

# 基于意象认知的无人机参数化设计研究

任 丽, 林 丽

贵州大学机械工程学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年2月11日; 录用日期: 2022年3月23日; 发布日期: 2022年3月30日

## 摘 要

为解决无人机色彩参数与用户意象认知间关系模糊的问题, 运用感性工学技术及数理统计分析方法将用户对无人机色彩意象实施参数化处理, 辅助设计师进行设计。首先, 运用控制变量法控制相同造型改变不同色彩要素建立无人机色彩样本域; 接着, 运用多元尺度法联合k-means法创建色彩意象域; 然后将建立的无人机样本域及意象域构建色彩感性域, 并展开语义差异评价实验; 最后, 通过数量化I类分析关键色彩要素及用户意象间对应关系。通过验证样本进行模型的有效性验证, 结果显示无人机色彩样本的预测值和实验值的相关系数均大于0.7, 且所有样本的显著性均小于0.05, 表明有显著相关性。通过计算机辅助无人机设计应用, 从实际设计应用角度证实本方法能够有效实现无人机参数化色彩意象设计, 为客观性设计提供理论支撑。

## 关键词

数理统计分析, 感性意象, 色彩要素

# Research on Parametric Design of UAV Based on Image Cognition

Li Ren, Li Lin

School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Feb. 11<sup>th</sup>, 2022; accepted: Mar. 23<sup>rd</sup>, 2022; published: Mar. 30<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In order to solve the relationship between UAV color parameters and user image cognition, Kansei engineering technology and mathematical statistical analysis method were used to parameterize user's UAV color image to assist designers in design. Firstly, the control variable method is used to control the same shape and change different color elements to establish the UAV color sample

field. Then, multiple scale method and K-means method are used to create color image domain. Then, the UAV sample domain and image domain were constructed to construct color perceptual domain, and the semantic difference evaluation experiment was carried out. Finally, the corresponding relationship between key color elements and user images is analyzed by quantitative I. Validation samples were used to verify the validity of the model. The results showed that the correlation coefficients between predicted value and experimental value of UAV color samples were all greater than 0.7, and the significance of all samples was less than 0.05, indicating a significant correlation. Through the application of computer-aided UAV design, it is proved that this method can effectively realize the parametric color image design of UAV from the perspective of practical design and application, which provides theoretical support for the objective design.

## Keywords

Mathematical Statistical Analysis, Perceptual Image, Colour Element

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来, 众多研究者意识到消费者的情感偏好决定产品销量[1]。将消费者情感偏好有效转化为供设计师决策的产品特征可提高产品开发的成功率[2]。在产品的设计开发中, 产品的设计决策通常由每一级的设计师完成, 由于认知差异易造成具有主观偏好的设计决策, 形成的方案常常不符合用户情感需求[3]。

产品研发方式分为新设计、适应性设计和变型设计, 而 75%的设计是基于已有产品进行改进与演化[4], 即使是新设计, 也有部分内容可基于现有产品进行。因此, 通过重用已有产品, 客观测量反映用户情感吸引力的产品特征, 构成设计师与消费者的沟通桥梁。其中一个典型的研究方法是感性工学(Kansei Engineering, KE) [5], 研究情感语义与产品特征的匹配关系[6], 为设计决策提供科学依据。

## 2. 研究现状

### 2.1. 感性工学

感性工学(Kansei Engineering, KE)被确立为一种强大的面向消费者的方法, 将消费者的感性需求转化为产品设计特征。Chang 等[7]从相关专业出版物、杂志、研究论文中选取了适合于描述产品意象的形容词, 并整理为情感知觉词汇表, 再结合方向盘样本的设计特点提取了方向盘的感性意象; 曾栋等[8]结合市场医用产品的现状, 通过项目组讨论, 确定了符合离心机造型语义的 4 个意象词; 苏畅等[9]针对车身色彩设计, 通过语义差分法实现感性意象词汇的量化, 运用主成分分析将多个感性词汇变量转化为优选的综合变量, 筛选出了 21 组词汇, 最后通过认可度问卷调查筛选出了 6 组目标感性意象。

### 2.2. 产品色彩意象

意象是人主观的情感、想法和外的事物相碰撞产生的心理综合感觉。产品色彩意象产生于用户对产品色彩认知过程, 是通过自身视觉感官通道对色彩感性需求获取、联想与再创造的结果。这些心理反应影响观看者对色彩产生的感受, 色彩意象产生见图 1 所示。

