

基于 AHP 算法的电子书包评估系统^①

颜云生¹, 陶 骏¹, 夏傅仪², 张云玲¹, 林伯勳²

¹(安徽信息工程学院 计算机与软件工程系, 芜湖 241000)

²(台湾佛光大学 资讯应用学系, 宜兰 26247)

摘 要: 介绍了罗杰斯创新扩散理论(Diffusion of Innovations, DOI)和 AHP 算法, 探讨家长对孩子使用电子书包的关键影响因素的看法和态度, 阐述了影响使用电子书包的行为. 根据罗杰斯创新扩散理论的创新特质, 将 27 个因素属性, 作为创新的定量分析, 以层级分析算法(Analytical Hierarchy Process, AHP)为基础设计了电子书包评估系统, 并对电子书包评估系统中用户提交数据做了详细分析.

关键词: 电子书包; DOI; AHP

引用格式: 颜云生, 陶骏, 夏傅仪, 张云玲, 林伯勳. 基于 AHP 算法的电子书包评估系统. 计算机系统应用, 2017, 26(8): 49-54. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/5959.html>

Electronic Bags' Evaluation System Based on the AHP Algorithm

YAN Yun-Sheng¹, TAO Jun¹, XIA Fu-Yi², ZHANG Yun-Ling¹, LIN Bo-Xun²

¹(Computer and Soft Engineer Department, Anhui Institute of Information Technology, Wuhu 241000, China)

²(Message Application Department, Taiwan FoGuang university, Yilan 26247, China)

Abstract: This article introduces Rodgers innovative theory (Diffusion of Innovations) and the AHP algorithm, and probes into parents' thoughts and attitudes towards the critical factors of their children using electronic bags, and indicates the behaviors about affecting uses of electronic bags. Based on Rodgers' innovative theory, this article makes twenty-seven factor attribute as quantitative analysis on innovations, uses AHP algorithm to devise electronic Bags' evaluation system and makes explicit analysis on the data which the users have submitted.

Key words: electronic bags; DOI; AHP

1 前言

相对于传统的书包, 电子书包有着巨大的优势: 电子书包轻便环保; 教学方式丰富, 获取方式多; 内容丰富灵活. 家长参与学校教育是近年来教育领域十分重视的议题之一, 根据上述的背景与动机, 根据家长的观点进行研究, 其具体实现思路如下:

(1) 分析家长对电子书包的看法, 创新的研究电子书包的使用意愿, 了解电子书包导入、接受到扩散的流程.

(2) 通过层级分析法(AHP)和权重计算, 探索电子书包使用的关键因素.

2 相关理论研究基础

2.1 创新扩散理论(DOI)

罗杰斯在 1962 年提出创新扩散理论(DOI), 其把“创新”或“新事物”定义为相对于某一个人或某一特定族群的一种新的想法(idea)、做法(method)、或是新发明(invention), 将“扩散”定义为一项透过特定管道, 在社会系统群体间沟通的创新过程. 此创新扩散理论尝试解释一个新的构想或措施如何随着时间的经过在社群间散播.

创新扩散理论中的采用率或扩散率(Rate of Diffusion)取决于创新特质、个人特质及组织特质三方面. 这里

^① 基金项目: 安徽省自然科学基金项目(KJ2016A077, KJ2017A797)

收稿时间: 2016-12-08; 采用时间: 2017-01-20

所指的创新特质包括: (1)相对于现在的行为, 其具有的相对优势(relative advantage); (2)与现行作为具有相容性(compatibility); (3)复杂性(complexity), 即是否容易使用(易用性); (4)试用性(trialability); (5)观察性(observation), 即可被观察或向他人描述采用此创新的效益.

2.2 层级分析法(AHP)

在人的一生中, 常常要做各种决策, 这些决策的过程, 都是从许多替代方案当中依据几个准则, 从中选择一个或多个替代方案.

美国 Thomas L. Saaty 教授在 1971 年提出了层级分析法(AHP). 层级分析法是一种多目标决策方法^[4], 将复杂的决策情境切分为多个层级, 再将这部分组织成为一个树状的层次结构, 每一层级只影响另一层级, 同时仅受另一层级的影响. 然后, 对每一个部分的相对重要性给予权重值, 然后分析各个部分的优先权.

