

自适应界面视觉搜索认知特性研究

瞿 珏^{1,2}, 朱 帅², 王 巍², 李芳正², 胡 波²

(1. 西北工业大学航空学院, 陕西西安 710072; 2. 空军工程大学防空反导学院, 陕西西安 710051)

摘 要: 自适应界面中经常遇到调整界面项目区域位置和增大区域面积, 吸引用户注意, 提高交互效率的情况. 本文对自适应界面项目区域位置变化和区域面积增大过程中人的认知特性进行了研究, 为自适应界面设计提供依据. 设计了工效学实验, 使界面自适应项目在中间位置和其他位置进行随机切换, 界面自适应项目在原面积界面和增大面积界面之间随机切换, 模拟界面元素的自适应过程, 要求被试完成视觉搜索任务, 记录被试反应时间和正确率. 研究表明, 在区域位置随机切换条件下, 变化方向(上下左右)、变化距离对反应时间均有显著影响; 由反应时间随距中心位置距离变化曲线图, 眼动热点图, 发现被试者对上下方向的变化更敏感; 在本文实验条件下, 界面项目上下方向自适应变化距离不能超过该方向屏幕尺寸的 15%, 左右变化不能超过该方向屏幕尺寸的 25%; 当增大的面积大于原面积的 125% 时, 动态切换因素对反应时间影响显著, 所以增大的面积不能超过原面积 100%.

关键词: 人机工效; 自适应界面; 眼动追踪; 认知特性

中图分类号: TJ768.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2021)02-0338-08

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.12263/DZXB.20190286

Research on Visual Search Cognitive Characteristics of Adaptive Interface

QU Jue^{1,2}, ZHU Shuai², WANG Wei², LI Fang-zheng², HU Bo²

(1. School of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China;

2. Air and Missile Defense College, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China)

Abstract: In order to attract users' attention and improve the efficiency of interaction, adjusting the position and increasing the area of interface elements is very common in adaptive interface. In this paper, we studied the cognitive characteristics of people in the process of the change of regional location and the increase of regional area of the adaptive interface, which provides guidelines for the design of the adaptive interface. Ergonomics experiments were designed to make the interface adaptive items randomly switch between the middle position and other locations, as well as the original area interface and the enlarged area interface. The subjects were asked to complete the visual search task, and the reaction time and accuracy of the subjects were recorded. The results show that the direction (up, down, left and right), and the distance have significant effects on the reaction time. The eye movement heatmap shows that subjects are more sensitive to change in the direction of the up and down. Under the experimental conditions, the adaptive change distance of the interface items in the up and down directions can not exceed 12.5% of the screen size; the change distance cannot exceed 25% of the screen size in the direction of left and right. When the increase is greater than 125% of the original area, the dynamic switching factor has a significant effect on the reaction time, so the proportion of area increase can not exceed 100%.

Key words: ergonomics; adaptive interface; eye-tracking; cognitive characteristic

1 引言

随着信息技术的发展, 人与计算机交互的信息量飞速增长, 极大增加了人的认知负荷; 此外, 用户对交互个性化需求越来越多样化. 传统的固定式图形用户界面已经不能很好地满足用户个性化的交互需求, 无

法准确醒目地将当前时刻用户最需要的信息呈现在人机交互设备上, 增加了用户的搜索辨识负荷. 因此, 设计一种能够实现信息量的智能输出, 并满足用户个性需求的自适应界面显得尤为重要^[1].

