

基于改进物元法的人体面部皮肤状态综合评价^①

张慧妍^{②*} 李 爽* 王小艺^{***} 董寅卯^{**}

(* 北京工商大学计算机与信息工程学院, 食品安全大数据技术北京市重点实验室 北京 100048)

(** 北京工商大学中国化妆品研究中心 北京 100048)

摘 要 研究了客观、全面地评价人体面部皮肤状态的方法。为解决目前来源于多个指标的皮肤数据的信息冲突和专家评价标准一致性不佳的问题,结合皮肤状态等级划分的区域特性,提出依据应用调整最佳点位置,对物元法关联函数中的距计算公式进行改进。之后考虑各指标权重在综合评价算法中的重要程度不同,采用层次分析和熵权这两种主客观赋权算法进行优化融合,建立了对人体面部皮肤状态具有较好评价效果的模型。最后,以 10 名研究对象为例进行实证测试,结果表明相较于经典物元评价模型,改进模型不仅基于的评价标准固定且其评价结果与专家意见具有更高的一致性,二者的吻合度达到了 90%。可见,该方法能有效地结合皮肤多指标的实际分布特性进行系统的综合评价,为后续评价算法替代专家进行皮肤诊疗提供了理论支撑。

关键词 皮肤状态, 综合评价, 优化赋权, 距计算, 关联函数

0 引 言

皮肤对人体的保护作用不言而喻。中医理论认为,人体面部皮肤状态是反映人体健康程度的重要表象,这一理念在国内、外受到越来越多的认同^[1,2]。由于影响面部皮肤状态的指标因素众多,如何客观、科学地进行人体皮肤无损综合评价并进而找到诱发皮肤问题的原因,对于皮肤保护及人体健康检查意义重大,也是皮肤医学及护肤品生产等领域迫切希望解决的问题。

目前皮肤状态评价大多依赖业内从业者的经验进行判断,这种主观方法容易受不同从业者的知识积累、面诊时间等客观条件的限制。如何利用业内资深专家经验并结合检测信息,探索构建自动化程度较高、评价标准一致的皮肤健康诊疗系统具有现实意义。目前,在为数不多的皮肤状态评价算法研

究中,许鹏翔^[3]利用图像提取人脸皮肤特征指标,而后采用神经网络对皮肤的衰老程度进行评价,这对皮肤与人体机能健康的关联研究具有一定指导意义;张密等^[4]通过建立皮肤图像采集评价管理一体化系统,在皮肤图像特征参数的基础上对 24 岁女性进行面部皮肤评价,其结果能够较准确地反映皮肤状态;单改仙等^[5]提出利用皮肤纹理面积客观评价皮肤老化现象,通过分析回归曲线发现皮肤纹理面积随着年龄的增加而增加。然而,以上研究受测试设备、时间、经济因素限制,研究工作仅针对皮肤状态指标中的单个或若干个进行评价。而现有的传感器已经可以检测到十几个皮肤状态指标,这些指标均从不同角度表征着皮肤的某一特性,但存在着一定的冗余与重叠性,因此如何有效利用获得的多传感器信息,建立全面、合理的多指标人体面部皮肤综合评价模型具有重要意义。

目前的多指标综合评价研究领域,统计及智能

① 国家自然科学基金(51179002),北京工商大学促进人才培养综合改革(19008001060)资助项目。

② 女,1973 年生,副教授,博士;研究方向:数据建模,分类与评价;联系人,E-mail: zhanghuiyan369@126.com (收稿日期:2017-03-09)

方法已被尝试运用^[6-9]。但这些评价方法存在主观性强^[10,11],多个指标间存在不相容的弊端。为克服上述不足,近年来一些学者采用可拓学中的物元法解决具体评价研究中遇到的矛盾问题,并在环境质量、产品质量以及农业资源等领域进行了较成功的综合评价尝试^[12,13]。本文借鉴并改进了传统物元法中的距计算公式,以更完备地处理实际应用中的关联函数计算问题,而且基于多指标数据与资深专家意见建立了融合主客观信息的指标权重优化的综合评价模型,为后续基于皮肤状态的人体健康诊疗提供了理论支撑。

