

基于眼动追踪技术的购票网站可用性设计研究

潘飞, 姜可, 王东琦
(北京理工大学, 北京 100081)

摘要: **目的** 通过可用性评估发现购票网站的可用性问题, 并进行改良设计, 提升购票网站界面的操作有效性和操作效率, 提升用户对网站的满意度。**方法** 基于眼动追踪实验和系统可用量表 (SUS) 构建界面可用性评估模型。以新版 12306 购票网站购票过程为例, 通过眼动实验获取用户的眼球运动信息的注视热点图和注视轨迹图, 对界面进行定量分析; 通过 SUS 和用户访谈获取用户购票过程中的主观感受, 对界面进行定性分析。利用 Axure 软件对网站界面进行改良设计, 并使用评估模型对改良方案进行可用性评估。**结果** 改良方案的操作总用时缩短, 操作成功率明显提升, SUS、可学性以及可用性得分均有显著提高。**结论** 可用性评估模型可以有效发掘交互界面中的可用性问题, 并指导界面的改良设计, 可以为相关界面设计提供参考。

关键词: 交互设计; 可用性测试; 眼动追踪; 改良设计; 购票网站

中图分类号: J524 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)24-0243-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.24.036

Usability Design of Ticket Purchase Website Based on Eye Tracking

PAN Fei, JIANG Ke, WANG Dong-qi
(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: The work aims to conduct improved design by finding the usability of the ticket-purchasing website through usability evaluation to improve the operational effectiveness and operational efficiency of the ticket-purchasing website interface and improve the user's satisfaction with the website. Based on the eye tracking experiment and System Availability Scale (SUS), an interface usability assessment model was built. Taking the new 12306 ticket purchase website ticketing process as an example, the eye movement experiment was used to obtain the gaze hotspot map and the gaze trajectory map of the user's eye movement information, and the interface was quantitatively analyzed. The subjective process of the user purchase ticket was obtained through SUS and user interview and the interface was qualitatively analyzed. The Axure software was used to improve the design of the website interface and the evaluation model was used to evaluate the usability of the improved solution. The total operation time of the improved scheme was shortened, the operation success rate was significantly improved, and the SUS, the learnability and the usability score were significantly improved. The usability assessment model can effectively explore the usability issues in the interactive interface and guide the improved design of the interface, which can provide reference for related interface design.

KEY WORDS: interactive design; usability testing; eye tracking; improved design; ticket website

现阶段, 互联网购票已经成为人们的主要购票方式。截至 2015 年底, 网站注册用户数量已超过两亿, 高峰日售票量占到全路各售票渠道交易总额的 70 % 左右^[1]。互联网购票比例的逐渐提高, 使得各互联网

购票终端的可用性问题突显出来。在 2018 年 11 月 3 日, 改版后 12306 网站正式上线运营。新版 12306 网站上线的初期, 是对网站进行可用性测试的最佳时期, 较易从用户的首次使用中发现新版网站中仍然存

收稿日期: 2020-09-26

作者简介: 潘飞 (1994—), 男, 山东人, 北京理工大学硕士生, 主攻产品设计和交互设计。

通信作者: 姜可 (1969—), 女, 湖南人, 北京理工大学教授, 主要研究方向为通用设计、设计理论与设计方法。

表 1 测量指标
Tab.1 Test index

指标	描述/解释
总注视次数	越少，表示搜索效率越高
注视持续时间	越短，表示提取信息越容易或目标不吸引人
凝视时间	界面所有注视时间的总和，是比较不同目标上注意分配情况的最佳指标
注视空间密度	单位面积内的注视点数量越多，搜索效率越高，也表明这个区域是关键区域
目标注视率	目标的注视次数以除以总注视次数，比例越高，搜索效率越高
注视顺序	反映了被试者的兴趣变化过程，也反映了被试者对不同区域关注度的变化

