基于灰色关联分析的互联网产品用户体验度量方法

王中，高放，王曦阳，方浩
（中国地质大学，武汉 430074）

摘要：目的 研究灰色关联分析法在互联网产品用户体验度量中的有效性，为互联网产品用户体验提供新的度量方法。**方法** 以现有用户体验评估问卷为基础，明确互联网产品用户体验六维度，将吸引力维度作为参考序列，其他 5 个维度作为对比序列，通过问卷调查收集各个序列数据，建立互联网产品用户体验灰色模型，利用灰色关联分析法计算各对比序列与参考序列的关联度，根据关联度大小排序对各个体验维度的重要性做出定量分析，确立互联网产品用户体验灰色分析流程,最后以互联网产品 Tamumu 用户体验度量为例，开展实验研究并进行结果验证。**结论** 灰色关联分析运用于互联网产品用户体验研究中，能够准确地辨别用户体验各维度的重要性，为产品用户体验设计提供策略指导。

关键词：用户体验；灰色关联分析；互联网产品
中图分类号：TB472　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2018)24-0141-05
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.24.026

Measurement Method of Internet Product User Experience Based on Gray Correlation Analysis

WANG Zhong, GAO Fang, WANG Xi-yang, FANG Hao
(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effectiveness of gray correlation analysis in the measurement of Internet product user experience, and provide a new method for the measurement of Internet product user experience. Based on the existing user experience assessment questionnaire, the six dimensions of user experience of Internet products were clarified. The attractive dimension was used as the reference sequence, and the other five dimensions were used as the comparison sequence. Each sequence's data were collected through questionnaire survey to establish a gray model of user experience of Internet products. The gray correlation analysis method was used to calculate the correlation degree between each comparison sequence and the reference sequence. The importance of each experience dimension was quantitatively analyzed according to the correlation degree. The gray analysis process of user experience of Internet products was established. Finally, taking the user experience measurement of Internet product Tamumu as an example, the experimental research was carried out and the results were verified. Gray correlation analysis is applied in the study on user experience of Internet products, which can accurately identify the importance of each dimension of user experience and provide strategic guidance for product user experience design.

KEY WORDS: user experience; gray correlation analysis; Internet product

在当今这个数字时代背景下，良好的用户体验是互联网产品能够更好地满足用户的使用和情感需求、延长产品生命周期的必要条件[1]。通过用户体验评估，可以明确不同类型互联网产品的需求维度，进而

收稿日期：2018-08-28
基金项目：中国人类工效学学会——津发科技优秀青年学者联合研究基金（CES-KF-2016-2018）；中国地质大学（武汉）实验室与设备管理处“2016 年实验技术研究项目”（SJ-201631）
作者简介：王中（1994—），男，山西人，中国地质大学硕士生，主攻信息与交互设计。
通信作者：方浩（1975—），男，河南人，中国地质大学副教授，主要从事信息交互设计、数字艺术传播、科教媒体设计等方面的研究。

指导产品设计，提升产品的服务水平。过往用户体验量化模型多运用统计分析方法来建立用户体验和构成要素之间的关系模型，用以评价用户体验[2]。Park 等将平板电脑作为研究对象，构建了其用户体验与可用性、情感和用户价值之间关系的 5 种模型，并运用多元回归方法探究了各因素之间的关系[3]；张洁等在现有研究的基础上初步建立了 B2C 电子商务网站用户体验评价体系，并通过相关分析，探索性因子分析，验证了性因子分析重构上述评价体系并得到了各指标与总体用户体验的关系[4]。这些方法都有其不足之处：要求样本数据量大、服从典型的概率分布、计算量大等。灰色关联分析以“小样本，贫信息”的灰色系统为研究对象[5]，弥补了上述统计方法的缺陷，本研究尝试将其引入互联网产品用户体验评估当中，以现有用户体验评价指标为基础，构建用户体验灰色分析模型，确立互联网产品用户体验各维度与整体用户体验之间的定量关系。

1 用户体验评价指标

建立合理科学的用户体验评价指标体系，是利用灰色关联分析进行用户体验评估的基础和关键[6]。本研究在参考现有文献的基础上结合课题研究背景，选用 M. Rauschenberger 提出的用户体验评估问卷作为评价指标并进行数据收集，该问卷由可用性专家以现有用户体验理论为背景，通过头脑风暴法、专家评估法、因子分析法等逐步构建而成，共包含 26 个概念条目，对应 6 个用户体验维度，分别为吸引力、清晰、效率、可靠性、激励、新奇，组成一个完整的用户体验系统，用户体验评价指标体系见图 1，能够快速有效地对交互式产品进行用户体验评估[7]。

