

输变电工程环境效益在层次分析法中的分析

康艳芳¹, 李大鹏¹, 李旭阳¹, 陈艳华²

(1. 国网河南省电力经济技术研究院, 郑州 450000; 2. 华北水利水电大学, 郑州 450045)

摘要:输变电工程对环境的影响大致可分为大气环境、水环境、噪声环境等方面,科学客观地对输变电工程进行环境效益评价,是保证输变电工程长期稳定发挥其最大能效的重要基础。提出了基于层次分析法的输变电工程环境效益影响因素筛选方法,构建了输变电工程环境效益影响的指标体系;以实地调查为基础,通过 AHP 法获得影响输变电工程环境效益不同指标的权重,然后构建输变电工程的环境效益评价模型,从而在诸多影响环境的因素中确定对环境效益影响力度较大的因素。并进一步提出相应的政策建议,为今后输变电工程的建设以及运营期间所产生的环境问题提供重要的解决方法。

关键词:输变电工程;环境效益;层次分析法

中图分类号:TM72 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)12-0089-06

国家将输变电工程的基础建设作为重点能源工程。在考虑输变电工程盈利性特点的同时又要同时兼顾其社会性。输变电工程是一项与公共生活密切相关的公共基础设施项目。近年来,在中国的电力需求一直随着城市化建设提高。随之而产生的环境问题也越来越突出,例如:在输变电工程建设过程中所引发的环保投诉日益增多;除此之外,还有一些输变电工程建设前期因施工的环境问题没有很好得到解决而无法按预定时间展开建设等等,以上问题都得到社会的广泛关注。因此,研究输变电工程的环境效益问题需要根据其施工期和运行期对环境的影响进行分析,确定输变电工程建设和运行期间对环境影响比较突出的指标因素。为指导今后输变电工程环境保护工作提出相关建议。

就输变电工程建设的环境影响方面而言,Morozow 等^[1]根据环境效益的优点指数对项目方案进行选择。Barros^[2]利用环境优势指数法构造帕累托最优函数。针对延长输电能力的不可靠费用,对输电工程进行了排序,选定了环境效益较高的项目。Attaviriyapap 等^[3]人对输电项目的各社会福利个体分量进行成本效益分析,在考虑社会福利因素的基础上,建立环境成本的效益度量框架,并提出了相应建议。Zheng 等^[4]提出了关于综合输电工程经济评价方法,用于解决输电扩建的经济效益和输电收益的公平分配问题。濮文青等^[5]研究了输变电的电磁环境

影响评价、生态环境影响评价以及噪声环境影响评价同工程竣工验收之间的相互关系。Asko Ijäs^[6]等分别从经济影响、社会影响以及环境影响这三个方面来评估输变电工程项目的整体影响。罗超等^[7]针对高压输变电工程中直接和间接所产生的环境影响问题,提出相应措施建议,从而实现电网的可持续发展。

针对输变电工程建设以及运行期间的特殊复杂性,本文根据输变电工程环境效益因素分析的内容,建立相应的环境效益层次结构指标体系,用层次分析法确定出对输变电工程环境效益影响最大的因素,从而为今后改进输变电工程对环境的影响提出相应建议。

1 层次分析法

1)建立层次结构模型。将最终目标问题即输变电工程的环境效益影响因素问题,分解成三个层次,从下到上依次为方案层、准则层和目标层。隶属于同一层次上的不同指标因素一定程度上受到上一层次指标因素的影响,同时对下层指标因素起到一定的支配作用。最高层即为目标层此处为输变电重大工程的环境效益。最下层通常为影响因素措施层,此处即为影响输变电重大工程的具体环境影响因素。当准则层超过一层时,可以进一步分解和建立关联。

2)构造判断矩阵。从第二层准则层开始,构造两两比较判断矩阵,直到最后一层。 $A = (a_{ij})_{n \times n}, a_{ij} >$

收稿日期:2017-08-20

基金项目:国家电网公司总部科技项目(B3441016K001)。

作者简介:康艳芳(1983—),女,河南焦作人,国网河南省电力经济技术研究院,博士,研究方向:输变电工程环境效益。

$0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} (i, j = 1, 2, \dots, n)$, 在判断矩阵 A 中, a_{ij} 表示因子 i 和因子 j 与上一层次因子的重要性之间的比率。 a_{ij} 表示因素 j 与因素 i 的重要性之比, 且 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ 。对于 a_{ij} 的值, 引用通常数为 1 到 9 及其倒数作为标度进行赋值, 见表 1。对输变电重大工程的环境效益设定判断矩阵, 选取 9 名专家对第 j 元素相对第 i 元素重要性进行效益评价。

