

# 基于眼动数据的蜡染纹样个性化偏好研究

施实芳, 潘伟杰, 吕健, 刘丹, 刘征宏

(贵州大学现代制造技术教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

**摘 要:** 传统的个性化偏好研究仅限于感性分析, 获取用户对某一产品的感性偏好。感性分析具有主观性、不稳定性等特点, 造成个性化偏好研究缺乏科学理论基础。为此提出一种利用眼动数据预测用户个性化偏好的方法。通过对用户眼动数据和设计要素关系的研究, 建立眼动数据和设计要素的多元回归方程, 探索用户对蜡染纹样的个性化偏好, 并得到不同设计要素的喜好权重, 从而针对不同用户制定不同的个性化方案。

**关 键 词:** 个性化定制; 偏好; 眼动数据; 多元回归

中图分类号: TB 472

DOI: 10.11996/JGj.2095-302X.2017040516

文献标识码: A

文章编号: 2095-302X(2017)04-0516-07

## Batiks Patterns of Individual Preference Research Based on Eye Movement Data

SHI Shifang, PAN Weijie, LV Jian, LIU Dan, LIU Zhenghong

(Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology, Ministry of Education, Guizhou University, Guiyang Guizhou 550025, China)

**Abstract:** The traditional personalized preferences are limited to sensibility analysis, and the user perceptual preferences of a particular product gotten. The sensibility analysis is subjectivity and instability, and the personal preferences are lack of scientific theoretical basis. The eye movement data is put forward a prediction method of users personalized. The multivariate regression equation is established based on the eye movement data and design elements. The patterns of the batik personalized user preferences are explored, and the weight of different design elements is gotten to obtained different solutions according to different user personalization.

**Keywords:** personalization; preferences; eye movement data; multivariate regression

随着用户体验设计的兴起, 用户情感的研究越来越成为热点, 其研究主要包括基于心理学的心理反应及生理反应的测量技术。基于心理学的心理反应测量技术主要包括语义差异法、语义法、口语分析法、语意比较法、PANAS 量尺法<sup>[1]</sup>、PAD 情感测量法<sup>[2]</sup>、产品愉悦测量问卷、PreMo 测量法<sup>[3]</sup>、Emocards (emotional cards) 测量法<sup>[4]</sup>、自我评估模

型(self-assessment manikin, SAM)等。刘焯等<sup>[5]</sup>分析了情感的范畴观和维度观在情感计算领域中的应用并构建了二维和三维的情感空间。邱均平等<sup>[6]</sup>在心理测量的基础上构建了一个能实现用户个人特征和专业学科的匹配通用人才评价系统。刘青等<sup>[7]</sup>利用多维关联的规则方法提取心理测量不同量表属性的关联规则, 该规则能对心理测量起到

收稿日期: 2016-12-26; 定稿日期: 2017-01-22

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAH05F01, 2014BAH05F02, 2014BAH05F03); 贵州省科技计划项目(黔科合J字[2013]2108, Z字[2013]4005); 黔发改投资项目([2012]2747, [2012]2484)

第一作者: 施实芳(1990-), 女, 四川成都人, 硕士研究生。主要研究方向为数字与艺术化设计。E-mail: 435648680@qq.com

通信作者: 潘伟杰(1983-), 男, 河南漯河人, 副教授, 博士, 硕士生导师。主要研究方向为非物质文化遗产数字化保护与制造业信息化。E-mail: 290008933@qq.com

指导作用。基于心理学的生理反应测量技术是依据人的大脑中枢神经活动或是与中枢神经活动相关联的生理反应进行测量的技术,主要包括面部表情测量技术<sup>[8]</sup>、声音表现性测量技术<sup>[9]</sup>、多维度评估和眼动追踪技术<sup>[10]</sup>等。费广洪等<sup>[11]</sup>通过脑电图、心率和皮肤电等生理测量手段记录用户在游戏中的不同情绪。郭伏等<sup>[12]</sup>通过测验表明生理测量、眼部追踪及问卷调查的方法在一定程度上会影响用户的情感体验。葛燕等<sup>[13]</sup>研究了心电、脑电、皮电在电生理测量的应用,并分别指出各个指标在实际应用的优缺点。