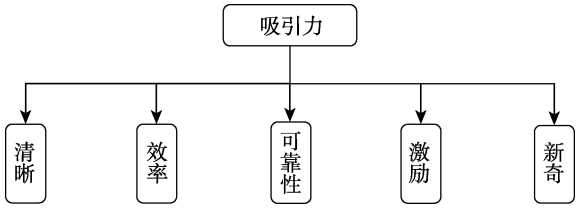

图 1 用户体验评价指标体系

Fig.1 User experience evaluation index system

其中吸引力指用户对产品的总体印象，是一个情绪维度；效率指产品使用是否快速高效，界面看起来是否有序；清晰指用户是否容易懂得如何使用产品，产品是否容易熟悉；可靠性指用户是否感觉交互在掌控之中，与产品的交互是否安全和可预期；激励指用户在使用过程中是否感到有趣和兴奋，是否有更进一步使用产品的兴趣；新奇指产品设计是否革新且具有创造力，是否吸引了用户注意。吸引力维度对应 6 个条目，其余维度各对应 4 个条目，共同组成用户体验问卷概念条目见表 1。

表 1 用户体验问卷概念条目

Tab.1 User Experience questionnaire concept list

		min	…	max	
吸引力	烦人	○	…	○	享受
	好	○	…	○	坏
	不喜欢	○	…	○	被取悦
	不开心	○	…	○	开心
	吸引	○	…	○	不吸引
	友好	○	…	○	不友好
效率	快	○	…	○	慢
	低效	○	…	○	高效
	不实用	○	…	○	实用
	有序	○	…	○	混乱
清晰	不可懂	○	…	○	可懂
	容易学习	○	…	○	学习困难
	复杂	○	…	○	简单
	清晰	○	…	○	迷惑
可靠性	不可预测	○	…	○	可预测
	妨碍的	○	…	○	支持的
	安全	○	…	○	不安全
	和预期一致	○	…	○	和预期不一致
激励	有价值的	○	…	○	劣质的
	无聊	○	…	○	兴奋
	无趣	○	…	○	有趣
	激励	○	…	○	抑制
新奇	有创造力	○	…	○	呆板
	新意	○	…	○	传统
	平凡	○	…	○	先锋
	保守	○	…	○	革新

2 用户体验灰色分析模型

灰色关联分析是灰色系统理论的重要组成部分，是一种分析系统各因素关联程度的方法。其基本思想是根据系统因素序列曲线几何形状的相似程度来判断因素之间的关联程度，若曲线的几何形状相似，则关联度较高，反之，关联度较低[8]。系统之间两个因素随时间或者不同对象而变化的关联性大小的度量，称为关联度[9]。这里利用灰色关联分析进行用户体验评估的基本思路是：以用户体验评价指标体系中的各二级指标数据序列作为比较序列，一级指标数据序列为参考序列，求各比较序列与参考序列之间的关联度，关联度越大，说明该指标序列对于整体用户体验的影响程度越大。具体流程如下：（1）确定参考序列和比较序列，反应系统行为的数据序列称为参考序列，影响系统行为的数据序列称为比较序列，选定吸引力维度序列为参考序列，其他 5 个维度序列为对比序列，对于 n 个评价对象，生成参考序列 $X_{0\,吸引力}$=

$\{X_0(k), (k=1,2,\cdots, n)\}$，对比序列 $X_i=\{X_i(k), (k=1, 2,\cdots, n)\}$，$i=(1_{清晰}, 2_{效率}, 3_{可靠性}, 4_{激励}, 5_{新奇})$，$X_i(k)$表示第 k 个评价对象对于维度 i 的评价值；（2）参考序列 X_0 和对比序列 X_i 的标准化处理，数据序列由维度值构成，每个维度对应不同的问卷条目，因此收集问卷数据后需对问卷条目值进行标准化处理，并通过加权和求出标准维度值。计算过程如下：$a(k)'=\dfrac{a(k)}{MAX}$，其中 MAX 为该问题的满分，$a(k)$为第 k 个用户对表 1 中各问题结果的原始值，$a(k)'$ 为标准化处理后的概念条目值。得到每个问卷条目的量化值后，根据各个维度所对应的问卷条目，利用加权和求出该维度的标准值：$X_i=\sum_{k=1}^{m}W_k a(k)'$，其中 m 为该维度对应的问题数目，W_k 为每个问题在维度当中的权重，$W_k=\dfrac{1}{m}$，X_i 为每个维度的量化值；（3）建立灰色模型，对第 k 个用户，利用前两个公式计算其对维度 i 的评价值 $X_i(k)$，生成如下维度序列组成的用户体验灰色模型见表 2；（4）计算灰色关联系数，灰色关联系数为比较数列与参考数列在各个时刻（即序列曲线中各点）的关联程度值。