1 理论基础

由于综合评价等级这一概念本身具有模糊性,且评价中涉及的指标较多,各单项指标评价结果往往具有不相容性这一现状,蔡文教授于20世纪80年代初创立了物元法,用于解决不相容的复杂问题,该方法适合于多指标综合评价^[10]。

物元法最基础的概念是在分析所描述的对象 N 及其特征向量 c 和特征量值 v 时,将其组合表征为研究对象的物元 $R = (N, c, v)$ 。如果对象 N 有 n 个特征 $c_1, c_2, \dots, c_n$ 及其对应的量值 $v_1, v_2, \dots, v_n$,则称 R 为 n 维物元矩阵,可以表示为

$$R = \begin{vmatrix} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{vmatrix} \quad (1)$$

物元法的研究思路是根据已有的信息将评价对象的水平分成若干等级,其中各等级范围采用区间的形式进行表述,再将评价对象的指标代入各等级进行评定。

1.1 经典域与节域、待识别物元矩阵

设研究对象的经典域物元矩阵可表示为

$$R_{oj} = (N_{oj}, c_i, v_o) = \begin{vmatrix} N_{oj} & c_1 & (a_{oj1}, b_{oj1}) \\ & c_2 & (a_{oj2}, b_{oj2}) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & (a_{ojn}, b_{ojn}) \end{vmatrix} \quad (2)$$

式中, R_{oj} 为经典域物元; N_{oj} 为划分的第 j 个评价等级; c_i 为其中的第 i 个评价指标; (a_{oji}, b_{oji}) 为其中的第 i 个评价指标对应等级 j 的量值范围,即经典域。

1.2 改进关联函数

依据经典的物元法理论,研究对象指标 c_i 对某等级 j 的关联度函数 $K_j(c_i)$ 的定义为

$$K_j(c_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(c_i, X_{oji})}{|X_{oji}|}, & c_i \in X_{oji} \\ \frac{\rho(c_i, X_{oji})}{\rho(c_i, X_{pi}) - \rho(c_i, X_{oji})}, & c_i \notin X_{oji} \end{cases} \quad (3)$$

其中, X_{oji}, X_{pi} 分别为待评对象的第 i 个指标的经典域和节域, $|X_{oji}| = |b_{oji} - a_{oji}|$ 。 $\rho(c_i, X_{oji})$ 为指标 c_i 与经典域区间 $X_{oji} = [a_{oji}, b_{oji}]$ 的距离,而 $\rho(c_i, X_{pi})$ 为指标 c_i 与节域区间 $X_{pi} = [a_{pi}, b_{pi}]$ 的距离,可以表示为

$$\begin{aligned} \rho(c_i, X_{oji}) &= |c_i - 0.5(a_{oji} + b_{oji})| \\ &\quad - 0.5(b_{oji} - a_{oji}) \\ \rho(c_i, X_{pi}) &= |c_i - 0.5(a_{pi} + b_{pi})| \\ &\quad - 0.5(b_{pi} - a_{pi}) \end{aligned} \quad (4)$$

显然,当 $c_i = 0.5(a_{oji} + b_{oji})$ 时,关联函数值最大,这说明经典的物元法的评价模型的最佳点设定为各级别区间的中值。然而实际应用中,综合评价研究对象中的大多数指标,可能其最佳值越小越好,也可能越大越好,而不是中值最好。因此,本文结合应用,提出构造非中值最佳点以完善物元法中的关联函数计算,具体如图1所示,图中 a, b 表示等级区间范围。