综上所述,现有的情感研究主要体现在对产品整体的感性或理性情感,但是针对用户情感和产品要素的关系研究略显不足。本文提出一种利用眼动数据研究用户个性化偏好的方法,通过偏最小二乘回归方程建立眼动数据和设计要素间的关系模型,探索设计要素对用户情感的影响,为个性化定制设计提供依据。

## 1 眼动指标和设计要素的多元回归数学模型

### 1.1 多元回归建模方法选取

本文选取偏最小二乘回归方法作为眼动指标和设计要素的多元回归建模方法,其由瑞典计量经济学家 Wold 等人于 1983 年首次提出<sup>[14]</sup>,相较于传统的回归分析该方法的优越之处在于可以同时完成多个自变量和多个因变量的回归建模工作,尤其当两组变量的数目很多,或样本量较少且大多存在多重相关性时,偏最小二乘回归建模方法的优点就显得更加明显了<sup>[15]</sup>。

### 1.2 数学模型建立

将眼动指标作为自变量  $x$ , 设计要素作为因变量  $y$ , 设有  $q$  个因变量和  $p$  个自变量, 为了研究因变量与自变量的统计关系, 选择  $n$  个样本点, 由此构成自变量与因变量的数据表  $X = [x_1, x_2, \dots, x_p]_{n \times p}$  和  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_q]_{n \times q}$ 。为了便于数学推导, 首先将数据做标准化处理。 $X$  经标准化处理后的数据矩阵记为  $E_0 = (E_{01}, \dots, E_{0p})_{n \times p}$ ;  $Y$  经标准化处理后的数据矩阵记为  $F_0 = (F_{01}, \dots, F_{0q})_{n \times q}$ 。

**步骤 1.** 记  $t_1$  是  $E_0$  的第一个成分,  $t_1 = E_0 w_1$ ,  $w_1$  是  $E_0$  第一个轴, 其是一个单位向量, 即  $\|w_1\| = 1$ 。

记  $u_1$  是  $F_0$  的第一个成分,  $u_1 = F_0 c_1$ ,  $c_1$  是  $F_0$  的第一个轴, 并且  $\|c_1\| = 1$ 。如果  $t_1$ ,  $u_1$  能分别很好地代表  $X$  和  $Y$  中的数据变异信息, 根据主成分分析原理, 应该有

$$\text{Var}(t_1) \rightarrow \max \text{Var}(u_1) \rightarrow \max$$

另一方面, 由于回归建模的需要, 又要求  $t$  对  $u$  有最大的解释能力, 由典型相关分析的思路,  $t_1$  与  $u_1$  的相关系数应达到最大值, 即

$$r(t_1, u_1) \rightarrow \max$$

因此, 在偏最小二乘回归中, 要求  $t_1$  与  $u_1$  的协方差达到最大。正规的数学表述应该是求解下列优化问题, 即

$$\max_{w_1 c_1} \langle E_0 w_1, F_0 c_1 \rangle$$

因此, 将在  $\|w_1\|^2 = 1$  和  $\|c_1\|^2 = 1$  的约束条件下去求  $\langle E_0 w_1, F_0 c_1 \rangle$  的最大值。根据拉格朗日法求得第一个轴  $w_1$  和  $c_1$  后, 即可得到成分:  $t_1 = E_0 w_1$ ,  $u_1 = F_0 c_1$ 。 $w_1$  是对应于矩阵  $E_0 F_0 F_0 E_0$  最大特征值的单位特征向量,  $c_1$  是对应于矩阵  $F_0' E_0 E_0' F_0$  最大特征值的单位特征向量。然后分别求  $E_0$ ,  $F_0$  对  $t_1$  和  $u_1$  的 3 个回归方程。

$$E_0 = t_1 p_1 + E_1$$

$$F_0 = u_1 q_1 + F_1^*$$

$$F_0 = t_1 r_1 + F_1$$

其中, 回归系数向量是  $p_1 = \frac{E_0' t_1}{\|t_1\|^2}$ ,  $q_1 = \frac{F_0' u_1}{\|u_1\|^2}$ ,