在的可用性问题。针对界面的可用性测试，提出基于眼动追踪技术和可用性量表的评估模型，通过定量和定性分析相结合的分析方法，提高评估准确性和设计可靠性^[2]。

1 基于眼动追踪实验和 SUS 的可用性评估模型

1.1 眼动追踪测量指标

眼动追踪技术可以精确地捕捉用户的眼球运动信息，并将其转化为量化图表^[3]。通过眼动实验数据，可以对界面的可用性进行定量分析。

本实验主要获取用户使用产品时眼睛的注视热点图和注视轨迹图。通过注视热点图和注视轨迹图，可以得到被试者的总注视次数、注视持续时间、凝视时间等测量指标，不同的数据体现了被试者不同的使用信息，测量指标见表 1^[4]。

1.2 系统可用性量表

系统可用性量表由 John Beooke 最初发表于 1986 年，总共包括十个问题，其中五个积极描述和五个消极描述^[5]。组成 SUS 的十个问题，每个问题分值从一分到五分，当被试者做完一系列任务后，就可以快速对系统可用性量表进行打分。由公式(1)计算可得 SUS 得分。

$$G=2.5(S_{奇}-S_{偶}+20)$$
 (1)

Lewis 和 Sauro 将其中八个问题归类于“可用性”，另外两个问题为“可学性”^[6]。其中，第四和第十项构成的量表为“可学性”，其他八项构成的量表为“可用性”。为了使其分数能够与整体系统可用性量表分数兼容，规定分数范围是零分至一百分。由公式(2)(3)计算可得。

$$G_{可用性}=12.5(n_4+n_{10}-2)$$
 (2)

$$G_{可学性}=3.125(G-n_4-n_{10}+2)$$
 (3)

1.3 可用性评估模型

眼动在人体视觉生理指标中可以客观、实时的反映用户的认知处理过程，通过眼动追踪技术可以帮助记录快速变化的眼睛运动数据^[7]。通过眼动实验可以直观而全面地获得用户眼动在时间和空间上的变化

数据。Tullis 等人研究表明，在样本量有限时，SUS 可以最快评估界面的可用性^[8]。SUS 结合用户访谈能够获取用户对于界面的可用性意见。

结合眼动实验和可用性量表，构建界面可用性评估模型。利用眼动追踪实验对用户的有效性和操作效率进行定量分析，利用可用性量表对用户满意度进行定性分析，两者结合可以综合评估交互界面的可用性，并为界面的改良设计提供依据。

2 实验设计

2.1 实验仪器与人员安排

采用瑞典 Tobii 公司的 Tobii X60 眼动仪，采样率为 60 Hz，最大扫描角度为 35°，检测范围为 44 cm×22 cm×30 cm，最大检测头动速度为 35 cm/s，以及配套的 Tobii Studio 眼动数据分析软件进行实验。实验用电脑屏幕为 Dell 19 英寸显示器，分辨率为 1280×1024。

实验人员共五名，安排如下：主持人一名，负责介绍实验并引导实验进行；计时员一名，记录被试者完成任务的用时；计次员一名，负责记录被试者完成任务过程中鼠标点击的次数，摄像员一名，负责实验过程中的拍照和录像；实验助理一名，负责协助被试者和其他工作人员完成实验。

实验被试：招募十位被试者（五男五女），实验之前一年内未使用过 12306 网站进行购票，且均未使用过新版 12306 网站购买火车票。

2.2 实验任务设计

针对 12306 网站的购票过程设计具体的操作任务，共制定五项测试任务，具体如下：（1）在 12306 网站首页找到购票窗口，查询 2018 年 12 月 12 日北京站到天津站的火车；（2）浏览查询到的车次，选择 18:00-20:00 时间段，购买 18 点后最早到天津南的城际火车票口述所选车次信息，并预定；（3）登录 12306 账号，输入由实验人员提供的统一账号、密码进行登录；（4）添加乘客，提交订单；（5）确认订单，支付订单。在完成眼动实验后，为被试者发放 SUS 问卷，该问卷问题由标准系统可用性量表更改而来。