表 1 各标度数值的含义

a_{ij} 的值	含义
1	因素 j 与因素 i 同样重要
3	因素 j 与因素 i 略显重要
5	因素 j 与因素 i 明显重要
7	因素 j 与因素 i 强烈重要
9	因素 j 与因素 i 极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述判断值的中间值

对准则层构建判断矩阵 B:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & b_{12} & b_{13} \\ 1/b_{12} & 1 & b_{23} \\ 1/b_{13} & 1/b_{23} & 1 \end{pmatrix}$$

3) 计算判断矩阵 B 的特征值和特征向量并做一致性检验。对于准则层的判断矩阵 B 来说, 首先计算该判断矩阵的特征值和特征向量, 即计算满足 $B\alpha = \lambda_{\max}\alpha$ 的特征值与其相对应的特征向量, 式中 $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵 B 的最大特征根, α 为对应 $\lambda_{\max}$ 的单位特征向量, α 分向量就是被比较元素对于该因素的相对权重。然后进行层次单排序, 即将 α 归一化, 就可以得出同一层次各因素对于上一层某个因素相对重要性的权值排序。由于会出现评判专家对评判内容不同判断结果的现象, 因此, 有必要对单层排序后判断矩阵进行一致性检验。

对判断矩阵的一致性检验的步骤:

1) 计算一致性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

当 $\lambda_{\max} = n$, $CI = 0$ 时, CI 为完全一致, 若是 CI 值越大, 则判断矩阵的一致性越差。一般只要 $CI \leq 0.1$, 那么判断矩阵的就通过了一致性检验, 否则就要重新进行两两比较判断, 构造比较判断矩阵。

2) 当判断矩阵的 n 维较大时, 需要判断的目标内容维数就越多, 则目标内容达成协议将更加困难, 因此, 应放宽高维判断矩阵一致性检验要求。此时, 引入特征值 RI, 其中, $n=1, 2, \dots, 9$, 查找相应的平均随

机一致性指标 RI, 如表 2 所示。

表 2 随机一致性指标 RI 的取值

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

3) 计算一致性指标比值 CR

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

通常认为, 当 $CR < 0.1$ 时比较判断矩阵具有一致性, 或者说评判专家的意见不一致程度是可以接受的; 不然, 当 $CR \geq 0.1$ 时就需要调节判断矩阵, 直到满足矩阵的一致性为止, 然后把最大特征值所对应的特征向量标准化使得各分量值都介于 (0, 1) 之间, 所得到的标准化后的向量就是权向量。权向量代表每一层要素对上一层指标因素的影响程度大小。

4) 根据层次总排序做出决策。根据上述步骤所得到的一组元素对该元素上层的权重向量, 依次按所得到的准则层权重排序合并, 最后得到末端层每个方案的指标元素对于目标层元素的权重排序, 从而计算方案层的总排序, 选出最优方案。

2 模型确定

2.1 构建层次结构指标体系

首先, 输变电工程的环境效益作为决策目标, 将解决的问题作为模型的最高层次, 即层次分析法所要实现的总体目标。决策目标是找到对环境效益的影响最大的因素。影响输变电工程环境效益的因素比较多, 并且需要将影响环境的定量因素与定性因素结合起来综合评价, 属于多目标决策问题。

然后, 确定中间层即准则层影响因素。为了确定总目标, 在诸多影响因素中确定输变电工程对环境效益影响最大的因素, 综合目前有关环境效益影响的文献, 本文在进行确定环境效益影响因素时主要考虑生态环境成本、人居环境成本、资源环境成本、噪声污染成本、电能替代效益。这五个因素作为准则层影响因素。对于不同的输变电工程来说, 实际运用该方法应根据工程自身实际的特点来确定中间层各因素, 以更好的确定工程对环境的影响最大因素。

最后, 确定最底层各个因素。该层是备选方案层, 表示影响环境效益的各种因素。本文选取 100 个输变电工程作为样本数据, 调查了解其环境效益影响因素作为研究内容。其调查统计结果具体见图 1。