$r_1 = \frac{F_0' t_1}{\|t_1\|^2}$ 。而  $E_1$ ,  $F_1$ ,  $F_1^*$  分别是 3 个回归方程的残缺矩阵。

**步骤 2.** 用残缺矩阵  $E_1$  和  $F_1$  取代  $E_0$  和  $F_0$ , 然后求第二个轴  $w_2$  和  $c_2$  以及第二个成分  $t_2$  和  $u_2$ 。

如此计算下去, 如果  $X$  的秩是  $A$ , 则会有  $E_0 = t_1 p_1' + \dots + t_A p_A'$ ,  $F_0 = t_1 r_1' + \dots + t_A r_A' + F_A$ , 由于  $t_1, \dots, t_A$  均可以表示为  $E_{01}, \dots, E_{0p}$  的线性组合, 因此  $F_0 = t_1 r_1' + \dots + t_A r_A' + F_A$  还可以还原为  $y_k^* = F_{0k}$ 。关于  $x_j^* = E_{0j}$  的回归方程为

$$y_k^* = a_{k1} x_1^* + \dots + a_{kp} x_p^* + F_{Ak}, \quad k=1, 2, \dots, q \quad (1)$$

还原成原始变量的偏最小二乘回归方程<sup>[16]</sup>,即眼动指标与设计要素的多元回归模型如式(2)

$$\hat{y}_k = \left[ E(y_k) - \sum_{i=1}^p a_{ki} \frac{S_{y_k}}{S_{x_i}} E(x_i) \right] + a_{k1} \frac{S_{y_k}}{S_{x_1}} x_1 + \dots + a_{kp} \frac{S_{y_k}}{S_{x_p}} x_p \quad (2)$$

其中,  $E(y_k)$ 、 $E(x_i)$  分别为  $y_k$  和  $x_i$  的样本均值;  $S_{y_k}$ 、 $S_{x_i}$  分别为  $y_k$  和  $x_i$  样本均方差。

## 2 代表性图片选取及设计要素提取

蜡染是我国古老的少数民族民间传统纺织印染手工艺,古称蜡,与绞缬、夹缬并称为我国古代三大印花技艺,是国家级非物质文化遗产。蜡

染纹样丰富、色调素雅、风格独特,具有很高的艺术价值和再设计价值,因此用户对于蜡染纹样的情感研究对蜡染纹样个性化定制起到了至关重要的作用。选取 4 种具有代表性蜡染类型,每种类型选取 15 张纹样作为实验纹样,同种类型的纹样风格相似,但是纹样在风格、构图、色彩等方面迥异不同,如图 1 所示。

蜡染风格大致可分为:丹寨型、榕江型、重安江型、麻江型、织金型、安顺型、六枝型。蜡染纹样一般由边框和按照一定规则排列的单体纹样组成,如苗龙、蝴蝶、鸟纹等。应用符号学和形态分析法<sup>[16]</sup>对纹样分解结构、提取设计元素,其中设计要素 12 种。通过浏览任务,根据纹样的统计归纳了各种设计要素的要素水平,见表 1。



图 1 代表纹样选取(部分)

表 1 蜡染纹样设计要素

设计要素	要素水平			
	有	无		
有无边框	有	无		
背景颜色	白色	蓝色	褐色	红色
排列规则	方形	圆形	斜对称	无规则
铜鼓	多个铜鼓	单个铜鼓	无	
苗龙	有	无		
双鱼	多个	单个	无	
蝴蝶	多个	单个	无	
花纹	多个	单个	无	
鸟纹	多个	单个	无	
复杂程度	复杂	简单		
图案样式	长方形	圆形	正方形	不规则几何
图案色彩	单一	彩色		

## 3 用户与蜡染纹样个性化偏好的实验研究

### 3.1 眼动实验过程

(1) 被试对象。根据调研和分析发现,接触蜡染的 3 种典型用户为普通用户、文化专家和设计师。普通用户、文化专家和设计师各选取 7 人,年龄分别为 20~32 岁、32~45 岁、24~36 岁,被试者均无视力障碍。