自适应界面是充分利用计算机强大的计算能力, 记录用户交互上下文, 预测用户的交互意图, 自动调整

界面元素的人机交互界面^[2]。自适应界面采用“人+计算机”的模式,利用计算机的计算能力,既能预测交互意图,实现信息量的智能输出,同时也能满足不同交互需求,改变界面样式,达到降低人机交互负荷的目的。而单纯依靠人的某一生理特征(如眼动数据、脑电数据、手势等)进行交互,无疑会加大这一交互通道的负荷,而其他的交互通道则被闲置,没有得到很好的利用^[3]。所以,在预测用户意图过程中应该同时捕捉用户多方面的信息,提高预测的准确性。

自适应界面的实现主要分为两个部分。一是准确预测用户的交互意图,其核心是从系统自动记录交互上下文信息、眼动数据、脑电数据等信息中,提取有效特征,对交互意图进行分类预测^[4]。二是自适应界面可视化组件设计以及新型显示技术的应用。本文主要着眼于自适应界面可视化组件设计,研究不同自适应变化规律下人的视觉搜索特性和认知特性,为自适应界面设计提供指导。

关于自适应界面可视化组件设计,大量的研究集中在特定领域的个性化界面定制和推荐等方面。如医疗领域,针对不同用户(医生、护士)等呈现不同的界面^[5],In-Jee Song, Sung-Bae Cho^[6]在家庭环境中,运用贝叶斯网络和行为网络设计了一种基于环境、用户状态的自适应用户界面;在电力系统中,根据调度员的类型、任务特点、喜好等提供不同的界面样式^[7]等。关于自适应界面动态变化规律的研究较少。当前研究集中在结合用户使用频次和最近使用情况,动态调整界面元素布局等。如郑璐^[8]研究了手机通讯录自适应。根据联系人的使用频率,自顶端到低端由高到低排列。实验表明,与固定界面相比,降低了用户的搜索负荷。喻纯等^[9]基于自适应光标的图形用户界面研究表明获取目标的时间缩短了 27.7%,显著提高了图形用户界面的输入效率。刘骅^[10]研究了自适应、固定和自定义三种鼠标控制显示增益对用户操作的影响,并构建了新的自适应鼠标控制显示增益。Sears 和 Shneiderman^[11]在计算机下拉菜单中采用了分栏的方式,用一条水平的横线把菜单分开,并把自适应菜单项移动至菜单的上部,非自适应项目保持不变,结果得到了很好的操作绩效和用户满意度。但是,关于自适应界面元素变化规律的研究,即在什么情况应该采用什么方式来对界面显示的内容自适应,并不清楚。

文献[12~14]讨论了诸多背景下的自适应界面。自适应过程伴随监测用户状态、系统任务和当前状态要求。Cockburn 等^[15]用数学模型预测出过多的变化会导致用户操作绩效下降, Bridle 等^[16]也强调了稳定性的重要性,但针对这个属性还需要进一步研究; Talia Lavie, Joachim Meyer^[17]分析了自适应界面的优缺点,设置了四种不同的自适应水平,不同的任务模式,熟悉情景

和不熟悉情景等多种状态,进一步研究不同自适应方式的适用条件。

本文着眼于自适应界面变化过程,研究界面自适应项目在界面不同位置调整改变过程以及自适应项目面积变大过程中人的认知特性,为自适应界面的设计提供指导。

2 实验设计

2.1 被试

40 名受试者均为本校大学生,女生 15 名,年龄为 18~26 岁,均为右利手,身体健康、矫正视力正常,无色盲、色弱等现象。所有测试对象均未接触过同类实验。

2.2 实验设备

实验设备包括处理器为 core i7 的联想扬天 T4900v-00 主机一台, SMI 眼动仪。

2.3 实验界面及实验任务

本文对自适应项目位置变化条件下和面积变大条件下人的视觉搜索认知特性分别进行了研究,为自适应界面设计提供全面的指导。

2.3.1 交互项目位置变化实验

本文根据某型装备指挥控制舱内显示屏幕尺寸,确定界面区域(即显示屏幕)尺寸为 15 英寸 4:3 显示界面,以黑色边框代表屏幕边界。同时确定界面黑色矩形项目(模拟界面内某一交互项目)的尺寸为 100mm × 80mm,被试均需要在黑色矩形区域内搜索“绿色三角形”,并输入三角形个数,以排除界面背景、目标颜色及形状对实验的影响。界面黑色矩形项目位置在上(up)、下(down)、左(left)、右(right)四个方位变化。实验界面如图 1 所示。

