DOI:10.19789/j.1004-9398.2017.05.004

基于灰色聚类数学理论的绿色大学评价模型

丁 勇
(潍坊科技学院通识学院,山东 寿光 262700)

摘 要

绿色大学的评价是由多目标多层次多指标构成的评价过程,本文利用模糊层次分析法确定了各个指标的权重系数,构造了绿色大学灰色聚类的白化权函数,根据各个指标的分类灰数,建立了灰色聚类评价模型. 通过专家的打分计算出绿色大学评价的聚类向量,根据最大隶属制度原则确定评价等级方法的科学、合理性.

关键词: 灰色聚类,白化权函数,绿色大学,权重,评价.
中图分类号: O29

1 引 言

绿色大学是清华大学在 1998 年提出的在实现基本教育教学功能的同时,围绕人才培养的核心,以可持续发展为导向,制定绿色行动计划,开展绿色教育,创建绿色文化校园,提高高校师生的环境意识的一种理念. 绿色大学是一个可持续发展的大学,是一个生态园林景观遍布的大学,是师生都具有绿色环保意识的大学. 在绿色大学校园内培育、弘扬绿色精神,并使之成为校园文化的精华,是建设绿色大学的重要内涵.

针对绿色大学的建设,绿色大学评价问题成为热点问题,其评价指标体系是重点. 公认的绿色大学评价体系是"绿色度"评价指标体系,该评价体系从绿色教育、绿色校园、绿色科研、绿色实践、绿色办学五个方面选取了 20 个二级评价指标,对绿色大学进行了评价.

2 绿色大学评价指标体系

2.1 绿色大学评价指标的构建原则

绿色大学必须以可持续发展为导向,以人才培养为核心,立足于大学的长远发展,通过制定绿色计划组织和实施学校的各项教育教学工作,开发学校的持续发展潜力,开发学校办学的绿色技术,探索最佳的绿色教学和绿色管理模式,优化教育教学手段,提高绿色教育技术,保障可持续大学教育的不断实施; 通过绿色大学的教育和绿色学校的建设,积极参与并推动社会的可持续发展实践,传播和普及可持续发展的观念,促进全社会的可持续发展,从而实现大学本身的可持续发展. 所以,构建绿色大学的评价指标要以可持续发展理论为指导,深刻认识可持续发展的教育才是真正的绿色教育; 只有融入了可持续发展价值观的大学校园才是真正的绿色校园; 只有结合了环境保护意识和可持续发展意识的科研才是真正的绿色科研; 只有体现了可持续发展思想的教学模式、教育方法、利于降低教育教学成本和提高教育教学质量的办学才是真正的绿色办学; 只有积极参与开展可持续发展的课程和社会实践,才是真正的绿色实践.

2.2 绿色大学评价指标体系

在对绿色大学各影响因素和合理指标进行全面分析的基础下,结合专家的意见,参考多个文献资料,最后采用公认的绿色大学评价指标体系,具体指标如表 1 所示.

2.3 绿色大学评价指标权重的确定

计算指标权重的方法最常用的是层次分析法,但是层次分析法人为因素较多,并且需要进行一致性检验,在此采用层次分析法的改进方法模糊层次分析法计算绿色大学各个评价指标的权重.

收稿日期: 2016-12-26

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　绿色大学评价指标体系

目标层	一级指标层	二级指标层
绿色大学评价 P	绿色教育 P_1	课程设置 P_{11}
		课程渗透 P_{12}
		专题教育 P_{13}
		专题活动 P_{14}
		教育氛围 P_{15}
		师资力量 P_{16}
		教育效果 P_{17}
	绿色校园 P_2	绿化美化工程 P_{21}
		环境卫生状况 P_{22}
		生态园林景观 P_{23}
		污染控制措施 P_{24}
	绿色科研 P_3	绿色技术 P_{31}
		绿色项目 P_{32}
		绿色产品 P_{33}
	绿色实践 P_4	绿色课程实践 P_{41}
		绿色社会实践 P_{42}
	绿色办学 P_5	绿色教学 P_{51}
		绿色管理 P_{52}
		绿色机构 P_{53}
		绿色机制 P_{54}