AHP 分析法包含 5 个关键步骤:

(1) 问题的判定

处理复杂的问题时, 对问题进行系统分析, 先将问题尽量扩大, 可能影响问题的要素均需纳入问题中, 将整个问题分解为多个小问题.

(2) 层次结构的建立

层级分析法的架构, 主要就是将问题予以系统化分析, 由同的层面给予层次分解, 并透过量化的判断, 提供给决策者最佳可行方案.

将整个问题分解为多个小问题, 将问题间的评估予以结构化, 并建立层级结构(如图 1). 利用层次结构将问题予以分解, 可以有效的描述问题的形式, 以及确定高层要素对于低层要素的影响程度, 进而更有效的工作.

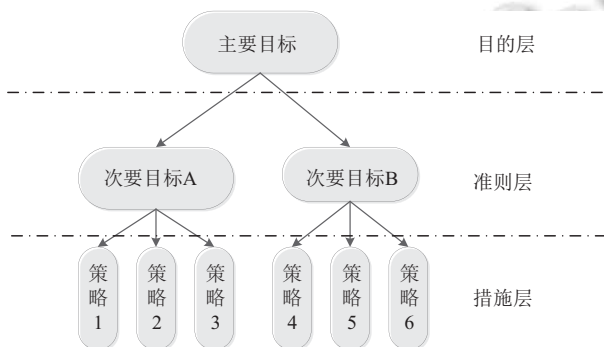


图 1 层次结构示意图

(3) 权重向量求解

针对每一层级的要素, 在上一层级某一要素作为评估基准的条件下, 设定各问题的评比尺度, 进行要素间的成对比较, 依强弱关系评分, 将结果建立正倒矩阵.

如矩阵 $A, A=(c_{ij})_{n \times n}, c_{ij}>0; c_{ij}=1/c_{ji}; c_{ij}=c_{ji}=1$. 以图 2 为例, 建立 3×3 成偶比矩阵, 并将矩阵绘制成比矩阵, 如表 1 所示.

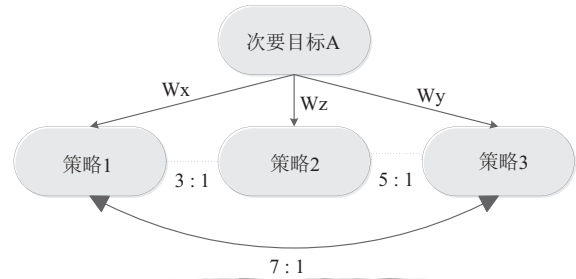


图 2 层次结构示例

表 1 比矩阵

	策略1	策略2	策略3
策略1	1	3	7
策略2	1/3	1	5
策略3	1/7	1/5	1

再从比矩阵算出权重值, 如表 2 所示. 权重计算步骤如下:

- ① 计算各行的总和;
- ② 各个值除以该行的总和;
- ③ 计算各列的平均值.

这些权重, 称为有限向量(Priority Vector, PV).

表 2 权重值

	策略1	策略2	策略3	PV
策略1	21/31	5/7	7/13	0.643
策略2	7/31	5/21	5/13	0.283
策略3	3/31	1/21	1/13	0.074

(4) 贡献度评估

策略 1 对“次要目标 A”的贡献度为 0.643, 而“次要目标 A”对“主要目标”的贡献度为 0.416, 如表 3 所示. 所以策略 1 通过“次要目标 A”对“主要目标”的贡献度为: $0.416 \times 0.643 = 0.26749$. 同理, 策略 2 通过“次要目标 A”对“主要目标”的贡献度为: $0.416 \times 0.283 = 0.1173$, 策略 3 通过“次要目标 A”对“主要目标”的贡献度为: $0.416 \times 0.074 = 0.03078$.

依据同样的程序, 可算出策略 4、策略 5、策略 6 透过“次要目标 B”对“主要目标”的贡献度及策略 7、策略 8、策略 9 透过“次要目标 C”对“主要目标”的贡献度.

最后将策略 1、策略 2、策略 3 至策略 9 的权重加起来, 即可算出对“主要目标”所表现的理想度. 各层级要素间的权重相互比较后, 即可依结果, 得到最佳的决策.