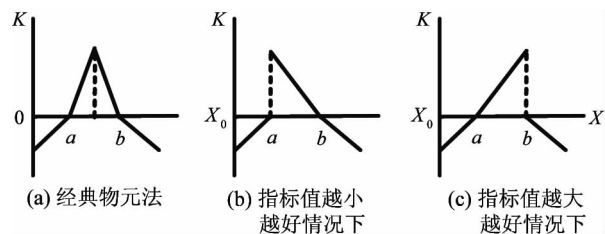


图1 最佳点位置及关联函数示意图

图中图(a)为经典物元法的最佳点位置及关联函数图,图(b)为指标值越小越好情况下的最佳点位置及关联函数图,图(c)为指标值越大越好情况

下的最佳点位置及关联函数图。依据上述分析,给出了对应的改进物元法关联函数中的 $\rho(c_i, X_{oji})$ 计算公式:

对越小越好的指标值,有

$$\rho(c_i, X_{oji}) = |c_i - a_{oji}| - 0.5(b_{oji} - a_{oji}) \quad (5)$$

对越大越好的指标值,有

$$\rho(c_i, X_{oji}) = |c_i - b_{oji}| - 0.5(b_{oji} - a_{oji}) \quad (6)$$

同理可以得到改进模型中 $\rho(c_i, X_{pi})$ 的计算公式。后续应用中可依据评价对象指标最佳点为居中型或极值型,灵活调用距计算公式。

1.3 优化指标权重

指标权重对多指标综合评价算法至关重要。熵权法通过计算数据信息熵求解出各指标的差异系数,进而根据差异系数对整体的影响来决定指标的权重,结果相对客观;层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)则是一种集成了专家经验和知识,对定性问题进行定量分析的一种简便、灵活而实用的主观性较强的赋权方法,具体计算公式详见文献[14,15]。

为了综合考虑主客观信息,本文对熵权法和 AHP 进行了优化组合赋权以确定各指标权重。若依据熵权法计算出的各指标权重为 $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, AHP 计算出的权重为 $(u_1, u_2, \dots, u_n)$, 则基于组合权重与各单一赋权法所求得的权重之间的偏差最小以尽可能融合主客观信息,则建立的权值组合优化模型为

$$\min f = \sum_{i=1}^n [(w_i - u_i)^2 + (w_i - \alpha_i)^2] \quad (7)$$

约束条件为

$$\begin{aligned} w_i &\geq 0 \\ \sum_{i=1}^n w_i &= 1 \end{aligned} \quad (8)$$

该模型的求解是一个条件极值的求解问题,由此可以构造拉格朗日(Lagrange)函数

$$\begin{aligned} L(s_i, \lambda) &= \sum_{i=1}^n [(w_i - u_i)^2 + (w_i - \alpha_i)^2] \\ &\quad + \lambda (\sum_{i=1}^n w_i - 1) \end{aligned} \quad (9)$$

根据极值存在的必要条件,分别对 w_i, λ 求一阶偏导数,并分别令所对应的偏导数为零,得到:

$$\frac{\partial L}{\partial w_i} = 4w_i - 2u_i - 2\alpha_i + \lambda = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^n w_i - 1 = 0$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n$ 。求解式(10)可得:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{n} [2 \sum_{i=1}^n (u_i + \alpha_i) - 4] \\ w_i &= \frac{1}{4} (2u_i + 2\alpha_i - \lambda) \end{aligned} \quad (11)$$

根据式(11),求得组合权值向量为 $\mathbf{W} = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ 。

1.4 计算综合关联度确定评价等级

待评对象 $N_x (x = 1, 2, 3, \dots, m)$ 关于等级 j 的综合关联度 $K_j(N_x)$ 为

$$K_j(N_x) = \sum_{i=1}^n w_i K_j(c_i) \quad (12)$$

其中, $K_j(N_x)$ 为待评价对象 N_x 关于等级 j 的综合关联度, $K_j(c_i)$ 为 N_x 关于等级 j 的单指标关联度。若 $K_{jx} = \max[K_j(N_x)]$, 则表示 N_x 处于综合评价的第 j 等级;若 $K_{ji} = \max[K_j(c_i)]$, 则表示 N_x 的第 i 指标处于的第 j 等级。

