同,在 500 mg/ml 浓度下,只对金黄色葡萄球菌有抑菌效果,对其他菌未检测到抑菌环。对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度为 250 mg/ml。

表 2 提取物对各菌种的抑菌效果(抑菌圈直径)

Table 2 Antibacterial effects of the extracts on each bacteria (diameter of inhibition zone) mm

提取物 Extracts	金黄色葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>			嗜水气单胞菌 <i>Aeromonas hydrophila</i>
	葡萄球菌 <i>Staphylococcus aureus</i>	大肠杆菌 <i>E. coli</i>	沙门氏菌 <i>Salmonella</i>	嗜水气单胞菌 <i>Aeromonas hydrophila</i>
2 年生根 2 year root	11.00	ND	ND	ND
4 年生根 4 year root	12.44	ND	ND	ND
5 年生根 5 year root	13.60	ND	ND	ND
6 年生根 6 year root	10.84	ND	ND	ND

注:ND 表示没有抑菌环。

Note: ND. No inhibition zone.

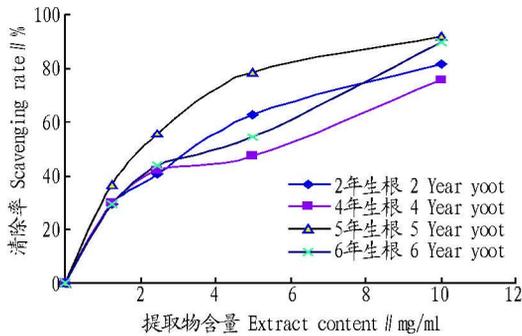


图 1 提取物对 DPPH 自由基清除率的影响

Fig 1 Effects of each sample on DPPH radical scavenging rate

2.3 DPPH 自由基清除率 由图 1 可知,不同年份的 4 种提取物都对 DPPH 自由基有一定的清除作用,随着浓度的增加而逐渐升高,有一定的量效关系,各个样品在 10 mg/ml 时体外 DPPH 清除率分别为 81.9%、75.57%、91.9% 和 89.66%。5 年和 6 年生根皮提取物高于同浓度的阳性对照物维生素 C (75.57%) 的效应。

3 结论与讨论

在该试验条件下,4 种不同树龄的根皮提取物对于金黄色葡萄球菌有抑菌效能。如今,由于抗生素的大量使用,容易导致耐药性的产生^[12]。因此开发天然抗氧化剂成为研究的热点。

从试验结果看,随着树龄的增长,根皮的有效成分也有一定的差异,表现在 DPPH 清除能力的不同和抑菌活性的差异。一般植物提取物中的抗氧化物有黄酮类、酚类、皂苷类、多糖类等,其含量和组成决定了抗氧化性的大小^[13]。另外,提取物中各种微量元素等物质也可能对试验结果造成一定的影响。根提取物中具体含有哪些抗菌成分和清除 DPPH 自由基能力的化学成分,还有待把粗提物进一步分离提取后进行研究。粗提物其他活性也将通过动物试验进一步研究。

东北三省的野生资源丰富,刺老芽的根皮可以研制成食品添加剂,也可以从中提取生物活性物质,具有良好的开发利用前景。

参考文献

- [1] 姜晓莉. 刺嫩芽山野菜的开发利用 [J]. 农产品开发, 1999 (7): 13 - 14
- [2] 吴立东, 赵凤珍. 刺嫩芽资源的经营利用 [J]. 林业勘察设计, 2004, 130 (2): 53
- [3] 孙冬婵, 袁显磊. 刺老芽育苗技术要点 [J]. 特种经济动植物, 2008, 11 (7): 45
- [4] 樊广英. 龙芽楸木的栽培技术及其开发利用价值 [J]. 河北林业科技, 2008 (4): 125 - 126
- [5] 曹艳, 唐玉琴. 刺老芽保健饮料生产工艺的研究及探讨 [J]. 吉林农业科技学院学报, 2007, 16 (2): 1 - 2
- [6] 周加猛, 孟宪军, 颜廷才, 等. 刺嫩芽总皂苷提取条件的研究 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (12): 3656 - 3657
- [7] 刘平, 李云雁, 罗渊, 等. 板栗壳棕色素对活性氧自由基的清除作用 [J]. 食品科技, 2008, 33 (2): 175 - 178
- [8] 张京芳, 王冬梅, 周丽, 等. 香椿叶提取物不同极性部位体外抗氧化活性研究 [J]. 中国食品学报, 2007, 10 (5): 12
- [9] 吴翠云, 周忠波, 邓小勤, 等. 刺山柑提取物对 DPPH 自由基的清除作用 [J]. 西北农业学报, 2009, 18 (1): 230 - 233
- [10] N CLE C, JEAN L B, JEAN P C et al Antioxidant Properties of hydroxyl - falvones [J]. Free Radical Biology and Medicine, 1996, 20 (1): 35 - 43
- [11] 冯翠萍, 王晓闻, 程旭东, 等. 灵芝孢子粉多糖的提取及其生物活性研究 [J]. 中国食品学报, 2009, 9 (3): 58 - 62
- [12] X DONG Y Q. Functional interrelationships between cell membrane and cell wall in antimicrobial peptide mediated killing of *S taphylococcus aureus* [J]. Antimicrob Agents Chemother, 2005, 49 (8): 3114 - 3121
- [13] 丁克祥, 刘卫国. 抗衰老实验与基础研究 [M]. 北京: 原子能出版社, 1995: 65 - 72

(上接第 5802 页)

- [14] 高惠嫣. 华北井灌区作物种植结构调整与农业水资源优化模型研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2005
- [15] 马立辉, 马军霞, 赵玲, 等. 河北省农业节水灌溉技术比选 [J]. 南水北

- 调与水利科技, 2007, 5 (2): 67 - 69
- [16] 宋相豫. 企业战略成本管理研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2007
- [17] 黄伟中. 制造业企业组织变革绩效评价研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2007