3 实验结果分析

3.1 实验数据分析

3.1.1 眼动实验操作数据统计

被试者眼动实验操作见表 2，记录了十位被试者完成每项任务的用时和完成每项任务过程中鼠标点击的次数，以及其每项任务的总完成率和总点击量。

3.1.2 实验分析

认知心理学研究表明，当人搜索信息时，人可以在 200~250 ms 内快速完成视觉搜索，这个过程是被动的，基本不受意识控制。其中首次注视时间被认为是测量无意识行为最有效的指标^[9]。任务一中虽然点击次数多，但是用时较短，说明点击选择的选项较符合用户的操作逻辑，用户能较快完成选择。从表中的数据对比，可以看到任务二用时较长，但操作点击数较少，远远超出首次注视时间的标准，说明任务二中

存在较多浏览信息，且视觉信息搜索效率不高。任务三、四、五点击次数较多且用时较长，说明存在较多点击选择选项，操作步骤繁琐。

车票查询页注视轨迹见图 1，以车票查询页注视轨迹图为例，对页面进行定量分析。由于页面搜索选项重点不突出，导致用户注视点分散，注视路径交错。被试者注视空间信息密度较大，但总注视时间较长，且页面中车次、时间等用户最关心点的目标注视率较低，表明其搜索行为存在障碍。

3.2 系统可用性量表数据分析

收集十名被试者的打分后，经统计计算出 SUS 得分、“可用性”得分和“可学性得分”，系统可用性量表分数见表 3。根据计算得分，结合系统可用性分数释义可知，新版 12306 网站的可用性介于 poor-ok 之间，可用性得分较低，仍有较大的改良设计空间。

试验结束后对被试者进行访谈，选择提及频率较高的可用性问题进行分析：Banner 图过于杂乱，扰乱用户视线；车次信息过于密集，使用户寻找特定信息吃力；车次历时时间不明确，容易让用户与到站时间产生混淆；广告抢占视觉重心，干扰用户寻找信息；微信和支付宝作为现在使用频率最高的两种支付方式，在页面中位置不明显，延长了用户的支付时间。

3.3 小结

基于眼动实验数据和 SUS，对新版铁路 12306 购票网站交互界面进行可用性评估，结果如下：（1）操作有效性问题，界面信息排版密集，不同信息区分度较低，影响用户操作选择；（2）操作效率问题，界面的重点不突出，用户视线分散，页面布局架构不符合用户使用习惯；（3）用户满意度问题，界面色彩杂乱，广告视觉占比较大，操作成功率一般。

表 2 被试者眼动实验操作
Tab.2 Eye movement experiment operation of subjects

任务	平均	总计	平均正确操作率/%
任务一	用时 (s)	18.5	185.3
	总点击次数	6.9	69
任务二	用时 (s)	34.1	341.1
	总点击次数	3.8	38
任务三	用时 (s)	33.3	332.5
	总点击次数	6	60
任务四	用时 (s)	35.9	358.9
	总点击次数	4.8	48
任务五	用时 (s)	34.8	348.3
	总点击次数	3.5	35