从图 1 可以看出输变电工程所产生的环境问题主要包括输电线路及变电站运行期间产生的连续可听噪声、工频磁场和电场、无线电干扰以及建设期施

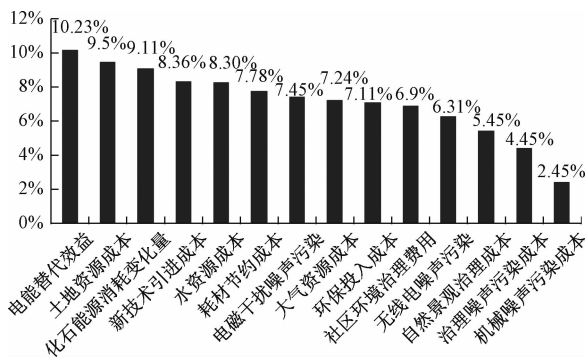


图 1 输变电工程环境效益影响因素调查开展情况

工对环境和生态的影响问题。例如:工程在施工期对环境的影响主要在土地占用、拆迁安置、水土流失和生态环境影响等方面。其中主要表现在线路路经两旁居民住宅,可能导致居民搬迁,并引出拆迁安置问题。塔基占地和临时施工用地会在一定程度上影响农作物的生产。送电线路走廊的建立以及塔基占地,对其周围土地的功能用途,以及项目占地范围内的植物和野生环境会有所破坏。因此,我们选取影响因素所占比例多的 11 个影响因素指标作为备选方案层。

从图 1 可以由输变电工程包括输电线路和变电站运行期间连续噪声引起的环境问题看,工频磁场和电场、无线电干扰、环境和生态影响建设工期。

综上所述,我们得出输变电工程环境效益影响因素阶梯增次结构指标体系,如图 2 所示。从图 2 可以看出输变电工程环境效益多级指标评价体系,其中二级指标 5 项其中包括生态环境成本、人居环境成本、资源环境成本、噪声污染成本、电能替代效益。三级指标 10 项包括水资源成本、大气资源成本、土地资源成本、社区环境治理费用、环保投入成本、耗材节约成本、新技术引进成本、电磁干扰噪声污染、无线电噪声污染、化石能源消耗变化量、电能替代效益。

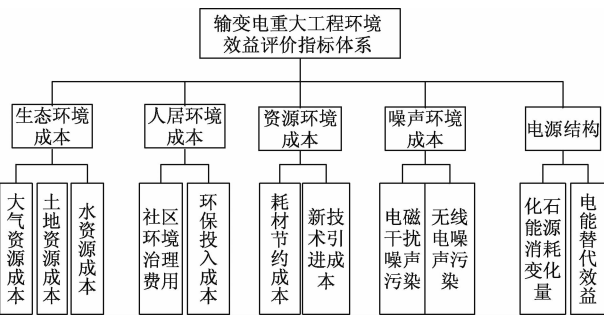


图 2 输变电工程环境效益影响因素的层次结构指标体系

2.2 各层次因素权重确定及检验

构造判断矩阵和确定相对权重是一个由定性和

定量的过程,首先应对各层要素相对于上一层目标层的重要性进行两两比较,并应用 Saaty 的 1 至 9 标度值进行表示来构造判断矩阵。就输变电工程环境效益影响因素决策结构模型而言,由于不同的输变电工程的规模、施工环境、运行环境等都不太一样,在进行判断矩阵打分时应充分考虑分析输变电工程自身的具体情况进行判断打分。

其次,对构造出来的判断矩阵进行一致性检验。当 $CI=0$ 时,为完全一致, CI 值越大,比较判断矩阵的一致性越差。一般只要 $CI\leq 0.1$,判断矩阵的一致性就可以接受,如果 $CI>0.1$ 时就需要对判断矩阵进行相对权重值的调整,直到 $CI\leq 0.1$ 为止。

针对上述操作步骤采取 Yaahp 软件来进行,打开 Yaahp 软件后,首先第一步建立如图 2 所示的层次结构,对于三个层次中的每一个要素都需要事先设定。其次,第二步构造比较判断矩阵。由于 $a_{ij}=1/a_{ji}$,所以只需要输入 a_{ij} 的值就可以了,比如第一行第二列表示对于影响目标输变电工程环境效益的指标因素中生态环境成本与人居环境成本的重要性之比为 3,表示生态环境成本与人居环境成本相比,前者比后者略重要。以此类推可以得出其他数值。再填写完表所需要的数值后,系统会自动进行该矩阵的一致性检验。如果 $CI>0.1$,就需要对判断矩阵进行重新设定,直到 $CI\leq 0.1$ 为止。