表3 权重计算

评价指标	次目标A	次目标B	次目标C	总权重
	0.416			
策略1	0.643			0.26749
策略2	0.283			0.11773
策略3	0.074			0.03078

(5) 一致性的检定

由于“成对相比”可能会出现自我矛盾的现象而不自知,所以利用计算一致性指标(Consistence Index, C.I.)与一致性比率(Consistency Ratio, CR)方法,能检验出是否有矛盾的现象.计算步骤如下:

①计算最大特征值(λ_{max})值,为各行总和与各列PV相乘之和;

②计算一致性指标(Consistency Index, CI), $CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$, n为评比比要素的个数;

③计算一致性比率(Consistency Ratio, CR), $CR=CI/RI$, RI为随机一致性指标(Random Consistency Index, RI)值,如表4所示.

表4 随机一致性指标(RI)值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$C.I.=0$ 表示前后判断完全具一致性, Saaty(1980)建议 $C.I.\leq 0.1$ 为可容许的偏差.

如果所计算出的 $CR\leq 0.1$,表示具有相当的一致性,如果 $CR>0.1$ 时,表示呈现显著的不一致性.

3 系统研究方法与架构

本文以创新扩散理论(DOI)的观点来探索“家长对学生采用电子书包的意愿”,依据创新扩散理论(DOI)中创新采用历程的五阶段,建构“家长对孩子使用电子书包的意愿”的扩散模型.并依照此扩散模型架构设计一份问卷,针对全国小学高年级学生家长发放问卷,了解其情形与分析,问卷回收完毕后,进行问卷资料的整理,并将其问卷数据分析,透过电子书包评估系统进问卷资料的统计分析,并分析家长对孩子采用电子书包的意愿.

3.1 研究对象

本研究是以问卷调查方式,针对全国小学五、六年级学生家长进行抽样调查.在95%信心水准下,设抽样误差为 d ,成功率为 P , $Q=1-P$ 表示失败率,若无法取得 P 与 Q 的资料时,可以假设 $P=0.5$,则计算得出的样本大小最为保险.学生家长的样本数 N 可按如下公式计算:

$$N = \frac{t^2 \times PQ}{d^2} \quad (1)$$

当抽样误差 d 为5%, P 取值为0.5, Q 为0.5,大样本时 t 值临界点为1.96,则学生家长的样本数 N 为:

$$N = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2} = 384 \quad (2)$$

即预计总发放问卷数为384份,进而回收并分析.

3.2 研究工具

本研究以层级分析法(AHP)探讨“家长对学生使用电子书包的意愿”关键影响因素,根据所述层级分析法(AHP)5个关键步骤了解电子书包使用的影响因素.

1) 问题的界定

电子书包以资讯科技为媒介,是一种资讯科技的采用形式,因此使用电子书包可被视为一种“创新”的行为.经由文献探讨,所提到的创新扩散理论(DOI)中,新事物采用历程具有相对的优点(Relative advantage)、相容性(Compatibility)、复杂性(Complexity)、可试验性(Trialability)、可观察性(Observability)等五大特征,来衡量家长对于孩子们使用电子书包的意愿.

2) 层次结构的建立

表5是“家长对学生使用电子书包的意愿”关键影响因素表.利用层级分析法(AHP)构建层次结构模型,将问题予以系统化分析,以创新扩散理论的观点来探索“家长对学生采用电子书包的意愿”,依据创新扩散理论(DOI)中创新的五大特征,建构“家长对学生使用电子书包的意愿”的扩散模型.

为能确实了解“家长对学生使用电子书包的意愿”之重要因素,针对全国小学高年级学生家长进问卷调查.

问卷设计方法,是依照 Saaty 所提出的层级分析表形式,主要分为三个层次,第一层是总体目标,只有一个关键因素,即“家长对学生使用电子书包的意愿”.第二层为次要目标,以罗杰斯的创新扩散理论五大特征为元素,即为相对的优点(Relative advantage)、相容性(Compatibility)、复杂性(Complexity)、可试验性(Trialability)、可观察性(Observability)等五大创新属性.第三层为影响因素层,由各类在评价体系的因素组成,包括售价、重量教学、品质、亲师沟通、操作容易、网路连线设定、提供操作说明、设备可试用、可记录学习历程、可观摩其他学习者等.

问卷填答采相同层级间成对比较方式进,进行成对比较时所用的分数是以1、3、5、7、9表示,1表“等强”、3表“稍强”、5表“颇强”、7表“极强”、9表“绝强”.假如在比较时需要折衷值,则可以相邻尺度的中间值2、4、6、8为衡量值.因此两者间互相比

依重要性的大小作一选择, 在比较表框内打勾(√)方式填写, 其决策因子间的交叉比较如表 6 所示.