基于事物的可转化特性,上述两个 K 值越大表明该评价指标(或对象)在对应的等级中越稳定;若 K 值较小,则该评价指标(或对象)有向仅次于该等级的等级转化的趋势,两等级的值越接近,转化的可能越大。若 K 值在所有等级中均为负值,表明评价对象在设定标准等级之外,并具有向最大 K 值对应等级转化的趋势。

2 应用分析

2.1 人体面部皮肤状态评价指标体系构建

根据皮肤领域背景知识和中医理论,本文基于水分含量、水分散失、黑红色素、光泽度等 15 个可直接由传感器准确测量的指标构建评价指标体系(表 1)。并于 2014 年 11 月在中国化妆品协同研究中心对 154 名志愿者进行测试,测试过程中保证了受测者的皮肤清洁,环境恒温等测试条件。针对测试样本数据,分别采用 AHP 和熵权法对各指标赋权,并参照第 1 节所述的优化组合赋权法原理计算融合主客观信息后的各指标权重,结果见表 1。

表 1 人体面部皮肤状态评价指标体系及权重

目标	因素	指标	权重
人体面部 皮肤状态	水润度	c_1 水分含量	0.0939
		c_2 水分散失	0.0958
		c_3 油脂	0.1289
	白皙度	c_4 黑色素 MI	0.0458
		c_5 红色素 EI	0.0358
		c_6 明度 L	0.0295
		c_7 红绿色度 A	0.0530
		c_8 黄蓝色度 B	0.0475
		c_9 光泽度	0.0393
	粗糙度	c_{10} 算数平均值 Ra	0.0705
		c_{11} 平均粗糙度 Rz	0.0756
		c_{12} 平滑深度 Rt	0.1281
	紧实度	c_{13} 弹性	0.0295
		c_{14} 氧分压 PO2	0.0726
		c_{15} 二氧化碳分压 PCO2	0.0542

2.2 人体面部皮肤状态评价经典域、节域确定

依据人体面部皮肤状态的可拓性,将皮肤状态划分为 4 个等级,定性描述为优、良、中、差,分别用 I 级、II 级、III 级、IV 级表示。本文采用目前公认的皮肤指标的四等级划分区间,建立人体面部皮肤状态评价的经典域复合物元矩阵 R_{oj} 和节域矩阵 R_p 如下:

					优	良	中	差						
$R_{oj} =$	c_1	(65,100)	(40,65)	(20,40)	(0,20)						c_1	(0, 100)		
	c_2	(0,13)	(13,20)	(20,30)	(30,50)						c_2	(0, 50)		
	c_3	(30,40)	(15,30)	(10,15)	(0,10)						c_3	(0, 90)		
			(40,55)	(55,65)	(65,90)						c_4	(50, 400)		
	c_4	(50,150)	(150,250)	(250,300)	(300,400)						c_5	(50, 550)		
	c_5	(50,200)	(200,300)	(300,400)	(400,550)						c_6	(30, 75)		
	c_6	(65,75)	(60,65)	(55,60)	(30,55)						c_7	(5, 35)		
	c_7	(20,35)	(15,20)	(10,15)	(5,10)						c_8	(5, 30)		
	c_8	(20,30)	(15,20)	(10,15)	(5,10)						c_9	(0, 13)		
	c_9	(10,13)	(6,10)	(3,6)	(0,3)						c_{10}	(0, 1)		
	c_{10}	(0.8,1)	(0.6,0.8)	(0.3,0.6)	(0,0.3)						c_{11}	(0, 0.06)		
	c_{11}	(0,0.01)	(0.01,0.02)	(0.02,0.04)	(0.04,0.06)						c_{12}	(0, 0.25)		
	c_{12}	(0,0.08)	(0.08,0.12)	(0.12,0.16)	(0.16,0.25)						c_{13}	(0, 1)		
	c_{13}	(0,0.1)	(0.1,0.2)	(0.2,0.3)	(0.3,1)						c_{14}	(0, 80)		
	c_{14}	(55,80)	(40,55)	(25,40)	(0,25)						c_{15}	(30, 70)		
c_{15}	(30,40)	(40,50)	(50,55)	(55,70)										