对于确定目标输变电工程环境效益的影响力最大的因素来说其比较判断矩阵的一致性指标 $CI=0.0431$,对于总目标的权重为 1,特征根 $\lambda_{\max}=5.0312$,对应的经过标准化之后的特征向量 ω_i 是: $(0.2442,0.2031,0.2965,0.1106,0.1456)$ 。见表 3。

再次,构造备选层各个因素相对于中间层某因素的判断矩阵,依次列出。

生态环境成本的成对比较判断矩阵的一致性指标 $CI=0.0634$,对总目标的权重为 0.244 2,特征根 $\lambda_{\max}=4.8907$,对应的经过标准化之后的特征向量 ω_i 是: $(0.3942,0.3423,0.2635)$ 。见表 4。

人居环境成本的成对比较判断矩阵的一致性指标 $CI=0.0521$,对总目标的权重为 0.203 1,特征根 $\lambda_{\max}=2$,对应的经过标准化之后的特征向量 ω_i 是: $(0.5,0.5)$ 。见表 5。

资源环境成本的成对比较判断矩阵的一致性指标 $CI=0.0521$,对总目标的权重数为 0.296 5,特征根 $\lambda_{\max}=5.9010$,对应的经过标准化之后的特征向量 ω_i 是: $(0.2477,0.7523)$ 。见表 6。

表 3 准则层对目标层的判断矩阵

	生态环境成本	人居环境成本	资源环境成本	噪声环境成本	电源结构	ω_i
生态环境成本	1	3	4	2	3	0.244 2
人居环境成本	1/3	1	4	3	7	0.203 1
资源环境成本	1/4	1/4	1	2	4	0.296 5
噪声环境成本	1/2	1/3	1/2	1	5	0.110 6
电源结构	1/3	1/7	1/4	1/5	1	0.145 6

表 4 方案层对生态环境成本的判断矩阵

生态环境成本	大气资源成本	水资源成本	土地资源成本	ω_i
大气资源成本	1	1	3	0.394 2
水资源成本	1	1	4	0.342 3
土地资源成本	1/3	1/4	1	0.263 5

表 5 方案层对人居环境成本的判断矩阵

人居环境成本	社区环境治理费用	环保投入成本	ω_i
社区环境治理费用	1	1	0.5
环保投入成本	1	1	0.5

表 6 方案层对资源环境成本的判断矩阵

资源环境成本	耗材节约成本	新技术引进成本	ω_i
耗材节约成本	1	1/3	0.247 7
新技术引进成本	3	1	0.752 3

噪声环境成本的成对比较判断矩阵的一致性指标 $CI=0.052\ 1$,对总目标的权重为 $0.110\ 6$,特征根 $\lambda_{\max}=6.0910$,对应的经过标准化之后的特征向量 ω_i 是:($0.7980,0.2020$)。见表 7。

表 7 方案层对噪声环境成本的判断矩阵

噪声环境成本	电磁噪声干扰污染	无线电噪声干扰污染	ω_i
电磁噪声干扰污染	1	4	0.798 0
无线电噪声干扰污染	1/4	1	0.202 0

电源结构成本的成对比较判断矩阵的一致性指标 $CI=0.0521$,对总目标的权重为 $0.145\ 6$,特征根 $\lambda_{\max}=5.3891$,对应的经过标准化之后的特征向量 ω_i 是:($0.1770,0.8230$)。见表 8。

表 8 方案层对电源结构的判断矩阵

电源结构	化石能源消耗变化量	电能替代效益	ω_i
化石能源消耗变化量	1	1/5	0.177 0
电能替代效益	5	1	0.823 0

2.3 环境效益评价分析

最后计算出各个影响环境的指标因素中对输变电工程环境效益的影响权重,再依据计算结果选择出对环境效益影响力度最大的因素,具体见表 9。将表 9 的具体计算结果制成条形图 3,从图 3 可以看出,在诸多环境效益的影响因素中新技术引进成本、电能替代效益、环保投入成本以及社区环境治理费用这四个因素所占的权重因子比较多,因此这四个因素对环境效益的影响力度最大。