表 5 “家长对学生采用电子书包意愿”关键影响因素

第一层	第二层	第三层
家长对学生采用电子书包的意愿	相对的优点	Q1. 售价
		Q2. 重量
		Q3. 互动性
		Q4. 提高学习效率
		Q5. 能自我学习
		Q6. 不受环境限制
	相容性	Q8. 教学品质
		Q9. 亲师沟通
		Q10. 满足个人需求
		Q11. 各科均能使用
		Q12. 政府政策
		Q14. 操作容易
	复杂性	Q15. 网路连线设定
		Q16. 与同事和老师互动
		Q17. 设备维修
		Q19. 提供操作说明
	可试验性	Q20. 设备可试用
		Q21. 教材可试用
		Q22. 免费使用网路
		Q24. 可记录学生历程
	可观察性	Q25. 可观摩其他学习者
		Q26. 利用数位学习的好处
Q27. 利用电子书包的好处		

表 6 决策因子交叉比较表

评 估 准 则	重要程度									评 估 准 则
	左端 绝强	左端 极强	左端 颇强	左端 稍强	等 强	右端 稍强	右端 颇强	右端 极强	右端 绝强	
相对的优点	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	相容性
				√						

表 6 表示“相对的优点”与“相容性”两项决策因素相互比较及其重要性之表格. 若“相对的优点”比“相容性”重要, 且重要程度为 3:1, 则勾选左方的 3:1 处. (反之, 若“相容性”比“相对的优点”重要, 且重要程度“相容性”为“相对的优点”的 3 倍, 则勾选右方的 1:3 处.)

根据罗杰斯的创新扩散理论五大特征, 拟定以相对的优点、相容性、复杂性、可试验性、可观察性等予以列举相关评估项目.

相对的优点: 是指电子书包相对优于传统书包的

程度, 如能认知电子书包的相对优点愈多, 则它被接受的程度就越大. 如售价、重量、互动性、提高学习效率、能自我学习、不受环境限制、是前卫的.

相容性: 是指与个人在社会体系内的价值与经验吻合的程度. 如教学品质、亲师沟通、满足个人需求、各科均能使用、政府政策、孩童健康.

复杂性: 是指了解或使用电子书包的相对困难程度. 如操作容易、网路连线设定、与同学和老师互动、设备维修、控制孩子上网.

可试验性: 是指电子书包能在一个有限基础下试用的程度. 如提供操作说明、设备可试用、教材可试用、免费使用网路、提供教学档案.

可观察性: 是指使用电子书包优点能被人观察或描述的程度. 如可记录学习历程、可观摩其他学习者、利用数位学习的好处、利用电子书包的好处.

3) 电子书包系统结构

系统的物理结构采取了 B/S 模式的三层结构, 具体如图 3 所示.

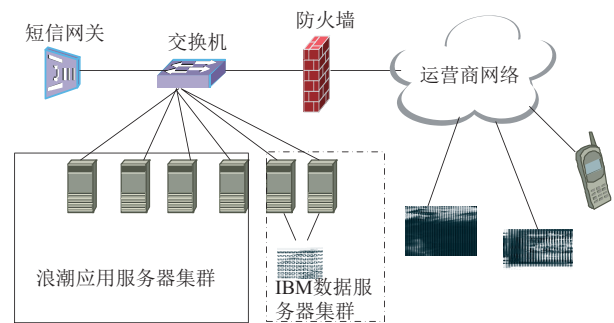


图 3 系统物理结构图

系统采用浪潮服务器集群作为 web 服务器和应用服务器, IBM 服务器集群作为数据库服务器, 下挂一磁盘阵列, 华为短信网关侧挂在交换机旁, 用户可以通过互联网 web 网页来访问电子书包评估系统; 用户也可以通过互联网电视访问电子书包评估系统, 互联网电视通过 MSDP 的跨域组播形式把信号发送给评估者, 评估者在电视上进行问卷填写; 也可以通过手机短信来访问电子书包评估系统.

4) 系统应用实现

系统由 python+oracle 实现, 具体输入模块和分析模块实现如下.

操作步骤:

(1) 输入模块

在输入子系统按下“输入资料”按钮, 操作界面如图 4 所示. 对特定的编号, 将问卷勾选答案输入即可.