$$r_{0i}(k)=\frac{\min_i\min_k X_0(K)-X_i(K)+p\min_i\min_k|X_0(K)-X_i(k)|}{X_0(K)-X_i(K)+p\min_i\min_k|X_0(K)-X_i(k)|},$$

其中：$\min_i\min_k|X_0(K)-X_i(K)$ 为两级最小差，$\min_i\min_k|X_0(K)-X_i(k)$ 为两级最大差，（$k=1, 2,\cdots, n$），n 为用户总数，$i=(1_{清晰}, 2_{效率}, 3_{可靠性}, 4_{激励}, 5_{新奇})$，$p$ 是分辨系数,是人为设定的常数，$0<p<1$,一般取 0.5，为参考序列 X_0 和第 i 个对比序列 X_i 在 k 点的灰色关联系数；（5）计算灰色关联度，由于灰色关联系数信息比较分散不便进行整体比较，将其集中为一个平均值，即灰色关联度，作为比较序列 X_i 与参考序列 X_0 关联程度的数量表示，$r_i=\dfrac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}r_{0i}(k)$；（6）排关联序，将灰色关联度依大小顺序进行排列，得到关联序，通过对关联序的分析可以得出在所研究的互联网产品用户体验系统中，哪些维度对吸引力的影响较大，哪些维度的影响较小。

表 2　灰色模型
Tab.2 Gray model

		用户 1	用户 2	用户 3	…	用户 n
参考序列	吸引力（x_0）	$x_0(1)$	$x_0(2)$	$x_0(3)$	…	$x_0(n)$
对比序列	效率（x_1）	$x_1(1)$	$x_1(2)$	$x_1(3)$	…	$x_1(n)$
	清晰（x_2）	$x_2(1)$	$x_2(2)$	$x_2(3)$	…	$x_2(n)$
	可靠性（x_3）	$x_3(1)$	$x_3(2)$	$x_3(3)$	…	$x_3(n)$
	激励（x_4）	$x_4(1)$	$x_4(2)$	$x_4(3)$	…	$x_4(n)$
	新奇（x_5）	$x_5(1)$	$x_5(2)$	$x_5(3)$	…	$x_5(n)$

上述流程将灰色关联分析方法与现有用户体验评价指标相结合，构建出用户体验灰色关联分析流程见图 2。

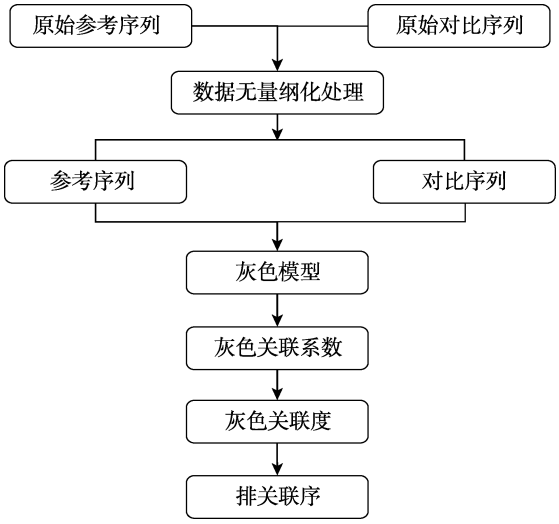

图 2　用户体验灰色关联分析流程
Fig.2 The process of user experience gray correlation analysis

3　用户体验灰色分析实例运用

将用户体验灰色分析运用到互联网产品 Tamumu 的用户体验评估中，探究各体验维度对整体用户体验的重要性，对比分析用户体验问卷评分和用户体验各维度与整体吸引力的关联度，能够为 Tamumu 体验设计的优化提供方向。