表 9 影响环境因素对输变电工程环境效益总权重的计算过程

指标因素	权重
大气资源成本	$0.2442\times0.3942=0.096$
水资源成本	$0.2442\times0.3423=0.073$
土地资源成本	$0.2635\times0.2442=0.064$
社区环境治理费用	$0.2031\times0.5=0.1016$
环保投入成本	$0.2031\times0.5=0.1016$
耗材节约成本	$0.2477\times0.2965=0.073$
新技术引进成本	$0.2965\times0.7523=0.2230$
电磁噪声干扰污染	$0.1106\times0.7980=0.0882$
无线电噪声干扰污染	$0.2020\times0.1106=0.0236$
化石能源消耗变化量	$0.1770\times0.1456=0.0257$
电能替代效益	$0.8230\times0.1456=0.1198$

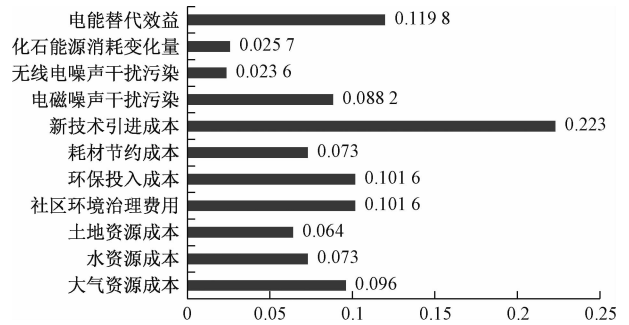


图 3 方案层各因素对环境效益的影响权重

从上述分析结果可以看出,对于大多数输变电工程来说,对改善其建设以及运行期间的环境效益应该从新技术引入方面、电能替代方面、环境保护投入方面以及社区环境治理方面进行投入见效会比较明显。

其中新技术引入主要是依靠新技术改善输变电工程建设以及运营期间现有的施工工艺水平,可大幅度节约占地和线路走廊,减少水土流失和树木砍伐,从而保护环境,提高工作效率,增大电网输送能力。电能替代方面通过输变电工程对各级电网的有力支撑,积极推动电能替代项目的实施落实,最大限度的减少散烧煤和燃油使用量,从而努力实现城市空气质量的改善目标。环境保护投资和社区环境治理主要采用低噪声设备,采取隔音降噪措施,以防噪音扰民。换流站生活污水垃圾经处理后可用于喷洒道路和站区内的绿化,所产生的变压器废液等需经过妥善处理而防止再污染。通过森林的输电线路,应采取铁塔式、铁塔跨度、跨度增大等措施,选择受影响较小的地区,减少占用和毁林,防止破坏生态环境和景观。

3 总结与讨论

经过前文分析,可以得出以下关于输变电工程建设以及运营过程中环境影响的结论并提出相关改进建议。本文采用层次分析法进行输变电工程环境效益影响指标因素分析,逻辑推理过程严密,可以较好地处理分析某些指标因素的不可量化问题。经过层次分析法计算权重可以反映各个影响因素在分析中的重要程度。因此,在输变电项目环境效益评价研究中,引入层次分析法可以弥补了从定性到定量的转变,从局部到综合的转变,部分缺乏定量综合研究的条件下集成,在进行输变电工程环境效益评价研究中引进层次分析法可以弥补在缺乏定量综合研究的情况下,实现由定性到定量、由局部到综合的转变,能够提高环境效益评价分析的科学性和系统性。为了提高环境效益,在今后的输变电工程建设以及运营过程中需要主要以下几点:

1)加强输变电重大工程的基础设施建设。

在输变电工程建设中,为积极推动电力与交通运输、水力、农业等基础设施建设,把工程基础设施建设与生态环境整治紧密结合起来,努力形成环境保护、共享生态环境、资源有效整合和环境服务建设相对完善的新型格局。

2)着力保护利用生态资源以及积极推广利用新能源。

在全球环境日益恶化和节能减排的背景下,需要兼顾环境效益,在输变电工程的建设以及运营期间需要注意保护生态环境以及积极推广利用新能源。合理开发利用各种生态资源比如:小水电、风能、太阳能、生物质能等清洁能源技术,充分发挥输变电工程生态环境的规模效益和聚合作用,最大限度地发挥生态系统的综合效益。

3)对输变电重大工程的建设进行合理的规划设计,注重环保的投入,力求实现资源环境的合理配置。

对输变电工程建设进行科学适当的分析和选择规划,以促进合理调整电力行业的整体结构和优化布局,以及实现现有资源的优化配置为目标。随着社会经济的高速发展,我国的电力需求也随之加大,那么电力建设同环境之间的和谐发展问题也日益突出。因此,为了更好的适应环境和谐建设形式下电力行业发展的需求,对应的输变电工程的建设规划思路也应需随之改变,以适应新要求下输变电工程的建设要求。