(2) 实验设备。Tobii Glasses 眼动仪和一台安装

眼动仪软件 Tobii studio 的笔记本电脑。

(3) 实验任务设计。根据浏览任务进行实验设计。

(4) 实验流程。首先向被试者介绍实验环境、设备以及实验目的,并简单介绍实验过程中需要注意的事项。帮助被试者正确佩戴眼动仪,打开并进行调整,使被试者视线在信号采集区域能够正确采集到信息。

(5) 实验步骤。根据实验流程,每组被试者要完成包含设计要素的测试工作,每组纹样设置了不同的浏览任务,浏览每种纹样后,休息片刻继续进行后续浏览,所有被试者完成纹样的试验后,眼动仪将记录其眼动数据,如图2所示。

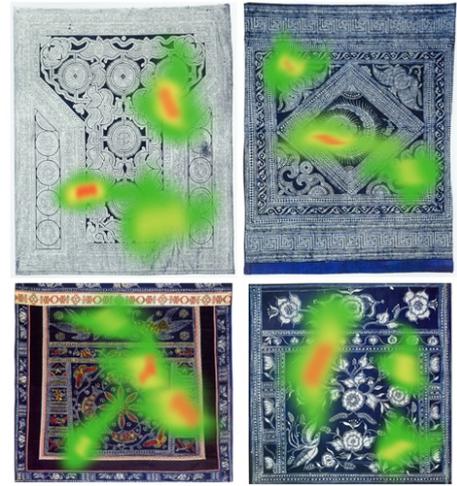


图2 眼动实验

### 3.2 眼动指标筛选

对 Tobii studio 眼动数据进行处理,共得到 35 个指标数据,将图片类型作为影响因素,对浏览任务的眼动指标进行方差齐性检验,将显著性水平小于 0.05 的眼动指标剔除,而显著性水平大于

0.05 的指标说明具备方差性,可以进行下一步的单因素方差分析。进行单因素方差分析(表2),发现平均眼跳时间、平均注视时间的显著性水平均小于 0.05,可用于模型建立。

表2 眼动数据单因素方差分析

参数	眼动指标			
	df	均方	F 值	显著性
眨眼率(次·s <sup>-1</sup> )	2	0.230	9.112	0.063
最小眼跳速度(ms)	2	304.289	0.654	0.126
注视率(次·s <sup>-1</sup> )	2	1.170	7.145	0.121
平均眼跳时间(ms)	2	2 064.057	1.304	0.014
最大注视时间(ms)	2	264 180.451	0.669	0.918
最小注视时间(ms)	2	0.064	0.093	0.052
注视点分散均值(px)	2	32.609	1.502	0.756
最大注视点分散均值(px)	2	0.001	0.170	0.844
最小注视点分散均值(px)	2	153.327	1.762	0.589
扫视率(次·s <sup>-1</sup> )	2	0.725	3.525	0.654
平均注视时间(ms)	2	42.107	0.076	0.027
最大扫视时间(ms)	2	526 536.365	6.532	0.687
最小扫视时间(ms)	2	1.689	0.671	0.077
平均扫视幅度(°)	2	52.776	3.783	0.901
最大扫视幅度(°)	2	18 276.427	3.500	0.872
最小扫视幅度(°)	2	0.000	0.101	0.204
平均扫视速度((°)·s <sup>-1</sup> )	2	1 439.595	4.556	0.675
最大扫视速度((°)·s <sup>-1</sup> )	2	57 924.766	0.951	0.265
最小扫视速度((°)·s <sup>-1</sup> )	2	1.552	1.752	0.675
平均扫视潜伏期(ms)	2	13 811.296	1.136	0.078
瞳孔最大值(px)	2	10.742	3.515	0.191
瞳孔最小值(px)	2	8.713	3.687	0.065

## 4 纹样设计要素和眼动指标关系模型

4.1 运用数量化 I 类理论对纹样设计要素进行编码  
本文研究的纹样要素为定性变量的组合,需将其转化为定量变量。因为每个代表性纹样中同

一设计要素的设计形态是定性变量且取值是唯一的,所以根据数量化 I 类理论,不同的变量用 0 和 1 来表达。数据 1 代表该样本中有此类目,数据 0 则表示无此类项目。结合选取的代表性纹样和提取的交互设计要素,对 4 种代表性纹样进行 0-1 编码,见表 3。