3.1　Tamumu 用户体验评估实验

Tamumu 是一款为小商家打造的 O2O 移动端应用，它利用基于位置的服务和用户生成内容搭建信息发布平台，为商家和顾客提供了便捷的沟通渠道。

本次实验将实验环境选择在受试者生活场所中，因 Tamumu 的使用场景就是生活场所。受试者是来自湖北武汉地区的 6 名高校在校生，由 3 名男生和 3 名女生组成，年龄在 23~26 岁。与被测者预约后，展开一对一的用户体验评估实验，共约 60 min，每场实验时间组成见表 3。在使用测试的阶段鼓励用户自由探索，采用可用性测试中的目标引导方法，以不影响用户自然使用为原则，完成使用测试后立即邀请用户进行问卷填写，之后进行一场半开放式访谈，探究用户对 Tamumu 的主观满意度，并针对问卷的答案提出问题，更深入地探究用户体验形成的原因，与问卷结果对比分析。

表 3　每场实验时间组成
Tab.3 Composition of each experimental time

	使用测试	问卷填写	访谈
用时	20 min	10 min	30 min

3.2 Tamumu 用户体验灰色分析

根据上述实验展开研究，采集问卷数据后使用前两个公式对问卷数据进行标准化处理，建立灰色模型见表 4。使用后两个公式计算灰色模型中对比序列与参考序列的关联度，得到序列间的关联系数与关联度见表 5。

表 4 灰色模型
Tab.4 Gray model

		用户 1	用户 2	用户 3	用户 4	用户 5	用户 6
参考序列	吸引力	0.86	0.82	0.78	0.76	0.60	0.72
对比序列	效率	0.83	0.79	0.63	0.72	0.54	0.63
	清晰	0.87	0.71	0.91	0.91	0.70	0.59
	可靠性	0.70	0.72	0.70	0.68	0.58	0.62
	激励	0.66	0.78	0.66	0.94	0.68	0.48
	新奇	0.64	0.76	0.56	0.64	0.64	0.68

表 5 序列间的关联系数与关联度
Tab.5 The correlation coefficient and correlation degree between sequences

		关联度系数						对吸引力的关联度
		用户 1	用户 2	用户 3	用户 4	用户 5	用户 6	
对比序列	效率	0.83	0.83	0.48	0.79	0.70	0.61	0.71
	清晰	1.00	0.56	0.50	0.48	0.58	0.51	0.60
	可靠性	0.45	0.58	0.63	0.63	0.90	0.58	0.63
	激励	0.40	0.79	0.53	0.42	0.63	0.35	0.52
	新奇	0.37	0.70	0.37	0.53	0.79	0.79	0.59

3.3 Tamumu 用户体验评分与灰色关联度对比分析

通过对比用户体验评分以及各维度与吸引力的关联程度能够得知互联网产品 Tamumu 的交互设计优化方向，问卷得分较低但与吸引力关联度较大的维度是最需要提升的维度。6 个维度的评分标准化数据见图 3，它是表 4 中用户体验灰色模型各维度的标准化得分，5 个子维度对吸引力维度的关联度见图 4。

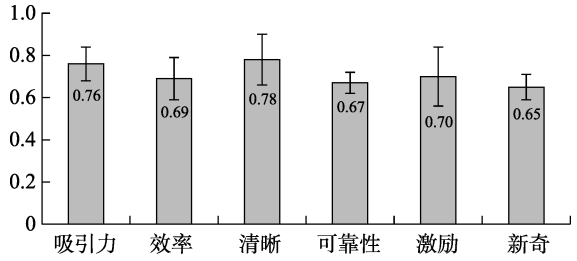

图 3 6 个维度的评分标准化数据
Fig.3 Standardized rating data for 6 dimensions

从图 3 可以看出，用户对“清晰”这一维度的评分最高，对“效率”、“可靠性”和“新奇”3 个维度的评分较低，排在 6 个维度的后三位；从图 4 可以得知，“效率”以及“可靠性”维度与“吸引力”的关联度较高，在 5 个子维度中排在前两名，因此提升这两个维度的体验对提高 Tamumu 吸引力的意义较大，“新奇”与吸引力的关联度在 5 个子维度中排名第 4，意味着这一维度的体验对 Tamumu 吸引力的影响不是很明显，即使其在用户评分中得分最低，也无需着力提升。