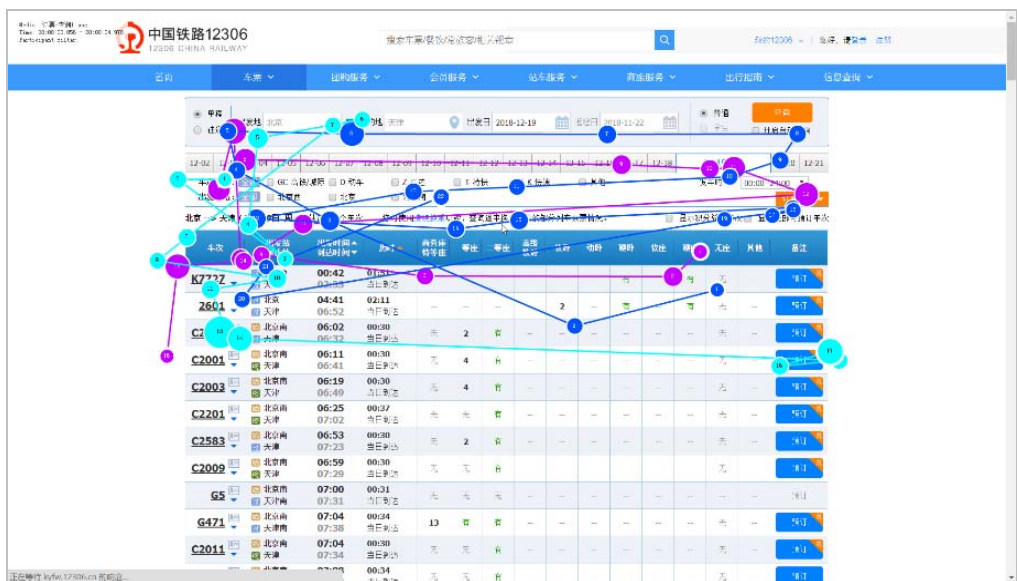


图 1 车票查询页注视轨迹
Fig.1 Gaze track map of ticket inquiry page

表 3 系统可用性量表分数
Tab.3 Score statistics of system usability scale

被试者	SUS 得分	可用性得分	可学性得分
1	35.0	25.0	75.0
2	47.5	40.6	75.0
3	57.5	50.0	87.5
4	37.5	28.1	75.0
5	55.0	46.9	87.5
6	45.0	37.5	75.0
7	65.0	56.3	100.0
8	67.5	65.6	75.0
9	35.0	34.4	37.5
10	55.0	53.1	62.5

4 铁路 12306 购票网站界面改良设计

4.1 界面改良设计

针对上述评估结果,使用 Axure8.0 软件对铁路 12306 网站的界面界面进行改良设计。改良设计主要针对界面操作有效性、操作效率以及用户满意度,三方面进行设计。限于篇幅,只列举部分设计改良方案。

针对操作有效性对车票查询页界面进行改良设计,车票查询页面的改良设计见图 2:搜索条件栏,将车票搜索条件排布在页面中,便于用户对车票进行精确搜索,减少冗余信息浏览量;车次信息栏,将车次的详细信息进行清晰的罗列,基础信息字体大小采用 16px,车次、车站、余票信息等信息字体大小采用 18px 加粗,强化有效信息的显示,减少用户的信息搜寻压力。页面色彩搭配,主色调采用明度和饱和度较低的色彩,给人冷静、思考的感觉;将 20%透明

度的主色作为辅助色,对车次进行区分,使其条目清晰^[10]。针对视力低能人群,当鼠标点击车次时,将唤醒提示框,提示框内将车次相关信息放大显示,提高视力低能人群的信息搜索有效性。

针对界面的操作效率问题对支付页面进行改良设计,支付页面改良设计见图 3:精简支付方式排布,支付方式分为微信、支付宝、银联支付三种,将页面信息更精确传达;直接生成支付二维码,避免页面间的跳转,提高支付便捷性,减少操作步骤,提高操作效率。精简支付说明信息,避免信息杂乱,干扰用户视线。

对用户满意度的提升,主要针对视觉满意度以及可用性满意度对界面进行改良设计。统一界面的色彩风格,采用饱和度和明度较低的色彩,避免高饱和度、高明度的色彩使用户产生视觉疲劳,提高界面的视觉满意度。利用最佳视域设计原则^[11],对界面信息排版逻辑进行设计,保证用户对信息有较高的视觉认读效率;简化页面信息罗列,明确页面信息的表意,采用通用的交互逻辑,提高界面的可用性满意度。

4.2 改良方案评估

为了避免测试中的练习效应对眼动实验的干扰^[12],重新招募十名被试,其在一年内未使用 12306 网站进行购票,且未使用过新版 12306 网站购票,通过眼动追踪实验对改良方案进行可用性测试。改良界面任务数据对比见表 4,改良方案的操作效率明显高于现有界面,总访问时间明显小于现有界面。

被试者对改良方案进行 SUS 打分,改良界面 SUS 得分对比见表 5,被试者对于改良方案的评分比现有界面有显著提高。

综上所述,改良方案的购票界面可用性显著高于



图 2 车票查询页面的改良设计
Fig.2 Improved design of ticket query page



图 3 支付页面改良设计
Fig.3 Improved design of payment page

表 4 改良界面任务数据对比

		原界面		改良界面	
		总计	正确率/%	总计	正确率/%
任务一	用时（s）	185.3	72	140.4	86
	总点击次数	69		58	
任务二	用时（s）	341.1	53	268.5	71
	总点击次数	38		28	
任务三	用时（s）	332.5	83	230.8	85
	总点击次数	60		59	
任务四	用时（s）	358.9	63	320.5	68
	总点击次数	48		44	
任务五	用时（s）	348.3	86	277.9	80
	总点击次数	35		25	