首先，构造绿色大学评价的层次分析结构图，具体见图 1: 目标层为 P，准则层因素集为(P_1，P_2，P_3，P_4，P_5) 、二级指标评价集(P_{11}，P_{12}，P_{13}，P_{14}，P_{15}，P_{16}，P_{17}，P_{21}，P_{22}，P_{23}，P_{24}，P_{31}，P_{32}，P_{33}，P_{41}，P_{42}，P_{51}，P_{52}，P_{53}，P_{54}) 、决策层;

然后，聘请专家对指标因素给出两两比较的模糊判断，建立相对于上一层指标的优先关系矩阵，并将优先关系矩阵改造为模糊一致矩阵，进而求出各个指标的权重. 绿色大学评价各个指标的权重见表 2.

3　建立绿色大学的灰色聚类评价模型

3.1　绿色大学评价灰类的确定

根据绿色大学水平程度，结合专家意见，将绿色大学的级别划分为 5 个等级，分别为深绿色、绿色、浅绿色、准绿色、非绿色，相应的评价灰类有 5 个，即灰类 $k = 1,2,3,4,5$，对应的绿色大学等级描述如表 3 所示.

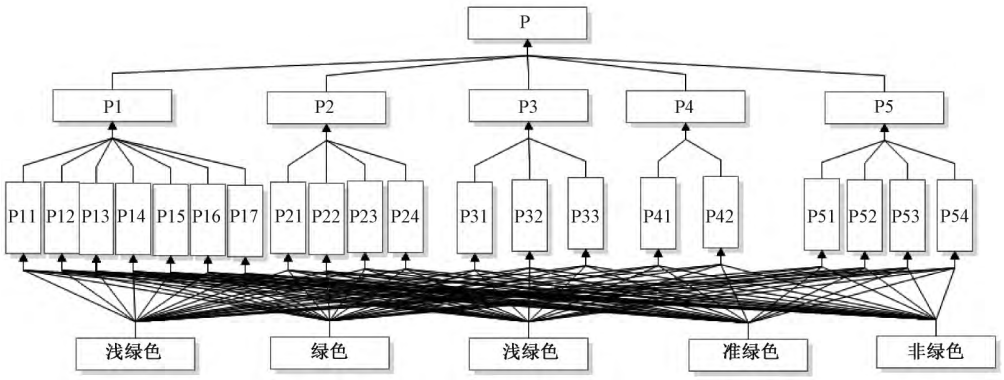


图 1　绿色大学评价的层次分析结构图

表 2　绿色大学各评价指标的权重

指标	绿色教育 P_1	绿色校园 P_2	绿色科研 P_3	绿色实践 P_4	绿色办学 P_5	权重
	0. 250	0. 150	0. 200	0. 195	0. 205	W_i
课程设置 P_{11}	0. 184 0					0. 046 0
课程渗透 P_{12}	0. 131 6					0. 032 9
专题教育 P_{13}	0. 169 7					0. 042 4
专题活动 P_{14}	0. 153 1					0. 038 3
教育氛围 P_{15}	0. 136 4					0. 034 1
师资力量 P_{16}	0. 119 7					0. 029 9
教育效果 P_{17}	0. 105 4					0. 026 4
绿化美化工程 P_{21}		0. 300 0				0. 045 0
环境卫生状况 P_{22}		0. 266 7				0. 040 0
生态园林景观 P_{23}		0. 233 3				0. 035 0
污染控制措施 P_{24}		0. 200 0				0. 030 0
绿色技术 P_{31}			0. 266 7			0. 053 3
绿色项目 P_{32}			0. 333 3			0. 066 7
绿色产品 P_{33}			0. 400 0			0. 080 0
绿色课程实践 P_{41}				0. 350 0		0. 068 3
绿色社会实践 P_{42}				0. 650 0		0. 126 8
绿色教学 P_{51}					0. 300 0	0. 061 5
绿色管理 P_{52}					0. 266 7	0. 054 7
绿色机构 P_{53}					0. 233 0	0. 047 8
绿色机制 P_{54}					0. 200 0	0. 041 0