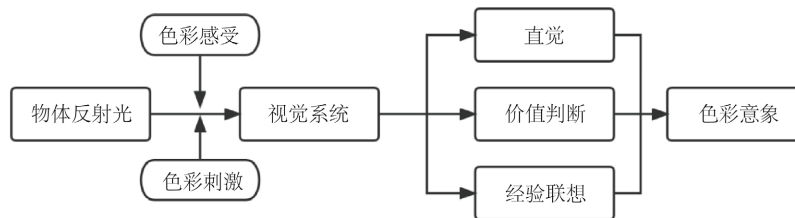


Figure 1. Color image generation process  
图 1. 色彩意象产生过程

### 2.3. 植保无人机色彩意象认知研究

《人民政府关于印发贵州省十大千亿级工业产业振兴行动方案(黔府发[2018] 33 号)》明确指出, 要加快发展航空产业。因此本研究的产品以贵州十大千亿产业之一的无人机作为本研究的对象。植保无人机, 是用于农林植物保护作业的无人驾驶飞机, 与传统植保作业相比, 无人机植保作业具有精准、高效等特点。中国作为农业大国, 20 亿亩基本农田, 每年需要大量的农业植保作业, 农村劳动力短缺, 年轻人不愿意从事繁重的农业生产, 老年人体力下降, 对于农业生产心有余而力不足。此外, 每年农药中毒、农药残留和污染事件频发, 给家庭带来巨大的悲痛, 植保无人机可安全高效喷洒作业因此受到市场广泛欢迎。相对于发达国家, 我国农业植保环节的机械化水平较低, 植保机械渗透率提升空间很大。

近年来, 随着规模化种植引发的市场新需求, 植保无人机市场渐入佳境, 行业已经基本度过市场教育阶段。市场需求带动产业升级换代, 无人机市场也从最初的专人操作逐渐向“傻瓜机”方向发展。植保无人机行业发展受人力限制, 不可能培训出成千上万个遥控型的飞手去喷洒农药。所以植保无人机发展要智能化, 更要接地气, 适于新农人操作。

### 3. 研究内容

基于上述研究背景, 选取植保无人机作为此次研究对象。研究流程见图 2 所示, 总体分为 6 个步骤:

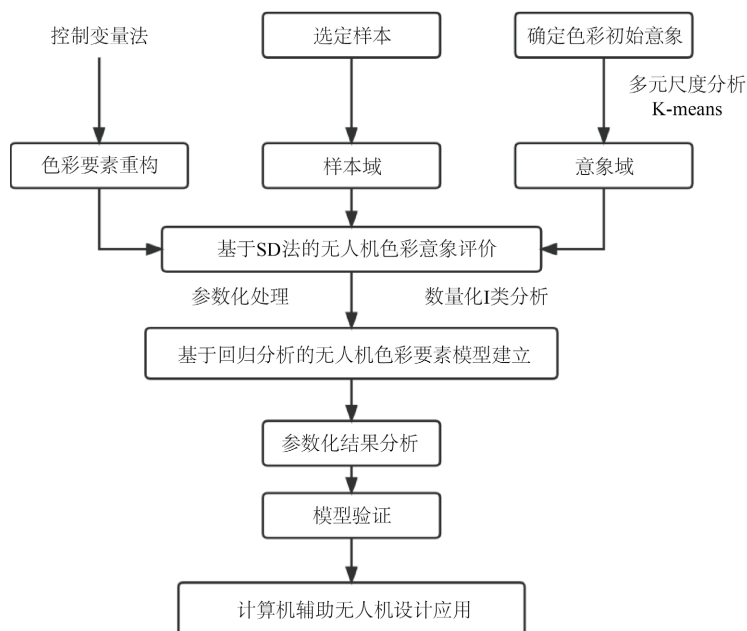


Figure 2. Research framework  
图 2. 研究框架

创建无人机色彩样本域及色彩意象域、基于 SD 法的无人机色彩意象评价、基于回归分析的无人机色彩要素模型建立、参数化结果分析、模型验证、计算机辅助无人机设计应用。

### 3.1. 创建无人机色彩样本域及色彩意象域

#### 3.1.1. 基于控制变量法的无人机色彩重构

从互联网大量收集样本 100 个, 最终确定 20 个作为初始样本研究。分析其影响色彩的因素, 进行进一步样本选定。影响色彩意象的主要要素包括色相、饱和度、明度、色彩面积、色彩搭配, 为了剔除形状、角度等无关变量对色彩意象的影响, 采用市面上较多的某一六轴植保无人机为对象, 对其进行色彩的重构以表现市面上不同色相、饱和度、明度、色彩面积、色彩搭配(对比色、邻近色)等, 如表 1 所示。