(2) 分析模块

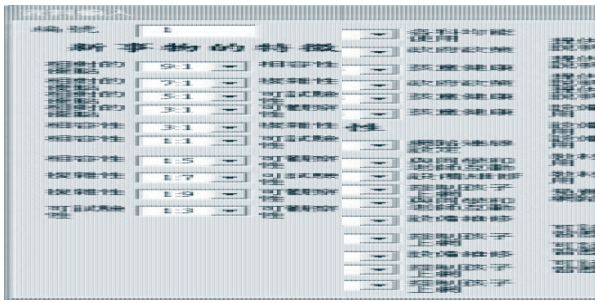


图4 问卷资料输入画面

输入资料后,在分析子系统,输入起始与结束的编号,按下“求一致性”按钮,即可求得一致性比率,并将资料存放在工作表1中.若要查阅各项资料权重向量与一致性的检定,在工作表2中,输入编号,按下“计算”按钮,即可计算到单笔资料、权重值与一致性检定.

4 结果分析与讨论

4.1 样本结构

本研究的对象为全国小学高年级学生家长,在人力及时间等诸多限制之下,以电子问卷调查的抽样方式进行,遵循随机原则抽取样本,采取随机抽样中的多段抽样法(multiple-stage sampling).实地发放问卷384份,总共回收281份,回收率为73.17%,剔除漏答及无效问卷后,有效问卷245份,有效回收率65.62%.在95%信心水准下,抽样误差为正负6.1%.

4.2 包评估因素权重

(1) 家长对第二层级估因素之看法如表7所示.

表7 第二层级估因素权重表(CR=0.076)

因素名称	层级权重	排序
相对的优点	0.4163	1
相容性	0.2085	3
复杂性	0.2548	2
可试验性	0.0546	5
可观察性	0.0658	4

由上表可知,家长对第二层5个因素中,相对的优点最为看重,其次为复杂性,接着依序为:相容性、可观察性、可试验性.

(2) 家长对第三层评估因素之看法

第三层评估因素,主要依第二层5个因素进行解析,其结果如下:

(A) 相对的优点

由表8可知,在“相对的优点”的7个评估因素中,重量最为重要,其次为能自我学习,接着依序为:互动性、不受环境限制、提高学习效率、售价、是前卫的.

表8 相对的优点评估因素权重表(CR=0.068)

因素名称	层级权重	排序
售价	0.0946	6
重量	0.3687	1
互动性	0.1225	3
提高学习效率	0.1005	5
能自我学习	0.1595	2
不受环境限制	0.1054	4
是前卫的	0.0485	7

(B) 相容性

由表9可知,在“相容性”的6个评估因素中,孩童健康最为重要,亲师沟通,接着依序为:教学品质、各科均能使用、政府政策、满足个人需求.

表9 相容性评估因素权重表(CR=0.066)

因素名称	层级权重	排序
教学品质	0.1183	3
亲师沟通	0.1777	2
满足个人需求	0.0958	6
各科均能使用	0.1034	4
政府政策	0.0998	5
孩童健康	0.405	1

(C) 复杂性

由表10可知,在“复杂性”的5个评估因素中,控制孩子上网最为重要,其次为操作容易,接着依序为:与同学和老师互动、网路连线设定、设备维修.

表10 复杂性评估因素权重表(CR=0.078)

因素名称	层级权重	排序
操作容易	0.1738	2
网线设定	0.1553	4
与师生互动	0.1735	3
设备维修	0.1415	5
控制上网	0.3556	1

(D) 可试验性

由表11可知,在“可试验性”的5个评估因素中,提供教学档案最为重要,其次为免费使用网路,接着依序为:教材可试用、设备可试用、提供操作说明.