2.3 仿真实验

参与皮肤测试的 154 名志愿者中随机选取 10 名,由权威的皮肤领域专家对这组志愿者进行面诊

判断出相应的皮肤等级。而后再根据这 10 名志愿者的面部皮肤指标值建立待评价的物元矩阵:

$R_{mn} =$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	c_1	80.28	35.44	52.63	49.81	35.49	19.58	28.96	60.25	36.47	19.03
	c_2	11.52	20.46	17.32	16.55	20.35	37.42	21.78	16.28	21.50	40.62
	c_3	34.15	23.53	25.48	19.24	33.63	67.25	13.1	25.18	24.73	55.88
	c_4	109.12	235.49	185.53	224.34	238.51	325	314.9	184.59	239.49	357.28
	c_5	136.69	333.67	288.58	253.44	330.7	431.39	336.59	233.82	338.66	466.51
	c_6	69.14	69.44	63.84	61.76	68.36	52.97	57.18	64.84	59.44	54.87
	c_7	25.96	13.97	16.59	18.62	13.47	8.31	13.1	17.19	13.59	8.72
	c_8	25.49	19.46	19.18	17.33	19.87	15.19	15.95	18.74	17.23	20.91
	c_9	6.44	5.02	5.68	5.39	5.11	7.31	4.81	6.91	5.85	2.21
	c_{10}	0.89	0.53	0.79	0.78	0.52	0.34	0.55	0.79	0.56	0.22
	c_{11}	0.016	0.02	0.017	0.016	0.029	0.049	0.022	0.021	0.025	0.047
	c_{12}	0.066	0.094	0.071	0.062	0.077	0.201	0.085	0.085	0.089	0.225
	c_{13}	0.126	0.452	0.141	0.119	0.035	0.827	0.157	0.164	0.352	0.796
	c_{14}	3.79	35.61	36.38	20.48	44.96	26.88	15.51	48.92	36.41	3.9
	c_{15}	35.55	59.49	49.92	46.34	45.32	55.34	57.21	42.56	58.62	66.14

2.4 结果与分析

将待评物元数据输入到改进的物元综合评价模型,即可输出相应的计算结果。以第 1 名志愿者的 c_1 指标(水分含量)为例简要介绍计算过程,将 $v_1 = 80.28$ 输入式(3)~式(6)中,可得该指标对应各评价等级的关联度分别为 $K_1(v_1) = 0.4367$ 、 $K_2(v_1) = 0.1377$ 、 $K_3(v_1) = -0.2017$ 、 $K_4(v_1) = -0.3341$,判定第 1 名志愿者的水分含量指标属于级别 I 级,即属于“优”水平,同理可得其他指标的相关关联度(见表 2)。

表 2 中的各项指标对各等级的关联度与其相应的权重(表 1)带入式(12),可以求出第 1 名志愿者的面部皮肤状态综合关联度为 $K_1 = 0.1567$; $K_2 = 0.1087$; $K_3 = -0.1106$; $K_4 = 0.06$,该志愿者的皮肤等级则为最大综合关联度 K_1 所对应的 I 级,同理可判定其余志愿者的皮肤状态等级,见表 3。