**Table 1.** Reconstruction of UAV color elements

**表 1.** 无人机色彩要素重构

色彩因素	样本
色相	
色彩搭配	
饱和度	
明度	
色彩面积	

#### 3.1.2. 无人机色彩意象域建立

首先, 从互联网、期刊等方式, 收集有关无人机感性意象或描绘顾客感受的词语 200 个, 经初筛, 排除意义、性质过于相近的感性词汇, 最终确定 126 个意象作为第一步的感性意象语义。接着, 邀请 31 位具有一定设计基础的本科生和研究生以及 5 名具有一定设计经验的设计师作为实验者, 观察无人机样本图片后, 结合自己的经验进行意象选取, 然后进行统计, 选取勾选次数达 1/3 (12 次) 的形容词, 最终选取 37 个形容词, 见表 2。

**Table 2.** Initial image domain of UAV

**表 2.** 无人机初始意象域

意象	票数	意象	票数	意象	票数	意象	票数	意象	票数
愉悦的	12	安全的	12	明快的	12	朴素的	12	冰冷的	12
素雅的	14	未来的	13	繁复的	13	坚硬的	13	花哨的	14

## Continued

突出的	14	醒目的	14	温暖的	14	干净的	15	硬朗的	15
清新的	15	自然的	15	活力的	15	协调的	16	简洁的	16
细腻的	17	炫酷的	17	清晰的	17	大方的	17	明丽的	17
动感的	18	鲜明的	18	活泼的	18	灵动的	18	现代的	19
轻盈的	19	柔和的	20	前卫的	20	科技的	20	生机的	20
亲和的	21	轻巧的	21						

接着, 将上述 37 个意象编号, 并邀请 25 名不同背景的被试, 应用人工分类法, 让被试将具有相近意义的形容词填在相同栏目里, 共 10 个栏目群。获取意象分群相同的次数, 得到 37\*37 相似性矩阵, 将其输入到 SPSS 软件中进行二维至六维的多元尺度法分析。整理分析 SPSS 得到的计算结果, 统计各维数 Stress 压力系数与 RSQ 值, 如表 3 所示。

**Table 3.** Stress stress coefficient and RSQ value of each dimension

**表 3.** 各维数 Stress 压力系数与 RSQ 值

维数	Stress	RSQ
2	0.36158	0.24361
3	0.25573	0.33544
4	0.23845	0.39064
5	0.18202	0.58788
6	0.19176	0.49432

表 3 中 Stress 与 RSQ 值是分析模型拟合情况的检验指标。一般 Stress 越小、RSQ 越大, 表明计算结果与观察数据拟合越好。根据表 3 所示, 随着维数的增加, Stress 值变小, RSQ 值增大, 且在 5 维的情况下同时满足了 Stress 值最小且 RSQ 值最大, 因此选择在 5 维下进行多维尺度分析。在 SPSS 中采用 K-means 聚类分析, 获得意象间的谱系图见图 3。

根据图 3 中的 5 维数据, 建立无人机色色彩意象域, 并对每个域中的意象进行编码, 如表 4 所示。

**Table 4.** Color image domain coding of UAV

**表 4.** 无人机色色彩意象域编码

意象域	意象编码
1	22 炫酷的、02 安全的、07 未来的、33 前卫的、09 坚硬的、30 现代的、34 科技的、15 硬朗的、26 动感的
2	21 细腻的、06 素雅的、13 温暖的、36 亲和的、19 协调的、24 大方的、04 朴素的、32 柔和的
3	05 冰冷的、14 干净的、31 轻盈的、20 简洁的、37 轻巧的
4	16 清新的、23 清晰的、10 花哨的、25 明丽的、08 繁复的、27 鲜明的、12 醒目的、11 突出的
5	35 生机的、17 自然的、01 愉悦的、29 灵动的、28 活泼的、18 活力的、03 明快的