表3 典型纹样样本 0-1 编码表

纹样	变量指标																	
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
2	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
3	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
4	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0

纹样	变量指标																
	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
2	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
4	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0

## 4.2 回归模型的建立与分析

### 4.2.1 眼动指标和个性化偏好的关系

眼跳是眼睛观察不同注视点之间的跳跃行动,表示眼睛的快速移动。在浏览任务中,被试者从一个注视点转移到另外一个注视点所花费的时间为平均眼跳时间(ms),时间的长短表明了注视点的集中程度,越快说明注视点不集中,越慢说明被试者的注视点注意力集中。需要通过多次眼跳才能找到感兴趣纹样,说明纹样不具明显特点。设计变量系数为正值且系数值越大说明该纹样特点集中、容易引起人们的注意。

### 4.2.2 眼动指标和设计要素关系模型

利用式2中建立的眼动指标和设计要素的多元回归模型,以表3中的A<sub>1</sub>~L<sub>2</sub>(每种蜡染纹样对应的设计形态)为自变量,以平均眼跳时间、平均注视时间作为因变量得到2组眼动指标的多元回归模

型,以平均眼跳时间为例,如式(3)~(5)。

(1) 普通用户。根据设计要素的权重系数范围排序可以知道设计要素的影响程度,以普通用户的平均眼跳时间为例,排序为:背景颜色(20.1)>排列规则(16.6839)>图案色彩(6.2721)>有无边框(3.1976)>图案样式(1.8868)>蝴蝶(0.7187)>双鱼(0.6223)>鸟纹(0.5079)>花纹(0.5036)>铜鼓(0.5021)>苗龙(0.4181)>复杂程度(0.0747)。要使得纹样设计特点突出、吸引力强,可以采取以下的设计方案:背景颜色选蓝色或明度较高的浅蓝色,以增强画面的视觉冲击力;以斜对称的规则排列图案,再加上装饰边框增加图案的整体统一的效果;以多个典型动物纹样为主要设计要素,图案选取复杂、精细的纹样,以丰富画面效果;尝试不同的构图方式,如对称、连续等。

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 54.029 + \begin{bmatrix} 0.5624A_1 \\ -2.6352A_2 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} -4.9B_1 \\ 5.3B_2 \\ -5.1B_3 \\ -4.8B_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -3.0318C_1 \\ -4.2015C_2 \\ 4.1589C_3 \\ -5.2917C_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.1624D_1 \\ -0.2182D_2 \\ -0.1215D_3 \end{pmatrix} + \\
 & \begin{pmatrix} 0.2036E_1 \\ -0.2145E_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.2214F_1 \\ -0.1965F_2 \\ -0.2044F_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.2941G_1 \\ -0.1823G_2 \\ -0.2423G_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.1328H_1 \\ -0.2033H_2 \\ -0.1675H_3 \end{pmatrix} + \\
 & \begin{pmatrix} 0.1239I_1 \\ -0.1859I_2 \\ -0.1981I_3 \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} 0.0325J_1 \\ -0.0422J_2 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} 0.4251K_1 \\ 0.3949K_2 \\ 0.5725K_3 \\ -0.4943K_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4.0213L_1 \\ -2.2508L_2 \end{pmatrix} \quad (3)
 \end{aligned}$$

(2) 文化专家。根据设计要素权重系数排序可知设计要素的影响程度,以文化专家的平均眼跳时间为例,排序为:图案色彩(16.6417)>排列规则(15.1401)>复杂程度(10.8096)>背景颜色(10.4034)>蝴蝶(6.8516)>双鱼(5.2435)>图案样式(2.8075)>铜鼓(0.9109)>花纹(0.6789)>鸟纹(0.1668)>有无边框(0.0746)>苗龙(0.0697)。由于专业性的原因,文化专家对纹样的样式和排

