

基于实验心理学与生理评价协同优化的交互等待体验研究

刘键¹, 刘伟², 辛欣², 崔俊峰³

(1.北京工业大学, 北京 100124; 2.北京师范大学, 北京 100875; 3.郑州大学, 郑州 450001)

摘要: **目的** 探究人机交互等待过程中, 不同 GUI 设计样式与色彩要素对用户时间知觉与视疲劳的影响。**方法** 首先, 基于实验心理学的恒定刺激法, 应用逻辑回归曲线, 算出了 PSE (主观相等点) 和 JND (最小可察觉值), 而后应用多元方差分析验证了可缩短用户等待时间的 GUI 样式。其次, 应用生理评价中的 VAS (视觉模拟评分法), 探明了不同色彩对用户视疲劳的影响机制。**结果** 经过多次实验的结果表明, 用户对于 Rot (转动速度快且结束时间不可预测) 所知觉到的时间显著低于其他 GUI 样式; 用户对红色的差别感受性要显著高于其他色彩; 用户在绿色环境下进行作业, 视疲劳程度显著低于其他色彩。**结论** 为指导交互设计师通过设计手段缩短交互等待时间方面提供理论与事实依据, 进而改善用户对信息终端产品的体验感受, 减少等待焦虑。

关键词: 人机交互; 用户体验设计; 时间知觉; 视疲劳

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)24-0098-05

Interactive Waiting Experience of Collaborative Optimization of Experimental Psychology and Physiology Evaluation

LIU Jian¹, LIU Wei², XIN Xin², CUI Jun-feng³

(1.Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2.Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3.Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

ABSTRACT: During the HCI standby mode, the impact of different GUI patterns and colors on the time consciousness and asthenopia of users is studied. Based on experimental psychology's constant stimulus method, applying logic regression curve to calculate PSE and JND, GUI patterns that can shorten the waiting time of users, are then verified by multivariate analysis of variance. Secondly, VAS is applied to prove the impact mechanism of different colors on user's asthenopia. Subjects' time perception to Rot (high spin speed and unpredictable ending time) are significantly lower than other GUI patterns; subjects' difference sensitivity to red is significantly higher than other colors; subjects' asthenopia is significantly lower in green environment than in that of other colors. It can provide theory and facts as guidelines for interactive designers to shorten the waiting time, improving the users' experience of Internet products.

KEY WORDS: HCI; user experience design; time perception; asthenopia

随着互联网与人机交互技术的蓬勃发展, 各类信息终端产品使得人们的生活更加便利。在人机交互等待过程中, 所需要等待的时间由 GUI (Graphical User Interface) 来表示程序加载进行状况, 如果等待时间过长, 则会加重用户的焦虑、烦躁的负面心理体验。根据视知觉组织特性得知, 信息量的差异会引起用户

对时间知觉产生变化^[1], 因此, 人机交互等待状态的设计也是衡量用户体验品质的重要标准之一。在此背景下, 如何通过设计手段改善用户对等待时间的认知态度成为了重要研究课题。根据 Usability Heuristics 第一条设计原则得知, 设计者要将网络服务器系统的处理状况及时反馈给用户^[2]。

收稿日期: 2017-09-15

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目资助 (17YJC760048)

作者简介: 刘键 (1987—), 男, 山东人, 博士, 北京工业大学讲师, 主要研究方向为产品设计、人机交互与人因工程学。

通讯作者: 刘伟 (1981—), 男, 北京人, 博士, 北京师范大学副教授, 主要研究方向为用户体验设计。

另一方面, 色彩信息通过视交叉、外侧膝状体等视觉径路到达脑的联合区和颞下回, 在此对固有有色进行加工识别, 而用户对不同色彩所使用的信息加工时间也不同^[3]。不同、条件下, 人对时间经过的感觉会产生显著变化, 例如体温、情绪和觉醒度^[4]。不同年龄群和性别差也存在显著差异^[5]。而通过生理量和心理量指标来探究人机交互等待 GUI 的不同样式、色彩因素对用户时间知觉和视疲劳的影响研究尚未广泛展开。

本文以等待时间的 GUI 为实验范式, 以此来探究不同色彩对人的时间知觉和视疲劳带来的影响, 为提高人机交互等待过程中的用户体验和易用性, 进而在强化设计应用方面提供理论依据。