对比实验为采用经典物元评价模型对这 10 名志愿者的皮肤状态进行评价。最后这两种方法皆与领域资深专家对每名志愿者的系统性综合评价结构进行比较,具体情况见表 4。

表 2 第 1 名志愿者的皮肤多指标关联度					
关联度	I 级	II 级	III 级	IV 级	等级
$K_j(v_1)$	0.4367	0.1377	-0.2017	-0.334	优
$K_j(v_2)$	0.1137	0.1675	0.0412	0.0412	良
$K_j(v_3)$	0.415	-0.146	-0.379	-0.475	优
$K_j(v_4)$	0.4088	0.2551	-0.2381	-0.238	优
$K_j(v_5)$	0.4221	0.0974	-0.1328	-0.215	优
$K_j(v_6)$	0.4143	0.0224	-0.0957	0.3838	优
$K_j(v_7)$	0.3970	-0.044	-0.2213	-0.343	优
$K_j(v_8)$	0.5496	-0.024	-0.2115	-0.338	优
$K_j(v_9)$	-0.356	0.1090	0.662	-0.064	中
$K_j(v_{10})$	0.4818	0.1307	0.0041	-0.249	优
$K_j(v_{11})$	-0.121	0.3947	0.5763	-0.082	中
$K_j(v_{12})$	0.179	0.1617	-0.0722	-0.023	优
$K_j(v_{13})$	-0.028	0.744	0.0301	1.561	差
$K_j(v_{14})$	-0.931	-0.905	-0.8484	0.152	差
$K_j(v_{15})$	0.445	0.1546	-0.1857	0.066	优

表 3 基于改进物元法的面部皮肤状态评价

综合 关联度	I 级	II 级	III 级	IV 级	等级
志愿者 1	0.157	0.108	-0.111	0.06	I 级
志愿者 2	-0.285	0.051	0.302	0.249	III 级
志愿者 3	-0.143	0.366	0.173	0.289	II 级
志愿者 4	-0.179	0.369	0.063	0.222	II 级
志愿者 5	-0.048	0.058	0.291	0.243	III 级
志愿者 6	-0.622	-0.500	-0.26	0.986	IV 级
志愿者 7	-0.365	-0.090	0.369	0.714	IV 级
志愿者 8	-0.112	0.539	0.081	0.208	II 级
志愿者 9	-0.292	0.040	0.357	0.343	III 级
志愿者 10	-0.663	-0.596	-0.38	0.346	IV 级

可见,经典物元法评价与资深专家结果一致的准确率为 80%,改进后的物元评价结果一致的准确率为 90%,提高了 10%。分析改进模型的输出可发现,志愿者 7 的专家评价结果为 III 级,而经典物元评价结果为 IV 级,存在一定偏差,这主要是由于该志愿者的黑色素 MI、氧分压 PO_2 和二氧化碳分压 PCO_2 这三个主要指标过差且属于非中值最佳的指标,因此综合后的结果为 IV 级,与专家基于整体、系统角度进行综合评价的结果相差较大,而本文提出的改进物元法则可以避免这种偏颇。

表 4 10 名志愿者的评价结果比较

	专家评价 结果	经典物元 评价结果	改进物元 评价结果
志愿者 1	I 级	向 I 级转化	I 级
志愿者 2	III 级	III 级	III 级
志愿者 3	II 级	II 级	II 级
志愿者 4	II 级	II 级	II 级
志愿者 5	III 级	III 级	III 级
志愿者 6	IV 级	III 级	IV 级
志愿者 7	III 级	IV 级	IV 级
志愿者 8	II 级	II 级	II 级
志愿者 9	III 级	III 级	III 级
志愿者 10	IV 级	IV 级	IV 级

3 结 论

体外无损人体面部皮肤状态综合评价涉及指标

众多,本文基于熵权法和层次分析法优化确定各皮肤指标权重,并结合实际应用特点,提出改变最佳点位置,修正关联函数中的距计算公式建立了改进物元法综合评价模型以对人体面部皮肤状态进行系统、客观的综合评价。这一算法弱化了评价过程中主观人为因素影响,标准一致性好,算法简洁、高效,易于在皮肤诊疗仪中实用、推广。后续还可在评价指标的选择、区间等级范围的界定等方面结合领域特点与应用需求进行进一步的讨论和研究。