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3 绿色大学等级及分类标准

等级	分类标准
深绿色	实行绿色教学,将环境保护与可持续发展教育结合较深;环境保护与可持续发展理念贯穿于科研的各个方面;校园布局合理,环境优美;多次进行绿色实践活动;进行绿色教学和绿色管理,实行绿色制度,促使学校可持续发展;
绿色	实施绿色教学,将环境保护与可持续发展教育进行结合;环境保护与可持续发展理念贯穿于科研的多个方面;校园布局合理,环境优美;学生多次进行绿色实践活动;学校管理和教学比较人性化,实施绿色制度,推动学校可持续发展;
浅绿色	环境保护与可持续发展教育结合较浅;环境保护与可持续发展理念贯穿于科研的某些方面;校园布局相对合理,环境较好;学生进行绿色实践活动较少;进行绿色校园和教学管理,但是缺乏具体的措施和条件;
准绿色	刚开始或未开始实施绿色教学,环境保护与可持续发展教育刚开始结合或没有结合;环境保护与可持续发展理念与科研工作也没有联系;校园布局欠合理,环境欠优美;进行绿色实践活动次数有限;绿色教学和绿色管理实施较混乱;
非绿色	环境保护与可持续发展教育没有任何结合;科研工作中没有涉及环境保护与可持续发展的理念,同时校园布局一般,环境较差,没有绿色实践活动,管理制度混乱,教学机械化,不利于学校的可持续发展.

根据绿色大学建设指南和各个评价指标的参数,结合绿色大学基本要求,咨询相关专家,参考和借鉴相关文献,采用德尔菲法得到绿色大学评价的聚类指标 5 个灰类的灰数如表 4 所示.

表 4 绿色大学评价聚类指标的 5 个灰类的灰数

指标	权重	非绿色 $[a_1,a_2]$	准绿色 $[a_2,a_3]$	浅绿色 $[a_3,a_4]$	绿色 $[a_4,a_5]$	深绿色 $[a_5,a_6]$
P_{11}	0.046 0	$2\leqslant P_{11}<4$	$4\leqslant P_{11}<5.5$	$5.5\leqslant P_{11}<7$	$7\leqslant P_{11}<8.5$	$8.5\leqslant P_{11}<10$
P_{12}	0.032 9	$10\leqslant P_{12}<25$	$25\leqslant P_{12}<40$	$40\leqslant P_{12}<55$	$55\leqslant P_{12}<70$	$70\leqslant P_{12}<85$
P_{13}	0.042 4	$8\leqslant P_{13}<13$	$13\leqslant P_{13}<20$	$20\leqslant P_{13}<30$	$30\leqslant P_{13}<45$	$45\leqslant P_{13}<70$
P_{14}	0.038 3	$20\leqslant P_{14}<40$	$40\leqslant P_{14}<70$	$70\leqslant P_{14}<100$	$100\leqslant P_{14}<1\,500$	$150\leqslant P_{14}<200$
P_{15}	0.034 1	$2\leqslant P_{15}<3$	$3\leqslant P_{15}<4.5$	$4.5\leqslant P_{15}<6$	$6\leqslant P_{15}<7.5$	$7.5\leqslant P_{15}<9$
P_{16}	0.029 9	$0.005\leqslant P_{21}<0.01$	$0.01\leqslant P_{21}<0.015$	$0.015\leqslant P_{21}<0.02$	$0.02\leqslant P_{21}<0.025$	$0.025\leqslant P_{21}<0.03$
P_{17}	0.026 4	$2\leqslant P_{22}<3$	$3\leqslant P_{22}<4$	$4\leqslant P_{22}<5.5$	$5.5\leqslant P_{22}<7$	$7\leqslant P_{22}<8.5$
P_{21}	0.045 0	$30\leqslant P_{23}<30$	$30\leqslant P_{23}<50$	$50\leqslant P_{23}<70$	$70\leqslant P_{23}<100$	$100\leqslant P_{23}<150$
P_{22}	0.040 0	$1\leqslant P_{24}<3$	$3\leqslant P_{24}<5$	$5\leqslant P_{24}<6$	$6\leqslant P_{24}<7$	$7\leqslant P_{24}<8$
P_{23}	0.035 0	$5\leqslant P_{25}<10$	$10\leqslant P_{25}<15$	$15\leqslant P_{25}<20$	$20\leqslant P_{25}<30$	$30\leqslant P_{25}<40$
P_{24}	0.030 0	$10\leqslant P_{31}<20$	$20\leqslant P_{31}<30$	$30\leqslant P_{31}<40$	$40\leqslant P_{31}<50$	$50\leqslant P_{31}<60$
P_{31}	0.053 3	$30\leqslant P_{32}<30$	$30\leqslant P_{32}<45$	$45\leqslant P_{32}<60$	$60\leqslant P_{32}<75$	$75\leqslant P_{32}<90$
P_{32}	0.066 7	$5\leqslant P_{33}<10$	$10\leqslant P_{33}<15$	$15\leqslant P_{33}<22$	$22\leqslant P_{33}<30$	$30\leqslant P_{33}<40$
P_{33}	0.080 0	$15\leqslant P_{34}<25$	$25\leqslant P_{34}<35$	$35\leqslant P_{34}<50$	$50\leqslant P_{34}<70$	$70\leqslant P_{34}<90$
P_{41}	0.068 3	$4\leqslant P_{35}<6$	$6\leqslant P_{35}<8$	$8\leqslant P_{35}<10$	$10\leqslant P_{35}<13$	$13\leqslant P_{35}<16$
P_{42}	0.126 8	$6\leqslant P_{41}<9$	$9\leqslant P_{41}<12$	$12\leqslant P_{41}<16$	$16\leqslant P_{41}<20$	$20\leqslant P_{41}<25$
P_{51}	0.061 5	$4\leqslant P_{42}<5$	$5\leqslant P_{42}<6$	$6\leqslant P_{42}<7$	$7\leqslant P_{42}<8$	$8\leqslant P_{42}<9$
P_{52}	0.054 7	$20\leqslant P_{43}<35$	$35\leqslant P_{43}<50$	$50\leqslant P_{43}<65$	$65\leqslant P_{43}<80$	$80\leqslant P_{43}<95$
P_{53}	0.047 8	$3\leqslant P_{44}<5$	$5\leqslant P_{44}<8$	$8\leqslant P_{44}<12$	$12\leqslant P_{44}<16$	$16\leqslant P_{44}<20$
P_{54}	0.041 0	$10\leqslant P_{45}<15$	$15\leqslant P_{45}<20$	$20\leqslant P_{45}<25$	$25\leqslant P_{45}<35$	$35\leqslant P_{45}<45$