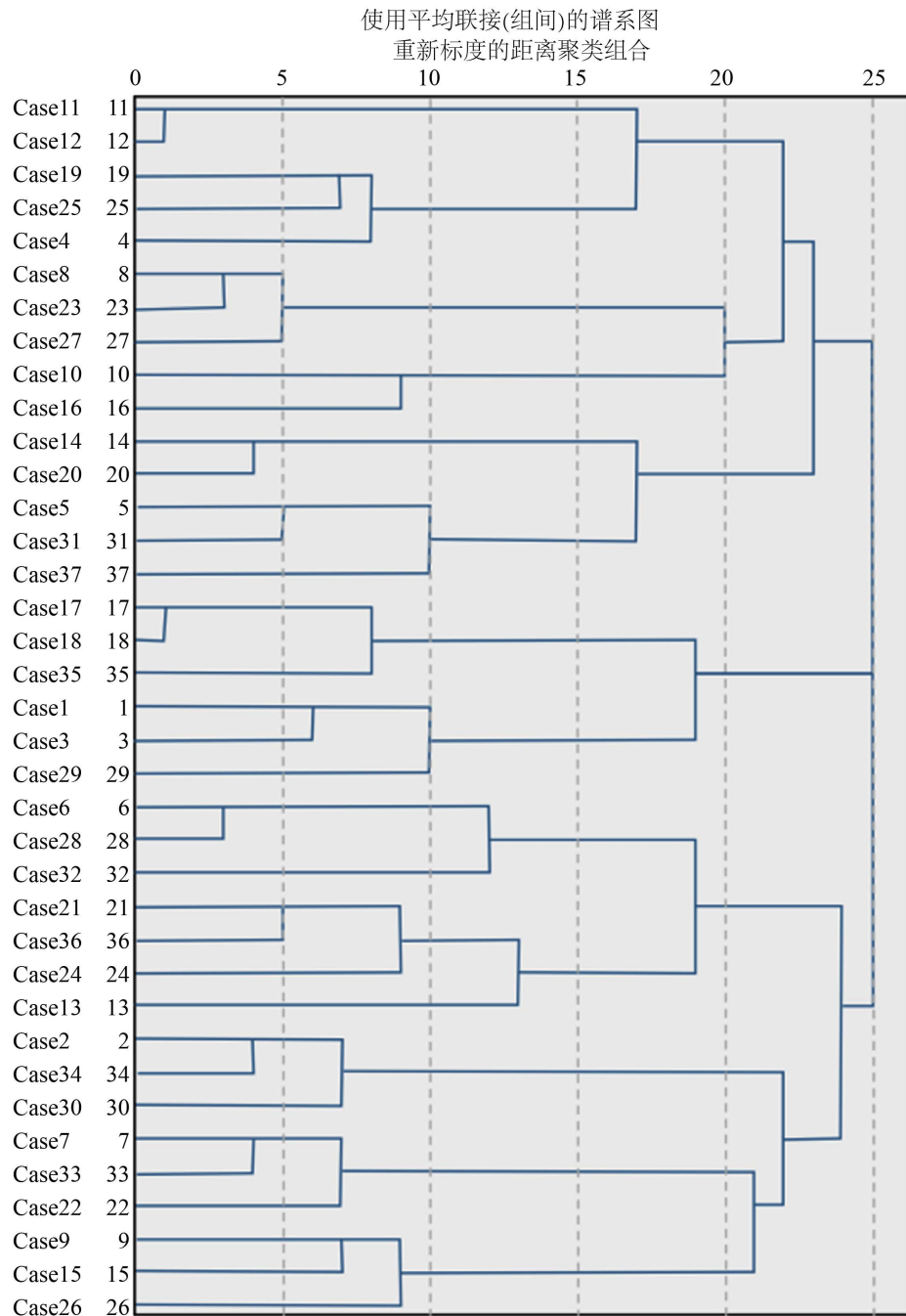







Figure 3. Pedigree diagram  
图 3. 谱系图

最终选取表 4 中的前卫、亲和、轻巧、鲜明、灵动作为代表性色彩意象，用于实验评价。

### 3.1.3. 建立无人机色彩样本域

样本的选取从以上对于色彩意象影响因素分析所得的项目数量(5个)结果来看，根据研究表明，样本数量  $n > 2p$  这一条件来看，本阶段实验至少要选取  $2 * 5 = 10$  个样本，才能客观地进行最后的意象语意评价实验，故从 20 个样本中选取 12 个来制作样本，并进行编号，如表 5 所示。

**Table 5.** UAV color sample field  
**表 5.** 无人机色彩样本域

色彩因素	样本
色相	
色彩搭配	
饱和度	
明度	
色彩面积	

### 3.2. 基于 SD 法的无人机色彩意象评价

语义差异法(Semantic Differential, SD)提取意象方式易于实施,受到广大学者的使用。通过将无人机色彩样本域及意象域构建感性意象空间,并采用 SD 法实施无人机色彩意象评价问卷,将选定的 18 个典型样本与 5 个感性意象语义结合,实验者凭自身主观感受在 1~5 范围内评分,分值越高,代表越符合该词汇。

#### 3.2.1. 无人机色彩要素参数化处理

将影响用户意象的色彩要素:色相、饱和度、明度、色彩面积、色彩搭配,进行进一步细分类目,并进行类目定义,共计 5 个项目,15 个类目,如表 6 所示。

**Table 6.** Categories of color elements  
**表 6.** 色彩要素类目表

项目	类目	类目定义
色相 X1	暖色 X11	红色、橙色、黄色
	中性色 X12	黑色、灰色、白色
	冷色 X13	绿色、蓝色、紫色
饱和度 X2	低饱和度 X21	[0, 33]
	中饱和度 X22	[34, 67]
	高饱和度 X23	[68, 100]