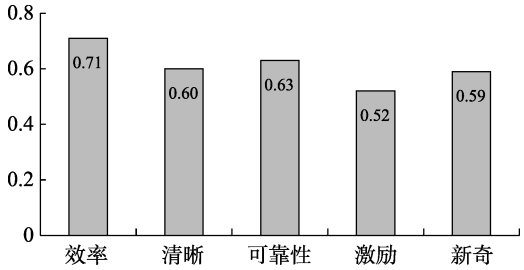

图 4 5 个子维度对吸引力维度的关联度
Fig.4 The correlation degree of 5 subdimensions to attractive dimension

这一结果与 Tamumu 作为“工具型产品”的定位有关，这类产品更加注重产品的实用性（即“清晰”、“效率”、“可靠性”）维度，通过功能服务用户，帮助用户达成目标，而非“沉浸性产品”那样注重娱乐性维度（即“激励”和“新奇”），通过情绪体验吸引用户，让用户沉浸在产品的使用过程中。根据各维度的灰色相关性分析，“实用性”维度对其吸引力的关联度也正是 5 个子维度中最高的 3 个，而“娱乐性质”维度对其吸引力的关联度是最低的 2 个，这完全符合 Tamumu 的产品定位，也是灰色关联分析适用于用户体验研究的有力证明。

3.4 用户体验灰色分析模型验证

在与用户进行访谈时，研究者发现用户在填写问卷时总是倾向于保守和友好，或由于其他多重因素，受试者在将情感体验转换为语言描述时，产生了语词遮蔽效应[10]。虽然单一维度多个条目问卷会削弱单个条目的遮蔽效应，但是这并不一定能证明其对语词遮蔽效应能有效消除。对此研究者在访谈中着重探讨了用户对 Tamumu 的主观满意度，通过将其与用户体验问卷吸引力评分进行对比，并分析用户对 Tamumu 的主观满意度与问卷 6 个维度之间的关联度，判断实验结果的准确性。

用户的主观满意度代表着用户的整体体验，对应问卷中的吸引力维度。访谈过程中询问受访者经常使用的移动端应用，并请受试者对这些应用的使用满意度进行评分，同时也对 Tamumu 进行评分，然后通过如下公式能够获得用户对 Tamumu 的主观满意度评分：

$\bar{s}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}S(n), S_T=S_t/\bar{S}$，其中，$S(n)$为受试者在满意

度评分中对其他应用进行的评分，S_t 为用户对 Tamumu 的满意度评分，将其除以其他满意度评分的平均值，得到用户对 Tamumu 的主观满意度评分 S_T。

利用它们计算用户的主观满意度，并将其与吸引力评分进行对比，受试者对 Tamumu 的主吸引力评分和观满意度评分的比较见图 5，可以看出，两种评分整体来说较为接近。采用灰色关联分析法计算主观满意度与用户体验问卷各个维度的关联度，进一步验证问卷数据的有效性，得到的受试者主观满意度与各个维度的灰色关联度见图 6，从中可以看出主观满意度与吸引力的关联度最高，与效率、清晰、激励次之，与新奇最低，主观满意度对其他维度的相关性分布大致依从吸引力对其他维度的相关性分布。由此可见，语词遮蔽效应对用户体验问卷整体维度得分没有太大影响，这也佐证了用户体验灰色分析法的有效性。

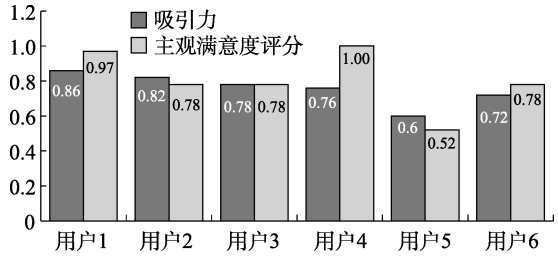

图 5　受试者对 Tamumu 的主吸引力评分和观满意度评分的比较

Fig.5 Comparison of subjects' main attraction scores and subjective satisfaction scores for Tamumu