黑色矩形项目位置每次变化必须大于等于自身在给定方向(上下左右)尺寸的 50%,必须大于等于显示屏幕在给定方向尺寸的 10%。黑色矩形项目从中心位置分别向上、下、左、右 4 个方向变化,每个方向分别有 5 个距离变化水平,分别为 up_15% (15% 为位置变化距离相对于给定方向显示屏幕尺寸百分比,即黑色矩形项目向上移动该方向屏幕尺寸的 15%,下同), up_20%, up_25%, up_30%, up_35%; down_15%, down_20%, down_25%, down_30%, down_35%; left_15%, left_20%, left_25%, left_30%, left_35%; right_15%, right_25%, right_37.5%。本文只考虑黑色矩形项目从中心位置向四个方向变化,不考虑黑色矩形项目在四个方向之间以及方向之内变化。每个实验条件下,黑色矩形项目在中心位置和相应条件位置下等概率切换,模拟界面元素位置自适应。设置对照组,即黑色矩形项目只在固定位置呈现。

2.3.2 交互项目区域面积增大实验

单个实验包含 10 个原界面, 10 个面积增大界面,共

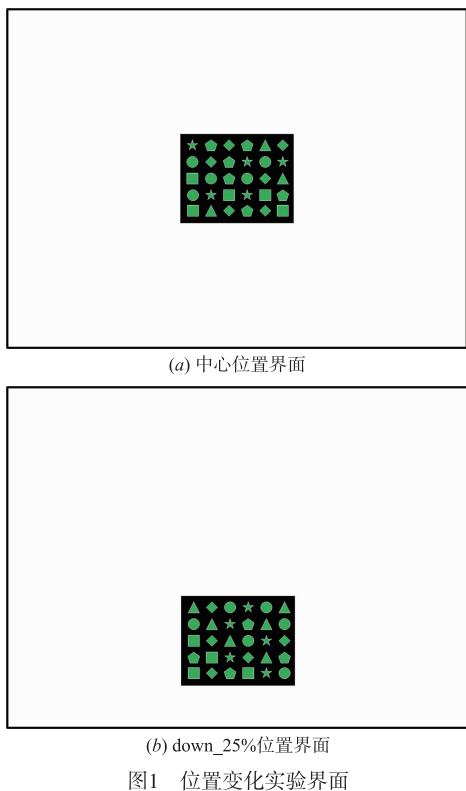


图1 位置变化实验界面

计 20 个“绿色三角形”搜索任务. 实验界面在原界面和增大界面之间随机切换, 充分模拟自适应交互项目面积变大的情景, 面积增大 25% 的界面如图 2 所示. 同时设置实验对照组, 即被试仅完成黑色矩形项目增大相应比例后的视觉搜索任务, 对照组单个实验包含 10 个视觉搜索任务. 每名被试需要完成实验组和对照组, 总共 240 次“绿色三角形”视觉搜索任务 (实验组 160 次, 对照组 80 次), 同时也排除了界面背景、目标颜色及形状对实验的影响. 实验前保证被试休息良好, 实验每进行 5 分钟, 休息 15 分钟, 使被试始终处于最佳状态, 同时消除被试的记忆效应. 实验正确率要求 95% 以上.

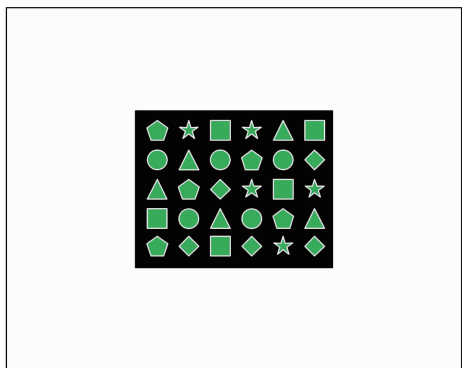


图2 面积增大25%界面

2.4 实验步骤

单个实验由实验指导语开始, 向被试简要介绍实

验任务, 然后依次呈现注视点红色“+”号, 实验界面和反馈界面. 单个实验的具体流程如图 3 所示.