表11 可试验性评估因素权重表(CR=0.076)

因素名称	层级权重	排序
提供操作说明	0.1079	5
设备可使用	0.1774	4
教材可使用	0.1895	3
免费使用网路	0.197	2
提供教学档案	0.3284	1

(E) 可观察性

由表12可知,在“可试验性”的5个评估因素中,

可记录学习历程最为重要,其次为利用电子书包的好处,接着依序为:可观摩其他学习者、利用数位学习的好处。

表 12 可观察性评估因素权重表(CR=0.084)

因素名称	层级权重	排序
可记录学习历程	0.4057	1
可观摩其他学习者	0.2269	3
利用数位学习的好处	0.1301	4
利用电子书包的好处	0.2372	2

(3) 家长对孩子采用电子书包评估因素权重

由表 13 可知,在“家长对孩子使用电子书包”的评估因素中,电子书包的重量最为重要,其次为控制孩子上网,接着依序为:孩童健康、能自我学习、互动性、操作容易、与同学和老师互动。

表 13 相容性评估因素权重表

评估指标	相对的优点相容性复杂性可试验性可观察性					总权重
	0.4164	0.2084	0.2584	0.0547	0.0657	
售价	0.0949					0.03948
重量	0.3688					0.1536
互动性	0.1225					0.05108
提高学习效率	0.1005					0.04177
能自我学习	0.1596					0.06646
不受环境限制	0.1054					0.04389
是前卫的	0.0483					0.02011
教学品质		0.1181				0.2463
亲师沟通		0.1779				0.03705
满足个人需求		0.0958				0.01994
各科均能使用		0.1035				0.02157
政府政策		0.0995				0.02078
孩童健康		0.4052				0.08442
操作容易			0.1738			0.04331
网路连线设定			0.1558			0.03962
与同学和老师互动				0.1736		0.04421
设备维修			0.1414			0.03603
控制孩子上网			0.3554			0.09063
提供操作说明				0.1079		0.0058
设备可试用				0.1774		0.0098
教材可试用				0.1894		0.01034
免费使用网路				0.197		0.01079
提供教学档案				0.3283		0.01797
可记录学习历程					0.4057	0.02666
可观摩其他学习者					0.2268	0.01489
利用数位学习的好处					0.1303	0.00857
利用电子书包的好处					0.2373	0.01558

5 结论

近年来全国小学童书包过重的问题,早就引发社会大众关切,各方要求缓解学生压力.本文根据 AHP 算法设计了一个电子书包评估系统,介绍了系统的物理架构和系统实现,并对系统中的用户提交数据做了详细分析。

参考文献

- Shiah CY, Yen YS. Compression of Chinese document images by complex shape matching. *The Computer Journal*, 2013, 56(11): 1292-1304. [doi: 10.1093/comjnl/bxs100]
- 闻佳媛. 罗杰斯的“创新扩散”理论. *科技传播*, 2015, 7(13): 167-168.
- 汪传雷, 陈晨. 创新扩散理论应用于 IT 领域研究综述. *价值工程*, 2012, 31(1): 162-164.
- 刘润达, 诸云强, 刘闯, 等. 我国科学数据 DOI 应用现状、问题与对策. *中国科技资源导刊*, 2014, 46(5): 65-71, 78.
- 百度百科. 层次分析法(运筹学理论). [http://baike.baidu.com/link?url=10FUHsTCqs1QBFbs43rcFq9YxEFI7YDNI9eCzLDYtgNGA9c4ZiujjrBwz4r5H74D-JqNCL11XZxLG1iiqKlb1pAEF_ZYIZiLH2Fi5gYv3#ref_\[1\]_5071768](http://baike.baidu.com/link?url=10FUHsTCqs1QBFbs43rcFq9YxEFI7YDNI9eCzLDYtgNGA9c4ZiujjrBwz4r5H74D-JqNCL11XZxLG1iiqKlb1pAEF_ZYIZiLH2Fi5gYv3#ref_[1]_5071768).
- Green AS, Lumsdaine PL, Ross NJ, et al. Quipper: A scalable quantum programming language. *Proc. of the 34th ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation*. Seattle, Washington, USA, 2013.
- Miszczak J. Models of quantum computation and quantum programming languages. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, 2011, 59(3): 305-324.
- 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究. *数学的实践与认识*, 2012, 42(7): 93-100.
- 赵静, 李德超. 电子书包研究述评. *上海教育科研*, 2014, (5): 36-39.
- 李钰奇, 宋绍成. 国内电子书包研究的定量分析. *产业与科技论坛*, 2014, 13(15): 54-55.
- 朱克毓, 杨善林. 关于 Saaty 对模糊逻辑不适用于 AHP 观点的评述. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(1): 197-206.
- 鲁智勇, 安成锦, 焦波, 等. 基于生成树集结算子的群组 AHP 判断矩阵集结算法. *电子学报*, 2015, 43(12): 2449-2454.