Continued

明度 X3	低明度 X31	[0, 33]
	中明度 X32	[34, 67]
	高明度 X33	[68, 100]
面积 X4	大面积 X41	色彩面积达 70% 以上
	中面积 X42	色彩面积在 50% 左右
	小面积 X43	色彩面积小于 20%
搭配 X5	对比色 X51	色环上处于相对位置, 例如红绿色等
	邻近色 X52	色环上处于相邻位置, 例如蓝绿色等
	无 X53	无色彩搭配, 即为单色

计算所有实验者对无人机的每一个类目语意差异平均值, 大于平均值的认定为对感性具有较大影响作用的色彩要素类目, 并参数化处理为 1; 若小于均值的类目, 则参数化处理为 0, 结果见表 7。

Table 7. Parameterized processing results

表 7. 参数化处理结果

样本	色相 X1			饱和度 X2			明度 X3			面积 X4			搭配 X5		
	暖色 X11	中性色 X12	冷色 X13	低饱和度 X21	中饱和度 X22	高饱和度 X23	低明度 X31	中明度 X32	高明度 X33	大面积 X41	中面积 X42	小面积 X43	对比色 X51	邻近色 X52	无 X53
01	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
02	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
03	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
04	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
05	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
06	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
07	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
08	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
09	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
10	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
11	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
12	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1

### 3.2.2. 无人机色彩语义评估值

对 20 名实验被试进行问卷调查, 并汇总。将所有被试对每个样本的每个意象打分计算平均值, 得到色彩意象语义评估值, 见表 8 所示。



**Table 8.** Color semantic evaluation value of UAV**表 8.** 无人机色彩语义评估值

编号	前卫的 Y1	亲和的 Y2	轻巧的 Y3	鲜明的 Y4	灵动的 Y5
01	3.34	2.21	1.74	3.34	3.67
02	2.12	2.52	4.13	2.34	2.93
03	1.66	3.97	3.55	3.11	3.13
04	3.73	3.86	2.02	3.11	2.12
05	2.13	3.24	1.76	2.34	2.76
06	3.56	3.14	3.67	3.43	1.84
07	1.43	3.83	3.01	1.23	3.72
08	3.25	1.82	3.27	1.92	2.88
09	2.97	2.14	1.32	2.82	3.12
10	3.22	1.47	2.83	3.21	2.97
11	2.88	3.72	3.63	2.12	3.15
12	1.67	2.82	3.89	1.69	1.27

### 3.3. 基于回归分析的无人机色彩要素模型建立

以“前卫的”(Y1)为例, 将其意象均值作为因变量, 与色彩要素编码输入 SPSS, 并建立线性关系, 得到每个样本“前卫的”意象与类目要素的得分值。同理, 将 12 个样本都经过数量化 I 类分析, 得到材料质感组成要素与感性意象语意的类目得分, 制作成色彩意象组成要素与感性意象语意关联表, 如表 9 所示。

**Table 9.** Association table of color image elements and perceptual image**表 9.** 色彩意象要素与感性意象关联表

项目	类目	前卫的 Y1		亲和的 Y2		轻巧的 Y3		鲜明的 Y4		灵动的 Y5	
		类目得分	范围	类目得分	范围	类目得分	范围	类目得分	范围	类目得分	范围
色相 X1	暖色 X11	1.390		1.650		-0.280		1.230		1.550	
	中性色 X12	1.335	0.371	0.875	1.281	-0.720	0.553	1.275	0.955	0.673	0.877
	冷色 X13	1.761		0.369		-0.833		1.364		0.829	
饱和度 X2	低饱和度 X21	-1.025		-0.935		1.320		0.595		1.214	
	中饱和度 X22	-0.849	0.426	-0.471	0.494	1.277	0.890	0.406	0.578	1.481	0.676
	高饱和度 X23	-1.275		-0.965		0.430		0.958		1.885	
明度 X3	低明度 X31	-0.340		1.250		0.800		-1.090		1.785	
	中明度 X32	-0.321	0.855	-0.019	1.505	0.418	1.190	-0.103	0.740	1.614	0.328
	高明度 X33	0.515		-0.255		-0.390		-0.305		2.113	