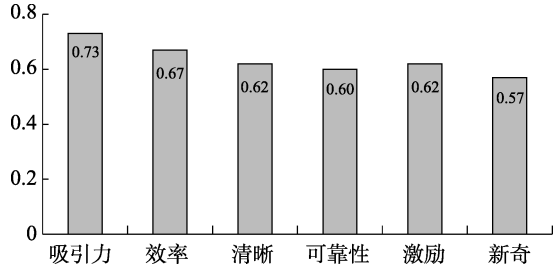

图 6　受试者主观满意度与各个维度的灰色关联度

Fig.6 The gray correlation of each dimension with the subjective satisfaction of the subject

4　结语

本研究将灰色关联分析与现有用户体验问卷相结合，提出用户体验灰色分析法，该方法将互联网产品用户体验系统视为一个灰色系统，以吸引力维度作为灰色系统的参考序列，其他 5 个维度作为灰色系统的对比序列，通过计算对比序列与参考序列之间的灰色关联度来对各个维度的重要性作出辨析。这里以互联网产品 Tamumu 用户体验评估过程为实例运用，阐述了该方法的计算过程，并通过实验验证了该方法的有效性。实验结果表明，灰色关联分析适用于用户体验研究，用户体验灰色分析法能够为用户体验评估建立确定的模型，能够准确地辨别用户体验各维度的重要性，指示产品交互设计方向。由于本研究样本都来自于在校大学生，这使得取样具有局限性，同时指标因子权重值的确定方法也不够客观，有待进一步完善与探究。

参考文献：

[1] 黄炜，李总苛，黄建桥．移动应用程序(APP)评价指标体系研究[J]．图书与情报, 2016(3): 110—117.
HUANG Wei, LI Zong-ke, HUANG Jian-qiao. Research on Evaluation Index System of APP[J]. Library & Information Packaging Engineering, 2016(3): 110—117.

[2] 丁一，郭伏，胡名彩．用户体验国内外研究综述[J]．工业工程与管理, 2014(4): 92—97.
DING Yi, GUO Fu, HU Ming-cai. A Review of User Experience[J]. Industrial Engineering and Management, 2014(4): 92—97.

[3] PARK J, HANS H, KIM H. Modeling User Experience: A Case Study on a Mobile Device[J]. International JournalofIndustrial Ergonomics, 2013(43): 187—196.

[4] 张洁，赵英，余红．B2C 电子商务网站用户体验评价研究[J]．情报科学, 2013(12): 84—89.
ZHANG Jie, ZHAO Ying, YU Hong. Research on Evaluation of B2C E-commerce Site’s User Experience [J]. Information Science, 2013(12): 84—89.

[5] 戴小玲，唐明董，吕赛霞．基于灰色关联分析的 Web 服务选择[J]．计算机工程与科学, 2016, 38(2): 297—304.
DAI Xiao-ling, TANG Ming-dong, LYU Sai-xia. Web Service Selection Based on Grey Correlation Analysis[J]. Computer Engineering & Science, 2016, 38(2): 297—304.

[6] 赵爽，吴红霞．基于灰色关联度的河北省新型城镇化发展水平评价[J]．企业经济, 2015(5): 153—156.
ZHAO Shuang, WU Hong-xia. Comprehensive Assessment of Security in Coal Mines Basedon Grey Relevance Analysis[J]. Enterprise Economy, 2015(5): 153—156.

[7] RAUSCHENBERGER M. Measurement of User Experience: A Spanish Language Version of the User Experience Questionaire(UEQ)[J]. Information Systems & Technologies, 2012, 52 (11): 471—476.

[8] 刘娜，丁日佳．我国煤炭消耗灰色关联度分析与预测研究[J]．煤炭技术, 2015, 34(1): 347—348.
LIU Na, DING Ri-jia. Grey Correlation Analysis and Prediction Study on Coal Consumptionof China[J]. Coal Technology, 2015, 34(1): 347—348.

[9] 申振东，戴添华．贵州机场群对民族地区经济发展的影响研究——基于灰色关联度理论[J]．贵州民族研究, 2017(9): 9.
SHEN Zhen-dong, DAI Tian-hua. Research of the Influence of Guizhou Airport Group on the Economic Development of Ethnic Regions: Based on Grey Relational Theory[J]. Guizhou Ethnic Studies, 2017(9): 9.

[10] HMJ Smith, HD Flowe. ROC Analysis of the Verbal Overshadowing Effect: Testing the Effect of Verbalisation on Memory Sensitivity[J]. Applied Cognitive Psychology, 2015, 29(2): 159—168.