1 实验 1 研究方法

1.1 实验 1 材料与程序

经过对 200 多个网页的调查, 本实验将等待时间的 GUI 分为 3 种类别, 见图 1: 静止的 GUI (Square)、动态的 GUI (不可预测结束时间 Rot 与 Bar)、动态的 GUI (可预测结束时间, Progress Bar)。

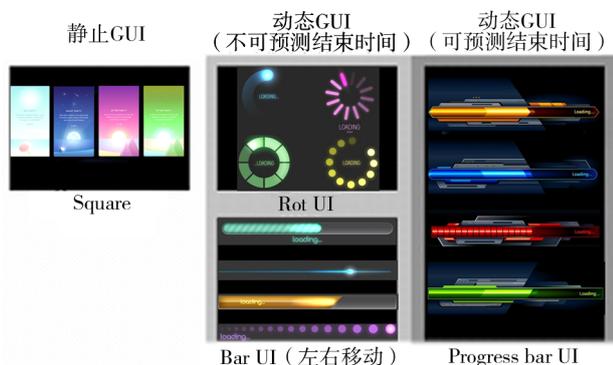


图 1 人机交互等待状态的 GUI 分类
Fig.1 GUI patterns of the HCI standby mode

基于实验心理学的恒定刺激法测量 PSE (Point of Subjective Equality, 主观相等点) 与 JND (Just Noticeable Difference, 最小可察觉值) 的实验范式, 首先要确定标准刺激和比较刺激。根据先行研究得知, 用户在等待网页文件加载超过 2 s 时, 即会对该程序产生负面心理的评价^[6], 本次试验选则 2 s 为标准刺激的阈值, 然而在实验过程中, 被试对于设定为 2 s 的标准刺激易产生学习效果, 进而影响实验结果的准确性, 因此将标准刺激的呈现时间设定为 1850 ms, 将 1550 ms, 1650 ms, 1750 ms, 1950 ms, 2050 ms, 2150 ms 作为比较刺激。标准刺激与每一个比较刺激组成一对刺激。为避免被试的练习效应, 每对实验刺激按随机方式呈现, 要求被试将比较刺激与标准刺激

进行比较, 根据逻辑回归曲线的解析原理, 只允许被试做两类回答, 即“快”或“慢”。其次, 本文依据视网膜锥体细胞加工理论^[7], 设置了 4 种色彩与 4 种 GUI 样式, 加上 6 种呈现时距, 每个刺激各重复 10 次共由 960 个试行组成实验刺激。

亮度: 白色 195[cd/m]; 红色 155[cd/m]; 绿色 152[cd/m]; 蓝色 148[cd/m]; 灰色 142[cd/m]; 实验程序由 javascript 2015 编制, 刺激的呈现和回答均由编程软件自动记录。为避免被试对实验刺激产生的练习效应, 以上实验条件每名被试各分 4 天完成。每个条件完成之后, 应用视觉模拟评分 (visual analogue scales, VAS) 对视疲劳进行主观评价, 该方法是用两端标有 0 和 10 的量表, 表示视觉疲劳度由不疲劳到最疲劳的不同级别。

1.2 被试选择

大学生男性 50 名, 平均年龄 21.1 岁 (标准偏差 3.6 岁), 全体被试均有日常使用信息终端产品的经验。在实验开始前用石原式色觉异常检查表来检定被测对象是否拥有正常色觉, 之后双方签署一份知情同意书, 并将个人信息交由学校科技委员会保管。所有被试均自愿参加实验, 结束后获得 10 元人民币的实验报酬。

1.3 解析方法

本文为探究不同色彩对人的时间知觉的影响, 引入了 PSE 和 JND 的概念。主观相等点 (Point of Subjective Equality, PSE) 是指以某一刺激作为标准 (实验 1 与 2 皆为白色正方形), 在一连续变化强度的刺激中, 被试主观上认为等于标准刺激的比较刺激值。本文中的主观相等点拥有 50% 的次数判断与标准刺激相等的比较刺激值表示; 基于逻辑斯蒂回归, 其计算公式为:

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp(-a - Bt)} \quad (1)$$

比较刺激 i ($i = \{ \text{图 2 中的 4 种 GUI} \}$) 和呈现时间 PiT ($i = \{ \text{6 种呈现时间} \}$) 与标准刺激相比较, 算出回答“慢”的概率 PiT , 横轴表示呈现时 t , 纵轴表示回答“慢”的概率 P , plot 之后算出逻辑回归曲线。 α 和 β 依据最小二乘法以及 Newton-Raphson 法求出。差别阈限采用最小可觉差 (Just Noticeable Difference, JND), 用 75% 的上差别阈 (DL_u) 减去 25% 的下差别阈 (DL_l) 的 1/2 求得^[8]:

$$DL = (DL_u - DL_l) / 2 \quad (2)$$

1.4 视疲劳的评价方法

本文为解明不同色彩对人视疲劳的影响, 以临界闪光频率为指标, 进行了评价。根据先行研究得知,

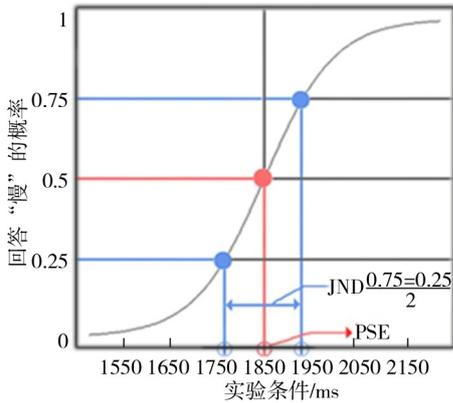


图2 PSE 和 JND 与逻辑回归曲线的关系

Fig.2 The relationship between PSE and JND and logistic regression

临界闪光频率值在每日 18 点左右开始逐渐降低，因此本实验均在上午 10 点进行。实验仪器：劳研 RDF-1 型/SB-8072-30。

测定方法：实验前，让被试看机器内的闪烁光，直到调节感到闪烁光成连续的光时，向主试报告，并记录此次频率值。实验后再进行记录，最后比较实验前后的频率值变化。

显示：Digital LED 3 位；中心光照度：500 lx。

其次，眼球晶状体的调节力能够评价出视疲劳度，本文使用近点距离[T.K.K.504a]测量仪器，在各实验前后，分别对被试进行了测量。测定方法：要求被试调节仪器上的标尺，来确定看得最清楚的数字，然后测量眼睛和数字之间的距离。

1.5 实验 1 结果分析

实验数据由 EXCEL 和 SPSS19.0 统计处理。首先算出 50 人被试的 PSE 和 JND 值，其中由于编号 3 和 17 的被试，对绿色差别感受性明显区别于其他色彩，并且选项过于偏执，无法进行逻辑回归分析，见图 3，因此在统计分析时，将 3 和 17 号被试的数据剔除。

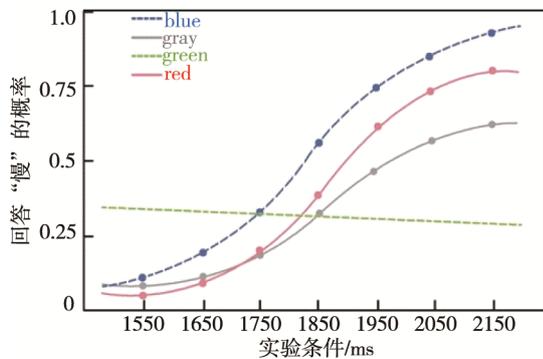


图3 被试 3 号的感受性曲线解析例

Fig.3 Example of logistic regression analysis subjects 3

对 48 名被试进行了时间知觉和差别感受性做 4 (GUI 样式) × 4 (色彩) 的重复测量方差分析，以主

观相等点(PSE)为指标发现 GUI 样式的主效应显著 ($F(3.51=4.04)$, $p=0.012^*$) (*表示 $p<0.05$, **表示 $p<0.01$)，色彩的主效应无显著差异 ($F(3.51=2.428)$, $p=0.76$)。GUI 样式和色彩的交互效应不显著 ($F=1.936$, $p=0.188$)。之后经过多重比较 (Bonferroni 校正)，发现 Rot 和 PB 条件之间 ($p < 0.01^{**}$)；Rot 和 Square 的条件之间 ($p < 0.05^*$)，存在显著差异，见图 4。