Continued

	大面积 X41	0.195		0.995		-0.370		1.405		0.794	
面积 X4	中面积 X42	0.825	0.960	0.655	0.770	0.260	1.230	1.204	0.340	1.517	0.791
	小面积 X43	1.155		0.225		0.860		1.065		1.585	
	对比色 X51	1.147		-0.513		-1.374		2.410		0.881	
搭配 X5	邻近色 X52	1.080	0.907	-0.404	0.908	-0.830	1.034	2.127	1.15	0.450	1.151
	无 X53	0.240		0.395		-0.340		1.260		-0.270	
	常数项	1.455		1.895		3.410		-1.515		-2.128	
	复相关系数	0.842		0.931		0.923		0.856		0.855	
	决定系数	0.709		0.867		0.851		0.733		0.731	

表 8 中类目得分的高低说明该项目解释感性意象语意的高低程度, 类目得分既有正值又有负值, 正值代表正向的意象, 而负值代表对应的负向意象。范围是每个要素中最大类目得分与最小类目得分差值, 用于衡量每个项目在整个预测中的贡献程度。复相关系数则是说明该感性意象语意的数量化 I 类分析的可靠程度。一般而言, 决定系数、复相关系数的平方(RSQ 值)是结果可信度的重要参数, RSQ 大于 0.7 时, 数量化 I 类分析结果的可信度可以被采纳, 本研究中均大于 0.7, 表示各组成要素的类目得分可信。

由上述表格及分析可得, 5 个感性意象与色彩组成要素之间联立的回归方程式如下:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \begin{Bmatrix} 1.390X_{11} \\ 1.335X_{12} \\ 1.761X_{13} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1.025X_{21} \\ 0.849X_{22} \\ 1.275X_{23} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -0.340X_{31} \\ -0.321X_{32} \\ 0.515X_{33} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0.195X_{41} \\ 0.825X_{42} \\ 1.155X_{43} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 1.147X_{51} \\ 1.080X_{52} \\ 0.240X_{53} \end{Bmatrix} + 1.455 \\
 Y_2 &= \begin{Bmatrix} 1.650X_{11} \\ 0.875X_{12} \\ 0.369X_{13} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 0.935X_{21} \\ 0.471X_{22} \\ 0.965X_{23} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 1.250X_{31} \\ -0.019X_{32} \\ -0.255X_{33} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0.995X_{41} \\ 0.655X_{42} \\ 0.225X_{43} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -0.513X_{51} \\ -0.404X_{52} \\ 0.0395X_{53} \end{Bmatrix} + 1.895 \\
 Y_3 &= - \begin{Bmatrix} 0.280X_{11} \\ 0.720X_{12} \\ 0.833X_{13} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 1.320X_{21} \\ 1.277X_{22} \\ 0.430X_{23} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0.800X_{31} \\ 0.418X_{32} \\ -0.390X_{33} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -0.370X_{41} \\ 0.260X_{42} \\ 0.860X_{43} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1.374X_{51} \\ 0.830X_{52} \\ 0.340X_{53} \end{Bmatrix} + 3.410 \\
 Y_4 &= \begin{Bmatrix} 1.230X_{11} \\ 1.275X_{12} \\ 1.364X_{13} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0.595X_{21} \\ 0.406X_{22} \\ 0.958X_{23} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 1.090X_{31} \\ 0.103X_{32} \\ 0.305X_{33} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 1.405X_{41} \\ 1.204X_{42} \\ 1.065X_{43} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 2.410X_{51} \\ 2.127X_{52} \\ 1.260X_{53} \end{Bmatrix} - 1.515 \\
 Y_5 &= \begin{Bmatrix} 1.550X_{11} \\ 0.673X_{12} \\ 0.829X_{13} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 1.214X_{21} \\ 1.481X_{22} \\ 1.885X_{23} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 1.785X_{31} \\ 1.614X_{32} \\ 2.113X_{33} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0.794X_{41} \\ 1.517X_{42} \\ 1.585X_{43} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0.881X_{51} \\ 0.450X_{52} \\ -0.270X_{53} \end{Bmatrix} - 2.128
 \end{aligned}$$

### 3.4. 参数化结果分析

对“前卫的”(Y1)意象贡献率最高的色彩要素为面积, 饱和度的贡献率最低, 说明在对色彩进行“前卫的”意象判断时, 色彩的面积起到了最主要的作用, 而饱和度的作用最小。冷色色相最容易增强“前卫的”意象倾向。“前卫的”意象得分最高的要素组合为小面积色彩 + 对比色色彩搭配 + 高明度 + 中饱和度 + 冷色色相。

归纳以上分析,可以看出,在对色彩意象的影响因素中,饱和度的影响最小,色彩面积、色彩搭配影响较大,色相的作用先于饱和度的影响。

### 3.5. 模型验证

为了进一步了解数量化 I 类所计算出来的感性意象语意得分值,与人的心理感受是否真实相符,必须先由被试者对样本进行主观感性评价实验,再将数量化类的计算值与实际值进行对比检验,从而可以验证分析结果可信度。本文通过典型验证样本来验证分析结果的可信度。首先,将典型性样本色彩组成要素特性代入多元回归方程;接着,计算出其意象得分;然后,与通过意象实验所得到的实际评测数据进行成对对比检验;最后,判断色彩意象法则的可信度。