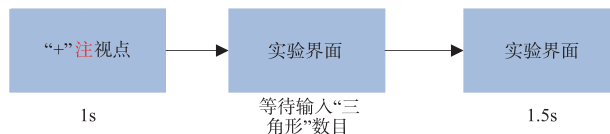


图3 单个实验步骤

每名被试正式实验前, 需进行 5 次练习实验, 明确本实验的任务和流程之后, 正式开始实验. 每间隔 15 分钟, 中间休息 5 分钟. 保证被试保持最佳状态. 实验正确率要求在 95% 以上.

3 位置变化实验数据分析

本文首先进行固定位置的多维交互效应方差分析, 研究固定位置反应时间是否存在差异. 两个实验变量: 方向 Direction (上、下、左、右) × 变化距离 Distance (15%、20%、25%、30%、35%), 外加中间位置, 共计 21 个固定位置.

3.1 静态位置操作绩效分析

被试在静态界面实验条件下的平均反应时间 (Mean RT) 和标准差 (STDEV), 如表 1 所示.

表 1 静态条件平均反应时间 & 标准差 ($n=40$)

Direction	Distance	Mean RT	STDEV
up	15%	5039.440	1025.374
	20%	5214.238	1451.218
	25%	5137.722	1287.461
	30%	5233.608	1396.203
	35%	5304.527	1557.181
down	15%	5133.693	1192.033
	20%	5075.743	1598.239
	25%	5266.214	1466.028
	30%	5388.602	1307.461
	35%	5196.423	1288.259
left	15%	5113.736	1492.254
	20%	5211.105	1321.071
	25%	5249.621	1513.287
	30%	5337.214	1411.331
	35%	5122.695	1299.065
right	15%	5169.274	1423.203
	20%	5314.022	1183.713
	25%	5330.291	1512.458
	30%	5251.305	1416.071
	35%	5098.319	1207.453

以方向 Direction(上、下、左、右)和变化距离 Distance(15%、20%、25%、30%、35%)作为影响平均反应时间(Mean RT)的两个因素,运用 SPSS25.0 软件,进行多维交互效应方差分析,结果如表 2 所示。

表 2 静态条件下各因素对反应时间的显著性分析($n=40$)

Factors	F	P
Direction	0.0361278	0.79
Distance	0.0196431	1.22
Direction * Distance	0.0235409	0.91

由表 2 可见,方向(Direction)对反应时间的影响不显著, $F_{(3,37)} = 0.036, P = 0.79$;变化距离(Distance)对反应时间的影响不显著, $F_{(2,38)} = 0.019, P = 1.22$;方向和变化距离的交互效应对反应时间的影响不显著, $F_{(5,35)} = 0.024, P = 0.91$ 。所以不考虑方向和变化距离对反应时间的影响。

对中间位置和其他位置做进一步单因素方差分析,结果见表 3。

表 3 中间位置和其他位置单因素方差分析

差异源	d	MS	F	P
组间	1	140752.0581	0.097	0.315
组内	35	1175830.219		
总计	36			

由表 3 可见中间位置和其他位置之间反应时间差异不显著。

通过以上分析可以得到,界面项目在不同位置条件下,反应时间的差异不显著。可以认为各个位置之间是没有差别的。分析原因:虽然被试在各个位置之间进行视觉搜索的姿势舒适度、观察效率存在不同,但是由于本文设计的实验交互任务较为简单,被试能够克服这些不利因素,正常完成实验任务,在短时间内不会影响实验任务的完成,所以,各位置条件下反应时间并未有显著差异。