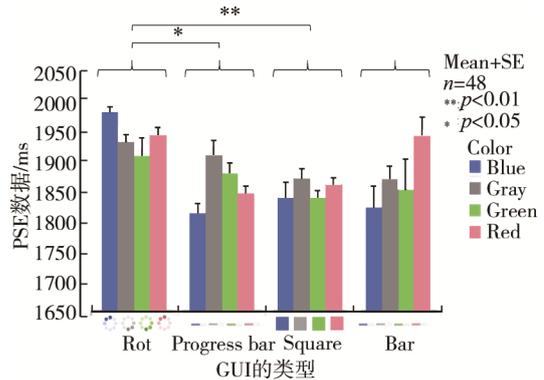


图4 实验 1 的 PSE 统计分析

Fig.4 PSE statistical analysis of experiment 1

以最小可觉差 JND 为指标，发现 GUI 样式对 JND 影响极其显著 ($F(3.48=6.05)$, $p < 0.01^{**}$)，色彩的主效应有明显的显著差异 ($F(3.48=14.22)$, $p=0.76$)。GUI 样式和色彩的交互效应不显著。多重比较 (Bonferroni 校正)，经统计发现 Rot 和 PB 条件之间 ($p < 0.05^*$)；Rot 和 Square 的条件之间 ($p < 0.01^{**}$)；Rot 和 Bar 条件之间 ($p < 0.05^*$) 有显著差异，见图 5。色彩方面，红色和蓝色的条件 ($p < 0.05^*$)；红色和灰色的条件 ($p < 0.05^*$)；红色和绿色的条件 ($p < 0.05^*$)；在差别感受性上有显出差异，如图 5。

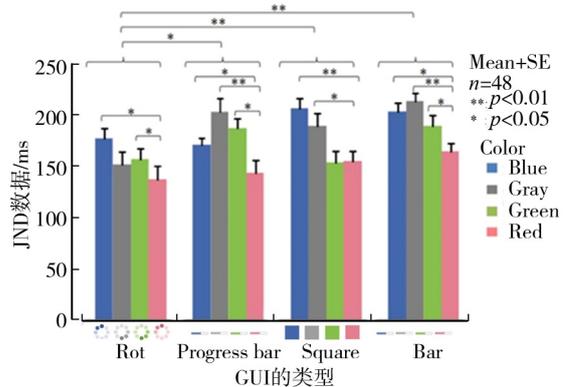


图5 实验 1 的 JND 统计分析

Fig.5 JND statistical analysis of experiment 1

视疲劳评价方面，以临界闪光频率为指标，对比了实验开始前和实验结束后被试的频率值变化，进行了方差分析，并对每个色彩条件进行了 Tukey 的多重比较检定。红色和灰色的条件 ($p < 0.05^*$)；红色和绿

色的条件 ($p < 0.01^{**}$)，在视疲劳的评价指标上，红色和绿色有极显著差异。其次，以调节近点距离变化量为指标，对比了实验开始前和实验结束后被试的近点距离值变化，经统计分析后，没有发现显著差异 ($F(1,12)=1.936$)， $p = 0.188$)。研究对 48 名被试进行了 VAS (Visual Analogue Scale) 主观评价，由于每个被试的数据离差过大，对所有条件实行了 Z-score 标准化。经统计分析得知，各色彩条件对被试的主观评价影响均未发现显著性差异。

2 实验 2 研究方法

2.1 实验 2 材料与程序

实验 1 结果显示，被试对于人机交互等待状态下的 Rot (结束时间不可预测得 GUI 样式) 所知觉到的时间显著低于其他 GUI 样式。但 GUI 转动速度与推测值 (即显示从 0% 至 100% 进程的数值) 的有无对于用户的时间认知态度方面的研究，目前仍未有明确答案，为此实验 2 通过实证研究，明确转动速度与推测值的有无这两个实验条件对于用户时间知觉的影响。