参考文献

[1] 董银卯, 孟宏, 何聪芬. 养生护肤品. 北京: 化学工业出版社, 2010. 15-20

[2] 潘禹, 祝钧, 何聪芬等. 化妆品功效成分传递载体. 化学世界, 2012, 53(1):56-59

[3] 许鹏翔. 皮肤评价系统的研究:[硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学电子信息与控制工程学院, 2007. 6-18

[4] 张密, 吴效明, 储霞. 皮肤图像采集评价管理一体化系统. 微计算机信息, 2010, 26(2): 178-180

[5] 单改仙, 甘平, 何玲等. 利用皮肤纹理面积客观评价皮肤老化的研究. 生物医学工程学杂志, 2015, 32(1):142-145

[6] Asamoah D, Annan J, Nyarko S. AHP Approach for supplier evaluation and selection in a pharmaceutical manufacturing firm in Ghana. *International Journal of Business & Management*, 2012, 7(10):49-58

[7] Wei X, Luo X, Li Q, et al. Online comment-based hotel quality automatic assessment using improved fuzzy comprehensive evaluation and fuzzy cognitive map. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2015, 23(1):72-84

[8] 王芬, 彭国照, 蒋锦刚等. 基于双层神经网络与 GIS 可视化的土壤重金属污染评价. 农业工程学报, 2010, 26(4):162-168

[9] 王昭洋, 张慧妍, 王小艺等. 融合主客观信息的皮肤状态模糊综合评价研究. 微电子学与计算机, 2016, 33(1):119-122

[10] 蔡文. 物元模型及其应用. 北京: 科学出版社, 1994. 5-12

[11] 余健, 房莉, 仓定帮等. 熵权模糊物元模型在土地生态安全评价中的应用. 农业工程学报, 2012, 28(5): 260-266

[12] 于志慧, 许有鹏, 张媛等. 基于熵权物元模型的城市化地区河流健康评价分析——以湖州市区不同城市化水平下的河流为例. 环境科学学报, 2014, 34(12): 3188-3193

[13] 施开放, 刁承泰, 左太安等. 基于熵权物元模型的耕地占补平衡生态安全评价. 中国生态农业学报, 2013, 21(2):243-250

[14] 李爽, 张慧妍, 王立等. 多属性皮肤指标的中医体质模糊优化分类模型. 计算机科学与探索, 2016, 10(7):99510021

[15] Ma X Y, Zhang S, Fang H L, et al. Scenario-based multi-objective decision-making of optimal access point for wind power transmission corridor in the load centers. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2013, 4(1): 229-239

An improved matter-element comprehensive evaluation of human facial skin condition based on improving the matter-element method

Zhang Huiyan^{***}, Li Shuang^{*}, Wang Xiaoyi^{***}, Dong Yinmao^{**}

(^{*} Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048)

(^{**} China Cosmetic Research Centre, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048)

Abstract

A method for objective and effective evaluation of human facial skin condition is studied. In order to solve the key problems of information conflict and strong subjectivity in multi index comprehensive evaluation of skin condition, the weight of each index is obtained through the integrated optimization of the entropy weight method and the analytic hierarchy process based on the skin evaluation index system, and then with the combination with the index characteristics, this study presents an improved matter element method for distance calculation according to the application dynamic adjustment of the optimal point location to establish the model of human facial skin condition with good evaluation results. 10 people are exemplified as case studies. The result shows that compared with the classic matter-element evaluation model, the improved matter-element model has the better consistency with the expert opinion, and the alignment of the two is up to 90%. It proves that the optimal point location selected by the improved model is more accordance with the actual distribution of skin parameters, and the improved model is better in realizing the integration of subjective and objective information for better evaluation of human facial skin condition.

Key words: skin condition, comprehensive evaluation, optimal weighting, distance calculation, correlation function