3.2 绿色大学评价指标数域延拓值

结合绿色大学各指标的实际情况,设定各个评价指标的延拓值,具体见表 5.

表 5 绿色大学各评价指标的延拓值

指标	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}
a_0	0	0	2	5	0	0	1	10	0	20	5
a_7	12	100	100	260	10	0.04	10	180	9	50	70
指标	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{41}	P_{42}	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{54}		
a_0	10	2	10	2	4	2	10	1	5		
a_7	100	50	110	20	30	10	110	25	60		

3.3 计算绿色大学各评价指标的白化权函数值

灰色聚类法是在分析不同的聚类对象基础上,计算所涉及不同指标对象的白化权函数,然后综合结合各个指标的权重计算出相应的聚类灰数,从而对所有指标按照不同灰类进行归纳研究. 本文聚类对象是绿色大学所包含的 5 个一级评价指标,其聚类指标就是这 5 个一级评价指标所对应的各个二级评价指标,在此采用基于端点三角白化权函数的灰色评估方法.

设 5 个灰类的白化权函数为

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$f_i^k(x_i)=\begin{cases}0, & x_i\notin[a_{k-1},a_{k+2}]\\ \dfrac{x_i-a_{k-1}}{\lambda_k-a_{k-1}}, & x_i\in[a_{k-1},\lambda_k]\\ \dfrac{a_{k+2}-x_i}{a_{k+2}-\lambda_k}, & x_i\in[\lambda_k,a_{k+2}]\end{cases},$$

其中 x_i 为 i 指标的专家评分，k 表示其评价灰类.

将对绿色大学各个二级评价指标的专家的评分 x_i 代入相应的白化权函数中，计算得到绿色大学各个评价指标5个灰类的三角白化权函数 $f_i^k(x_i)$，其中 $\lambda_k=\dfrac{a_k+a_{k+1}}{2}$.