实验 2 由 2 (转动速度快、转动速度慢) \times 6 (时距: 1550 ms, 1650 ms, 1750 ms, 1950 ms, 2050 ms, 2150 ms) \times 2 (有推定值、无推定值) \times 10 次反复，共 240 个试行组成的混合设计。其中比较刺激的具体设计为，比较刺激 A: 转动速度慢，且无推定值，Rot (由 8 个圆盘构成) 按照顺时针的顺序进行明暗闪烁，转动圈数为 2 圈。比较刺激 B: 转动速度慢，且有推定值，转动圈数为 2 圈。比较刺激 C: 转动速度快，无推定值，转动圈数为 4 圈。比较刺激 D: 转动速度快，有推定值，转动圈数为 4 圈，见图 6。实验 2 与实验 1 采用了相同的被试选择与解析方法。

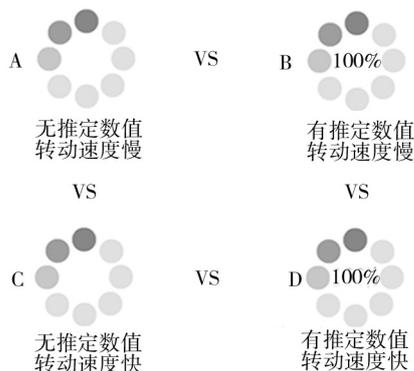


图 6 实验 2 的 GUI 设计
Fig.6 GUI design for experiment 2

2.2 实验 2 结果分析

数据处理的工具和方法与实验 1 相同。首先，对 2 (转动速度快与慢) \times 2 (推定值呈现的有无) 的 PSE 主观相等点进行重复测量方差分析发现，以主观相等

点 (PSE) 为指标发现速度的主效应显著 ($F(1,19)=9.1110$, $p=0.007$)，推定值的主效应存在显著差异 ($F(1,19) = 23.529$, $p=0.000$)，而速度与推定值的交互效应不显著 ($F(1,10)=3.470$, $p=0.078$)。其次，对推定值条件进行多重比较 (Bonferron 校正) 后，发现比较刺激 A 和 B 之间 ($p < 0.05^*$)；C 和 D 的条件之间 ($p < 0.05^*$)，存在显著差异。最后，对转动速度条件进行多重比较 (Bonferron 校正) 后，发现比较刺激 A 和 C 之间 ($p < 0.05^*$)；B 和 D 的条件之间 ($p < 0.05^*$)。

对转动速度、推定值呈现的 JND 最小可察觉值进行重复测量方差分析发现，速度条件的主效应不显著 ($F(1,19)=0.003$)， $p=0.959$)，推定值的主效应不显著 ($F(1,19)=2.004$, $p=0.173$)；另外，转动速度与推定值的交互作用不显著 ($F(1,19)=2.471$, $p=0.132$)，见图 7。

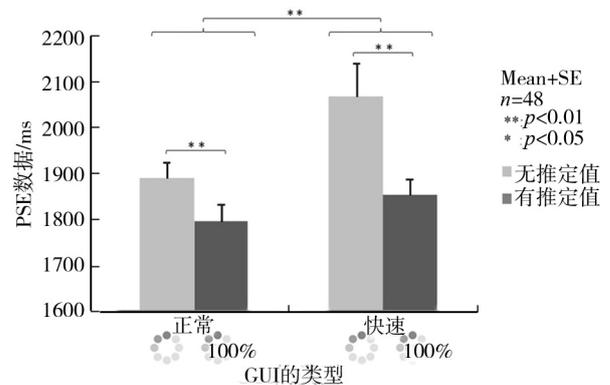


图 7 实验 2 的 PSE 统计分析
Fig.7 PSE statistical analysis of experiment 2

3 讨论

本文通过实证研究，探究了人机交互等待状态下不同 GUI 样式及色彩对用户的时间知觉影响。实验 1 以 PSE 为指标发现，被试在不同色彩单波的作业环境下，时间经过的知觉无显著差异，这点未能与先行研究取得一致的结果。2007 年，Grivel^[8]的研究指出，在 180 s 时间推算的实验下，红色光环境下推算时间显著快于蓝色。关于等待时间的 GUI 样式，Rot (转动速度快，结束时间不可预测) 与其他样式的 GUI 相比，时间感觉过的更快，这与既往研究取得了一致的结果^[9]。以 JND 为指标发现，被试对红色的差别感受性影响要显著强于其他色彩，说明被试对红色的敏感度高，随之觉醒度和注意力也得到提高，能够辨别各比较刺激之间的时间变化。这与先行研究取得了一致的研究结果，2007 年，Ravi Mehta^[3]等人对不同色彩环境下的认知作业效率进行了研究，结果表明红色环境下作业的注意力显著高于其他色彩。