列规则相对更感兴趣,可以在设计纹样排列时,采取以下设计方案:将纹样色彩定为统一的色调,适当采用一些彩色进行画面点缀;构图采用斜对称的图案排列,增强画面的节奏感,背景颜色为统一的蓝色;选取细密工整的动植物纹样,如上述实验提到的蝴蝶、苗龙、双鱼、鸟纹等等,纹样样式可以选择规则的几何形,取消纹样边框。

$$\begin{aligned}
 Y_2 = 41.0218 &+ \begin{bmatrix} 0.0215A_1 \\ -0.0531A_2 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} -3.4560B_1 \\ 2.0124B_2 \\ -2.368B_3 \\ -2.567B_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -2.8453C_1 \\ -3.9637C_2 \\ 3.3508C_3 \\ -4.9803C_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.1527D_1 \\ -0.2459D_2 \\ -0.5123D_3 \end{pmatrix} + \\
 &\begin{pmatrix} 0.0369E_1 \\ -0.0328E_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2.0257F_1 \\ -1.9322F_2 \\ -1.2856F_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2.2743G_1 \\ -3.0348G_2 \\ -1.5425G_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.2145H_1 \\ -0.3285H_2 \\ -0.1359H_3 \end{pmatrix} + \\
 &\begin{pmatrix} 0.0215I_1 \\ -0.0669I_2 \\ -0.0784I_3 \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} 5.9865J_1 \\ -4.8231J_2 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} 0.4684K_1 \\ 0.8425K_2 \\ 0.7963K_3 \\ -0.6903K_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 8.3964L_1 \\ -8.2453L_2 \end{pmatrix}
 \end{aligned} \quad (4)$$

(3) 设计师。根据设计要素的权重系数范围排序可以知道设计要素的影响程度,以设计师的平均眼跳时间为例,排序为:排列规则(24.0319)>背景颜色(19.8128)>图案样式(16.1436)>复杂程度(16.0654)>双鱼(11.6457)>蝴蝶(9.3389)>有无边框(4.2025)>鸟纹(2.3812)>花纹(2.0147)>铜鼓(0.7831)>苗龙(0.1368)>图案色彩(0.0546)。设计师由于专业性的原因,对图案的构成规则和整

体色调是否统一较为感兴趣,要引起设计师用户的注意力,可以在设计纹样排列时,采取以下设计规则:将蜡染纹样中排列规则具有独特性和符合平面构成规则的纹样进行筛选,图案选择斜对称排列,增强画面的节奏感,图案背景颜色为和谐统一的蓝色;图案样式选择不规则几何样式,选取精细工整的动植物纹样,如典型的双鱼、苗龙、蝴蝶、铜鼓等纹样为设计要素,采取有边框的图案,增加图案整体性和装饰美感。

$$\begin{aligned}
 Y_3 = 69.6381 &+ \begin{bmatrix} 1.6597A_1 \\ -2.5428A_2 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} -3.0127B_1 \\ 5.4588B_2 \\ -3.3149B_3 \\ -4.3572B_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -5.3587C_1 \\ -6.8749C_2 \\ 6.0128C_3 \\ -5.7855C_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.3872D_1 \\ -0.1543D_2 \\ -0.2416D_3 \end{pmatrix} + \\
 &\begin{pmatrix} 0.0632E_1 \\ -0.0736E_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4.2436F_1 \\ -4.5473F_2 \\ -2.8548F_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3.5212G_1 \\ -1.9634G_2 \\ -3.8543G_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.6936H_1 \\ -0.5578H_2 \\ -0.7633H_3 \end{pmatrix} + \\
 &\begin{pmatrix} 0.7851I_1 \\ -0.6324I_2 \\ -0.9637I_3 \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} 8.5631J_1 \\ -7.5023J_2 \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} 3.9651K_1 \\ 4.5629K_2 \\ 3.6783K_3 \\ 2.5237K_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.0321L_1 \\ -0.0225L_2 \end{pmatrix}
 \end{aligned} \quad (5)$$