3.4　绿色大学评价的计算结果

称式子 $\sigma_i^k=\sum_{i=1}^{m}f_i^k(x_i)W_i$ 为 k 灰类的灰色变权综合聚类系数，其中 x_i 为绿色大学二级评价指标的评价值，$f_i^k(x_i)$ 为 i 指标 k 子类白化权函数; W_i 为指标 i 在综合聚类中的权重.

利用上式计算出绿色大学各灰类的综合聚类系数，得出聚类对象的聚类系数集合 $(\sigma_i^1,\sigma_i^2,\sigma_i^3,\sigma_i^4)$，进而根据最大隶属原则判断聚类对象的聚类等级.

4　绿色大学评价模型的仿真计算

根据第三节中绿色大学二级评价指标中 5 个灰类的灰数，结合五位绿色大学研究专家对潍坊科技学院绿色大学程度进行评价打分，得到潍坊科技学院绿色大学评价灰类评分表，如表 6 所示.

表 6　潍坊科技学院绿色大学评价灰类评分表

指标	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	平均分 x_{ij}
P_{11}	4.5	8.2	7.0	6.6	8.3	6.9
P_{12}	42	58	49	63	72	57
P_{13}	32	36	18	41	38	33
P_{14}	113	123	148	108	136	126
P_{15}	6.2	5.3	4.8	6.6	7.2	6.0
P_{16}	0.024	0.026	0.018	0.021	0.024	0.024
P_{17}	5.8	6.5	7.1	4.6	6.0	5.8
P_{21}	68	44	72	88	64	68
P_{22}	6.2	7.2	6.4	6.5	5.6	6.2
P_{23}	26	28	16	18	19	26
P_{24}	38	44	40	36	42	38
P_{31}	62	61	78	75	70	62
P_{32}	22	23	31	17	25	22
P_{33}	52	48	56	46	54	52
P_{41}	9	12	14	8	10	9
P_{42}	18	16	20	19	21	18
P_{51}	7.2	6.9	7.5	8	6.3	7.2
P_{52}	66	68	78	84	59	66
P_{53}	13	13	14	15	14	13
P_{54}	24	25	23	21	28	24

将表 6 中的五位专家评分的平均值 x_{ij} 代入，计算得到潍坊科技学院绿色大学二级评价指标的白化权函数值，具体如表 7 所示.

表 7　潍坊科技学院绿色大学二级评价指标的白化权函数值表

指标	平均分 x_{ij}	$f_i^1(x_{ij})$	$f_i^2(x_{ij})$	$f_i^3(x_{ij})$	$f_i^4(x_{ij})$	$f_i^5(x_{ij})$
P_{11}	6.9	0.000 0	0.044 4	0.711 1	0.622 2	0.000 0
P_{12}	57	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.200 0
P_{13}	33	0.000 0	0.000 0	0.400 0	0.778 9	0.109 1
P_{14}	126	0.000 0	0.000 0	0.369 2	0.986 7	0.346 7
P_{15}	6.0	0.000 0	0.000 0	0.666 7	0.666 7	0.000 0
P_{16}	0.024	0.000 0	0.000 0	0.133 3	0.800 0	0.533 3
P_{17}	5.8	0.000 0	0.000 0	0.533 3	0.800 0	0.133 3
P_{21}	68	0.000 0	0.066 7	0.800 0	0.514 3	0.000 0
P_{22}	6.2	0.000 0	0.000 0	0.533 3	0.800 0	0.133 3
P_{23}	26	0.000 0	0.000 0	0.320 0	0.933 3	0.400 0
P_{24}	38	0.000 0	0.133 3	0.800 0	0.533 3	0.000 0
P_{31}	62	0.000 0	0.000 0	0.577 8	0.755 6	0.088 9
P_{32}	22	0.000 0	0.000 0	0.695 7	0.636 4	0.000 0
P_{33}	52	0.000 0	0.000 0	0.290 9	0.680 0	0.066 7
P_{41}	9	0.000 0	0.333 3	1.000 0	0.285 7	0.000 0
P_{42}	18	0.000 0	0.000 0	0.333 3	1.000 0	0.307 7
P_{51}	7.2	0.000 0	0.000 0	0.533 3	0.800 0	0.133 3
P_{52}	66	0.000 0	0.285 7	0.888 9	0.444 4	0.000 0
P_{53}	13	0.000 0	0.000 0	0.500 0	0.833 3	0.166 7
P_{54}	24	0.000 0	0.133 3	0.880 0	0.400 0	0.000 0

计算潍坊科技学院绿色大学评价的 5 个灰类的综合聚类系数 σ_i^k，具体如表 8 所示.