在实验开始和实验完成之后，对被测对象进行了

视觉疲劳度的评价分析后得知,绿色作业环境下,用户的视觉疲劳程度小于红色。千叶大学人机工程实验室的研究报告中指出,VDT(Visual Display Terminal,视觉显示终端)作业中绿色环境对于视疲劳影响小于其他色彩,本文也与此得出了相同有效的结论。而后进行的VAS主观评价,均未发现显著差异。或许是由于实验刺激的呈现时间较短以及被试人数不足的原因所致,今后的研究中还需增加样本数量与延长实验时间进行进一步的验证。

实验2结果显示,转动速度快慢与推定值有无条件对时间知觉产生一定的影响,这一结果说明信息量的大小对于时间知觉加工机制可能是不同的,其中,这是由于信息量面积上过大,引起用户的注意资源分配效率,从而造成知觉时间上的延长。其次,进一步验证了加速度效应对于缓解用户的等待认知态度方面具有一定的积极效应。

4 结语

本文基于实验心理学的恒地刺激法与生理评价的协同优化研究,通过实证研究、数据分析等研究工作,其研究成果针对交互设计师通过设计手段解决交互等待时间过长等问题,具有现实指导意义。

构建了基于实验心理学与生理评价交织优化与优势互补的实验程序与方法,可面向设计实证的研究提供参考。用户对于Rot(转动速度快且结束时间不可预测)所知觉到的时间显著低于其他GUI样式。用户对红色的差别感受性要显著高于其他色彩;用户在绿色环境下进行作业,视疲劳程度显著低于其他色彩。信息量的多和少分别引起等待时间的长和短。推定值与Rot的组合设计,使得用户的注意资源分配易受到信息量的干扰,进而导致知觉的时间延长。

参考文献:

- [1] 毕翠华. 工作记忆的存储时间及目标时距对时间知觉的影响[J]. 心理科学, 2016, 39(4): 801—806.
BI Cui-hua. The Effect of Working Memory Storage Time and Target Time Distance on Time Perception[J]. Journal of Psychological Science, 2016, 39(4): 801—806.
- [2] NIELSEN J. User Interface Directions for the Web[J]. Communications of the AMC, 1999(42): 65—72.
- [3] MEHTA R, ZHU R. Blue or Red? Exploring the Effect of Color on Cognitive Task Performances[J]. Science, 2011, 323(18): 1226—1229.
- [4] 贾丽娜. 情绪性时间知觉: 具身化视角[J]. 心理学进展, 2015, 23(8): 1331—1339.
JIA Li-na. Emotional Time Perception: an Embodiment Perspective[J]. Advances in Psychological Science, 2015, 23(8): 1331—1339.
- [5] 濮冰燕. 认知老化对于老年人决策过程的影响: 动机的调节作用[J]. 心理发展与教育, 2016, 32(1): 114—120.
PU Bing-yan. Older Adults Decision Process in the Context of Cognitive Aging Motivation as a Moderator[J]. Psychological Development and Education, 2016, 32(1): 114—120.
- [6] NAHA F F. A Study on Tolerable Waiting Time: How Long are Web Users Willing to Wait?[J]. Behavior & Information Technology, 2004, 23(3): 153—163.
- [7] WEASANDS L. Blind Sight: Not an Island Itself[J]. Current Directions in Psychological Science, 1995, 4(5): 146—151.
- [8] GRIVEL J, BERNASCONI F. Dynamic Calibration of Our Sense Time[J]. Neuropsychologia, 2011(49): 147—150.
- [9] KLAVER P, TALSMA D. Behind the Scenes: How Visual Memory Load Biases Selective Attention during Processing of Visual Streams[J]. Psychophysiology, 2013(50): 1133—1146.