参考文献

- [1] MOROZOW, MICHAEL. Der georgier: stalins weg und herrschaft/2. vom autor durchges. aufl[M]. Langen-Müller, 2006:22—34.
- [2] BARROS, DE R P, HENRIQUES, et al. A estabilidade inaceitável: desigualdade e pobreza no Brasil[J]. Ipea Texto Para Discussão, 2015:53—64.
- [3] ATTAVIRIYANUPAP P, YOKOYAMA A. Transmission expansion in the deregulated power system considering social welfare and reliability criteria[J]. Transmission & Distribution Conference & Exhibition, 2005, 14(4):1—6.
- [4] JING-RU L I, ZHAO B, SHI X F, et al. Analysis methods of composite cost index for transmission projects[J]. Energy Technology & Economics, 2010(11):36—39.
- [5] 濮文青, 刘红志, 余寒, 等. 安徽地区典型移动通信基站电磁辐射环境影响分析[J]. 山西筑, 2015, 40(9):216—218.
- [6] IJÄS A, KUITUNEN M T, JALAVA K. Developing the RI-AM method (rapid impact assessment matrix) in the context of impact significance assessment[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2016, 30(2):82—89.
- [7] 罗超, 查智明, 姚为方. 高压输变电工程中的环境问题及其管理和应对[J]. 环境科学与管理, 2016, 37(3):11—13.

Environmental Benefit Analysis on Power Transmission Project Based on Analytic Hierarchy Process

KANG Yan-fang¹, LI Da-peng¹, LI Xu-yang¹, CHEN Yan-hua²

(1. State Grid Henan Electric Power Economic Technology Research Institute,Zhengzhou 450000,China;
2. North China University of Water Conservancy and Hydropower,Zhengzhou 450045,China)

Abstract: The impact of different power transmission projects on the environment of the atmosphere, water, noise, etc. It is important to evaluate environmental benefits scientifically and objectively. Evaluate results is for ensuring long-term stability of power transmission projects. This paper puts forward the screening method and decision analysis about the influencing factors of environmental benefits of power transmission project though the analytic hierarchy process (AHP). This paper constructs the index system of environmental impact of power transmission project. We get the weight of environmental benefits about different indicators of power transmission projects, through the surveys. Then we construct the environmental benefit evaluation model of power transmission projects. And we decide the factors which has a greater impacts on environmental benefits. At last we raise the corresponding policy to solute the environmental problems, which arise from the future power transmission projects' construction.

Key words:power transmission project;environmental benefit;analytic hierarchy process

(上接第 88 页)

[20] ERNST H. Patent portfolios for strategic R&D planning [J]. Journal of Engineering & Technology Management, 1998,15(4):279—308.

[21] PORTER A L,ROESSNER J D,JIN X Y,et al. Measuring national ‘emerging technology’ capabilities[J]. Science & Public Policy,2002,29(3):189—200.

[22] PAO Y H. Adaptive pattern recognition and neural networks [M]//Adaptive Pattern Recognition and Neural Networks. Addison-Wesley,1989:31—67.

[23] VOL N. Integrated analysis of spatial data from multiple sources;using evidential reasoning and artificial neural network techniques for geological mapping [J]. Photogram-metric Engineering & Remote Sensing,1996,62(5):513—523.

[24] CHEN C T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment[J]. Fuzzy Sets & Sys-tems,2000,114(1):1—9.

Research on Technology Foresight Model Based on Delphi Method and BP Neural Network

ZHANG Jiao-jiao, LIU Yun

(School of Management and Economy,Beijing Institute of Technology,Beijing 100081,China)

Abstract: The paper construct the foresight model based on Delphi method and BP neural network. Based on patent analysis, high value patents are extracted so as to provide scientific and objective reference points; When the expert evaluation data is processed, the performance index is introduced so that the influence of expert familiarity is taken into full consideration, and the entropy weighted-TOPSIS method is used to evaluate the comprehensive score of patent; BP neural network algorithm is used to evaluate the score, and the influence of human in the weight calculation is weakened, and the feasibility is verified by comparison. Taking intelligent manufacturing field as an example, empirical studies are conducted and the model is validated.

Key words:patent analysis;Delphi;BP neural network;technology foresight