表 5 改良界面 SUS 得分对比

	现有界面	改良界面
SUS 得分	50	75
可用性得分	43.75	65
可学性得分	75	80

现有铁路 12306 购票网站，验证了基于眼动追踪技术和 SUS 构建的可用性评估模型，在购票网站界面可用性测试和改良设计中的可行性。

5 结语

在购票网站界面可用性设计研究中，为了使设计能够更好地符合用户的认知和操作习惯，使用眼动追踪技术和可用性量表构建可用性评估模型，采用定量和定性的分析方法，可以较好地发现界面中的可用性问题。基于评估模型的网站改良方案有效提高了界面的操作有效性和操作效率，提升了用户对网站的满意度。

参考文献：

[1] 郝晓培, 单杏花, 杨立鹏. 基于大数据技术的铁路互联网售票异常用户行为分析研究与实现[J]. 铁路计算机应用, 2017, 26(5): 1-4.
HAO Xiao-pei, SHAN Xing-hua, YANG Li-peng. Analysis of Abnormal User Behavior of Railway Internet Ticketing Based on Big Data Technology[J]. Railway Computer Application, 2017, 26(5): 1-4.

[2] 李晓英, 周大涛, 黄楚. 基于眼动追踪的自助挂号机界面可用性设计研究[J]. 机械设计与制造, 2018(8): 145-148.
LI Xiao-ying, ZHOU Da-tao, HUANG Chu. Interface Usability Design of Self-Service Registration Device Based on Eye Tracking[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2018(8): 145-148.

[3] 陈庆荣, 周曦, 韩静. 眼球追踪：模式、技术和应用[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(10): 10-15.
CHEN Qing-rong, ZHOU Xi, HAN Jing. Eye Tracking: Pattern, Technology and Application[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2012, 31(10): 10-15.

[4] 郑玉玮, 王亚兰, 崔磊. 眼动追踪技术在多媒体学习中的应用：2005-2015 年相关研究的综述[J]. 电化教育研究, 2016, 37(4): 68-76.
ZHENG Yu-wei, WANG Ya-lan, CUI Lei. The Application of Eye Tracking Technology in Multimedia Learning: A Review of Related Research from 2005 to 2015[J]. E-education Research, 2016, 37(4): 68-76.

[5] JOHN B. SUS: A Retrospective[M]. America: Journal of Usability Studies, 2013.

[6] JEFF S. Quantifying the User Experience[M]. Morgan Kaufmann: American, 2012.

[7] 刘青, 薛澄岐. 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(2): 331-334.
LIU Qing, XUE Cheng-yu. Evaluation of Interface Usability Based on Eye Tracking Technology[J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition, 2010(2): 331-334.

[8] TULLIS T. A comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability Proceedings of UPA 2004 Conference[J]. Minneapolis Minnesota, 2004(9).

[9] JAN T. A New Estimation of the Duration of Attentional Dwell Time[J]. Psychonomic Bulletin & Review, 2004, 11(1).

[10] 王勇, 董轩志. 基于用户体验视角下的网页视觉传达设计研究[J]. 包装工程, 2013, 34(24): 14-17.
WANG Yong, DONG Xuan-zhi. Web Visual Communication Design Based on User Experience[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(24): 14-17.

[11] 权千发, 王学. 提供最佳视域的网页视觉传达设计[J]. 新闻战线, 2016(2): 127-128.
QUAN Qian-fa, WANG Xue. Visual Communication Design of Web Pages Providing the Best Vision[J]. News Front, 2016(2): 127-128.

[12] 莫文. 心理学实验中的各种效应及解决办法[J]. 实验科学与技术, 2008, 6(6): 118-121.
MO Wen. Certain Effects& Solutions in Psychology Experiment[J]. Experiment Science and Technology, 2008, 6(6): 118-121.