表 8　潍坊科技学院绿色大学评价的综合聚类系数

灰类	聚类指标					合计
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	
非绿色	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
准绿色	0.008 2	0.046 7	0.000 0	0.116 7	0.102 9	0.052 9
浅绿色	0.418 4	0.616 9	0.502 3	0.566 6	0.689 6	0.549 4
绿色	0.668 7	0.692 0	0.685 6	0.750 0	0.632 7	0.684 1
深绿色	0.175 8	0.128 9	0.050 4	0.200 0	0.078 8	0.128 5

由表 8 可得，$\sigma^1=0.000\,0$，$\sigma^2=0.052\,9$，$\sigma^3=0.549\,4$，$\sigma^4=0.684\,1$，$\sigma^5=0.128\,5$，故潍坊科技学院绿色大学 5 个灰类聚集的可能性大小分别为 $\sigma^4>\sigma^3>\sigma^5>\sigma^2>\sigma^1$，由最大隶属度原则可知潍坊科技学院绿色大学的整体评价等级为绿色.

5　结束语

绿色大学是当前高校建设的重点，其评价指标基本确定，评价方法常见的有层次分析法、模糊综合评判法等. 本文在前人研究的评价指标的基础上，借助灰色理论提出了一种新的绿色大学评价方法. 该方法新颖、科学、合理，希望能够对绿色大学的研究提供理论支持.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] Jiang C. The evaluation of green university based on fuzzy theory [J]. Mathematics in Practice and Theory,2016,3(6):1-5.

[2] Lu L, Liu H, Bai X, et al. Case study on construction of green university and assessment indexes [J]. Environmental Science and Management,2007,12(12):182-185.

[3] Chen W, Zhang Q. On index system for assessment of green universities [J]. Journal of Zhejiang Normal University: Social Sciences,2003,4(2):89-92.

[4] 陈军,张德明,蔺亚虎. 基于模糊层次分析方法大型桥梁工程项目风险评估 [J]. 石家庄铁道大学学报,2010,23(3):29-33.

[5] 李惠玲,李军,钟钦. 基于灰色聚类法的绿色施工评价 [J]. 工程管理学报,2012,26(2):18-22.

[6] 董奋义,肖美丹,刘斌,等. 灰色系统教学中白化权函数的构造方法分析 [J]. 华北水利水电学院学报,2010,31(3):97-99.

[7] 尹航,李柏航. 基于 ANP-灰色聚类分析的高新技术成果综合转化价值评价 [J]. 运筹与管理,2009,18(5):107-115.

[8] 刘思峰,谢乃明. 基于改进三角白化权函数的灰评估新方法 [J]. 系统工程学报,2011,26(2):244-250.

[9] 戴然. 灰色三角白化权函数在水利工程后评价中的应用 [J]. 治淮,2009(7):22-24.

[10] 张铁男,李晶雷. 对多级模糊综合评价方法的应用研究 [J]. 哈尔滨工程大学学报: 英文版,2002,23(3):132-135.

[11] 陈加莉. 绿色大学效益模糊综合评价模型 [J]. 云南民族学院学报: 自然科学版,2001,10(3):422-423.

[12] 郑皆亮. 基于灰色理论的网络信息安全评估模型的研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学,2005,5:38.

The Evaluation Model of Green University Based on Gray Clustering Mathematical Theory

Ding Yong

(School of General Education, Weifang University of Science and Technology, Shouguang Shandong 262700)

Abstract

The evaluation of green university is a process composed of multi-objective, multi-level and multi-index. This paper has determined the weight coefficient of each index by using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) and constructed the grey clustering whitenization weight function of the green university. This paper also established a grey clustering evaluation model according to grey classification number of each index. It calculated the clustering vector of green university evaluation based on scores by experts and finally confirmed the scientific and reasonable evaluation of green university by this evaluation method based on the principle of maximum subordination system.

Key words: gray cluster, whiten weight function, green university, weight, evaluation.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net