#### 4.3 模型有效性检验

为了检验模型的有效性,另分别选6名与被

试者(普通用户、文化专家、设计师各2名)进行上述实验,实验设备、环境、过程均与第一次相同。

通过设计要素与眼动指标之间的关系模型得到的预测值与通过实验处理后的实际值进行对比, 数据如图3所示。运用 SPSS 软件对数据做配对样本  $t$  检验, 平均指示时间的显著水平均为 0.068, 大于 0.05, 说明预测值和实际值之间没有显著差异, 对浏览、查找的预测值与实际值也进行配对样本  $t$  检验, 检验结果表明预测值与实际值没有明显差异, 建立的模型有效。

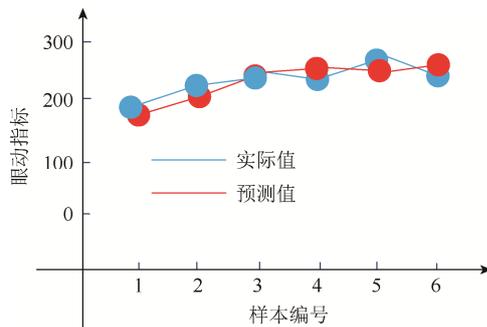


图3 眼动数据的预测值和实际值

## 5 结束语

本文以蜡染纹样为实验材料, 以3种不同的人群为实验对象, 研究了不同设计要素对用户个性化偏好的影响。建立了蜡染纹样设计要素和眼动指标多元回归模型, 显示眼动指标与用户的个性化偏好息息相关, 从而间接得出了不同的设计要素对用户个性化偏好的影响, 并且定量分析了设计要素的影响权重, 给出了针对不同人群提高用户体验的个性化设计方案。最后通过实验证明文中建立的多元回归模型具有良好的准确性。

### 参考文献

- [1] COTIGĂ M I. Development and validation of a Romanian version of the expanded version of positive and negative affect schedule (PANAS-X) [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 33: 248-252.
- [2] 李晓明, 傅小兰, 邓国峰. 中文简化版 PAD 情绪量表在京大学生中的初步试用[J]. 中国心理卫生杂志, 2008, 22(5): 327-329.
- [3] PENTUS K, MEHINE T, KUUSIK A. Considering emotions in product package design through combining conjoint analysis with psycho physiological measurements [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2014, 148: 280-290.
- [4] KAMP I. The influence of car-seat design on its character experience [J]. Applied Ergonomic, 2012, 43(2): 329-335.
- [5] 刘焯, 陶霖密, 傅小兰. 基于情绪图片的 PAD 情感状态模型分析[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(5): 753-758.
- [6] 邱均平, 杜晖, 党永杰. 基于心理测量的人才评价系统研究[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(10): 99-103.
- [7] 刘青, 薛澄岐, Falk Hoehn. 基于眼动跟踪技术的界面可用性评估[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2010, 40(2): 331-334.
- [8] 胡文婷, 周献中, 盛寅, 等. 基于视线跟踪的智能界面实现机制研究[J]. 计算机应用与软件, 2016, 33(1): 134-137.
- [9] 于悦, 姜媛, 方平, 等. 音乐诱发情绪测量及其影响因素[J]. 心理与行为研究, 2014, 12(5): 695-700.
- [10] 李永锋, 朱丽萍. 基于结合分析的产品意象造型设计研究[J]. 图学学报, 2012, 33(4): 121-128.
- [11] 费广洪, 王细英, 龚桂红. 图文相关性对不同认知方式大学生阅读影响的眼动研究[J]. 心理学报, 2013, 45(7): 783-789.
- [12] 郭伏, 屈庆星, 张夏英, 等. 用户眼动行为与网站设计要素关系研究[J]. 工业工程与管理, 2014, 19(5): 129-133, 139.
- [13] 葛燕, 陈亚楠, 刘艳芳, 等. 电生理测量在用户体验中的应用[J]. 心理科学进展, 2014, 22(6): 959-967.
- [14] 吴开亚, 王玲杰. 生态足迹及其影响因子的偏最小二乘回归模型与应用[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 182-188.
- [15] 许凤华. 偏最小二乘回归分析中若干问题的研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2006.
- [16] 王伟伟, 刘音, 王毅. 基于视觉关联分析的盐土文化设计因子提取[J]. 图学学报, 2016, 37(1): 60-65.