依据色彩样本感性意象域实验的结果,选择不包括前面色彩意象影响因素实验中的 8 个样本进行验证。将验证样本编码如图 4 所示,并作为最后联立方程式的验证样本,其主要目的是了解数量化 I 类所推估出来的联立方程式,是否能够符合用户的感性语意。

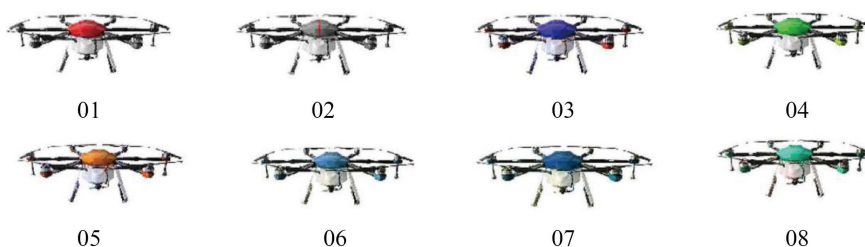


Figure 4. Verifies sample coding  
图 4. 验证样本编码

首先,分析个样本的色彩组成要素,写出其色彩要素编码表,用于计算其在数量化 I 类中的得分值。对于样本 1,将其色彩要素编码代入方程式,由此可以计算出各个感性意象语意的得分,“前卫的”意象得分预测为:

$$Y_1 = 1.390 - 1.275 + 0.515 + 0.825 + 0.240 + 1.455 = 3.150$$

同理,计算出 8 个样本的 5 个感性意象语意的分值预测,整理成表,如表 10 所示:

Table 10. Validation sample prediction score  
表 10. 验证样本预测分值

编号	前卫的 Y1	亲和的 Y2	轻巧的 Y3	鲜明的 Y4	灵动的 Y5
01	3.150	3.375	3.090	2.832	4.667
02	3.903	3.261	4.253	2.551	4.277
03	3.798	1.526	0.873	4.317	4.374
04	3.349	2.067	3.858	3.583	3.340
05	2.036	4.939	4.057	1.741	2.335
06	3.321	2.365	3.072	3.684	3.040
07	3.506	2.800	3.237	3.048	4.338
08	3.756	2.830	4.127	2.685	3.667

同样邀请 20 名被试实施语意差异法问卷, 对 8 个色彩意象样本就 5 个感性意象语意进行打分, 统计所有被试的资料后, 将各感性意象语意的得分平均值整理成表 11。

**Table 11.** Test score of validation sample  
**表 11.** 验证样本实验分值

编号	前卫的 Y1	亲和的 Y2	轻巧的 Y3	鲜明的 Y4	灵动的 Y5
01	3.125	2.796	2.973	2.496	3.967
02	3.313	2.831	3.293	3.304	4.009
03	3.768	2.802	2.209	3.524	3.594
04	3.292	2.067	3.986	3.488	3.410
05	2.640	4.352	3.896	2.022	2.354
06	3.195	2.405	2.228	3.178	2.982
07	3.498	3.298	3.591	2.234	3.847
08	3.737	2.495	3.985	2.701	3.704

将表 10 及表 11 的各样本意象评分的预测值和实验值输入 SPSS, 开展成对样本 T 检验, 得到配对样本相关性表 12。

**Table 12.** Correlation between predicted and experimental values  
**表 12.** 预测值和实验值相关性

		个案数	相关性	显著性
配对 1	预测值 - 实验值	8	0.882	0.004
配对 2	预测值 - 实验值	8	0.792	0.019
配对 3	预测值 - 实验值	8	0.764	0.027
配对 4	预测值 - 实验值	8	0.735	0.038
配对 5	预测值 - 实验值	8	0.933	0.001

结果显示所有样本的计算值和实验值的相关系数均较大, 均大于 0.735, 有很大的相关性。所有样本的显著性均小于 0.05, 可以认为所有样本感性意象语意的计算值和实验值都具有显著相关性, 即证实了模型的有效性。

### 3.6. 计算机辅助无人机设计应用

选取植保无人机兴趣用户进行意象调研, 收集其想要的无人机意象为“前卫的、亲和的、灵动的”, 由此设计了一款植保无人机, 用于喷洒农药。在前期设计的基础上, 采用同一无人机的造型, 以控制造型因素的影响, 而色彩要素有所变化, 最后得到的色彩方案如图 5 所示。

根据方案, 可以得出设计方案的色彩组成要素表 13, 以进行数量化 I 类得分计算。



Figure 5. UAV color scheme  
图 5. 无人机色彩方案

Table 13. Color elements of the design scheme

表 13. 设计方案色彩组成要素

样本	色相 X1			饱和度 X2			明度 X3			面积 X4			搭配 X5		
	暖色 X11	中性色 X12	冷色 X13	低饱和度 X21	中饱和度 X22	高饱和度 X23	低明度 X31	中明度 X32	高明度 X33	大面积 X41	中面积 X42	小面积 X43	对比色 X51	邻近色 X52	无 X53
01	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
02	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
03	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
04	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0

在造型因素的影响被控制的前提下, 结合色彩影响因素实验所得的结论可以计算出各设计方案的色彩意象得分, 见表 14。

Table 14. Color image score of the design scheme

表 14. 设计方案色彩意象分值

编号	前卫的	亲和的	灵动的
01	2.962	1.762	3.875
02	3.302	3.634	3.211
03	3.999	3.185	4.365
04	4.740	2.606	4.416

根据意象计算得分, 可以推算各感性意象语义中各方案的相对得分高低, 如“前卫的”分值高低排序为方案 4、方案 3、方案 1、方案 2; 方案 1 的分值高低排序为灵动的、前卫的、亲和的。

邀请 32 名被试对这 4 个设计方案就 3 个意象进行问卷调查, 统计并将各意象平均值整理成应用方案意象得分, 见表 15。

Table 15. Actual color score of the design scheme

表 15. 设计方案色彩实际分值

编号	前卫的	亲和的	灵动的
01	2.862	2.054	3.263
02	2.254	3.856	2.186
03	3.275	2.924	4.174
04	3.288	2.336	3.119

对比表 14 与表 15 可知, 各感性意象语义中各方案的相对得分高低, 灵动意象得分高低, 方案 3 和方案 4 与预测值相反, 其余均相同。方案 3 意象得分高低, 灵动的和亲和的与预测值相反, 其余均相同。由此可见, 运用感性工学技术及统计分析方法能够有效开展理性的设计。

#### 4. 结语

本研究运用感性工学技术将植保无人机色彩的感性认知因素量化, 以明确的方式探讨意象认知与色彩之间的关系, 进而给设计师在设计产品时提供了一定的参考价值。预测结果与实际具有一定偏差, 原因可能是模型建立时与应用的无人机造型不同, 而造型本身就会对色彩产生一定干扰, 从而导致应用时的预测结果与计算结果有所差异。

本研究只针对于植保无人机意象中的色彩意象进行研究, 在后续的研究中可以将产品意象中的不同要素综合起来考虑, 如加入形状、材质等因素的影响, 且研究运用的基于心理测评的主观评价方式会使结果产生偏差, 在今后的研究中可以利用生理评价指标提取用户的内隐认知, 得到更为精准客观的评价。

#### 参考文献

- [1] Kuo, J., *et al.* (2020) Evaluation of the User Emotional Experience on Bicycle Saddle Designs via a Multi-Sensory Approach. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **80**, Article ID: 103039. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103039>
- [2] Lou, S., *et al.* (2020) An Integrated Decision-Making Method for Product Design Scheme Evaluation Based on Cloud Model and EEG Data. *Advanced Engineering Informatics*, **43**, Article ID: 101028. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.101028>
- [3] 程贤福, 李文杰, 王浩伦. 基于相似性、重用性和定制柔性的产品设计适应性评价方法[J]. 现代制造工程, 2017(6): 156-161.
- [4] Nagamachi, M. (1997) Kansei Engineering and Comfort. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **19**, 79-80. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00022-4)
- [5] Kwong, C.K., Jiang, H. and Luo, X.G. (2016) AI-Based Methodology of Integrating Affective Design, Engineering, and Marketing for Defining Design Specifications of New Products. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **47**, 49-60. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.04.001>
- [6] 林丽, 张云鹏, 牛亚峰, 阳明庆. 基于网络评价数据的产品感性意象无偏差设计方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2020. 50(1): 26-32.
- [7] Chang, Y. and Chen, C. (2016) Kansei Assessment of the Constituent Elements and the Overall Interrelations in Car Steering Wheel Design. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **56**, 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.09.010>
- [8] 曾栋, 巩敦卫, 李梅子, 等. 产品造型设计中的思维固化策略及应用[J]. 机械工程学报, 2017, 53(15): 58-65.
- [9] 苏畅, 付黎明, 魏君, 等. 基于感性工学和主成分分析的车身色彩设计[J]. 吉林大学学报(工学版), 2016, 46(5): 1414-1419.