3.2 位置变化条件下操作绩效分析

在界面切换条件下,将切换方向(Direction,上、下、左、右)和切换距离(Distance,15%、20%、25%、30%、35%)作为影响反应时间的两个因素,进行多维交互效应方差分析。被试在界面动态变化条件下的平均反应时间(Mean RT)和标准差(STDEV)如表 4 所示。

以变化方向 Direction(up, down, left, right)和变化距离 Distance(15%、20%、25%、30%、35%)为影响反应时间的两个因素,进行多维交互协方差分析,如表 5 所示。

由表 5 可见,变化距离对反应时间影响显著, $F_{(3,37)} = 2.135, P = 0.01$ 。变化方向对反应时间影响显著, $F_{(2,38)} = 15.648, P = 0.01$,变化距离和变化方向的交互作用对反应时间影响不显著, $F_{(5,35)} = 0.164, P = 0.75$ 。

表 4 动态变化条件下平均反应时间 & 标准差($n=40$)

Direction	Distance	Mean RT	STDEV
up	15%	5207.328	1271.463
	20%	5196.314	1539.374
	25%	5720.194	1706.585
	30%	6603.278	2141.196
	35%	6922.593	2558.024
down	15%	7307.460	1307.916
	20%	5207.328	1491.536
	25%	5328.714	1538.010
	30%	5691.032	1835.649
	35%	6429.483	2064.317
left	15%	6801.274	1298.305
	20%	7136.204	1463.575
	25%	5207.328	1302.308
	30%	5297.483	1981.493
	35%	5374.701	1834.516
right	15%	5415.465	1388.670
	20%	5733.109	1562.154
	25%	6407.528	1488.293
	30%	5207.328	1704.912
	35%	5269.711	2156.724

表 5 位置动态变化条件各因素显著性分析

Factors	F	P
direction	2.1348614	0.01
distance	15.648037	0.01
direction * distance	0.1643094	0.75

进一步作出不同变化方向在不同变化距离下的反应时间变化趋势折线图,如图 4 所示。

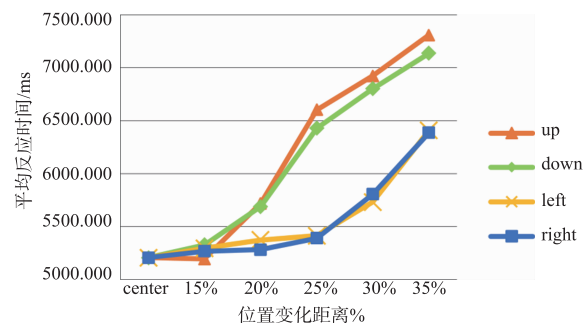


图 4 反应时间随距中间位置距离变化曲线

由图 4 可以看出,在左(left)、右(right)变化方向,变化距离 < 25% 的条件下,反应时间变化不显著,当变化距离 > 25% 时,反应时间快速增加;在上(up)、下(down)变化方向,当变化距离 > 15% 之后,反应时间就出现急剧增加。

根据 3.1 节静态实验条件下反应时间显著性分析结果表明,不同位置条件下,反应时间不存在显著差异,所以有理由认为,造成动态条件下,反应时间出现明显差异的原因是自适应交互项目在中间位置和不同位置的“切换效应”,正是由于这种“变化的因素”,而不是静态的位置差异,使被试出现视觉搜索上的“迷茫”状态,失去对自适应交互项目的跟踪,造成反应时间的增加。

3.3 位置变化条件下眼动热点图分析

通过 SMI 眼动仪记录被试眼动数据,在 BeGaze 分析软件中截取实验界面的眼动热点图. 本文截取反应时间存在显著变化的实验条件下的眼动热点图,分别为 right_25% ,right_35% ,down_15% ,down_20% ,验证操作绩效数据分析得出的结论. 眼动热点图如图 5 所示.

图 5(a)(b)(c)(d) 分别为 right_25% ,right_35% ,

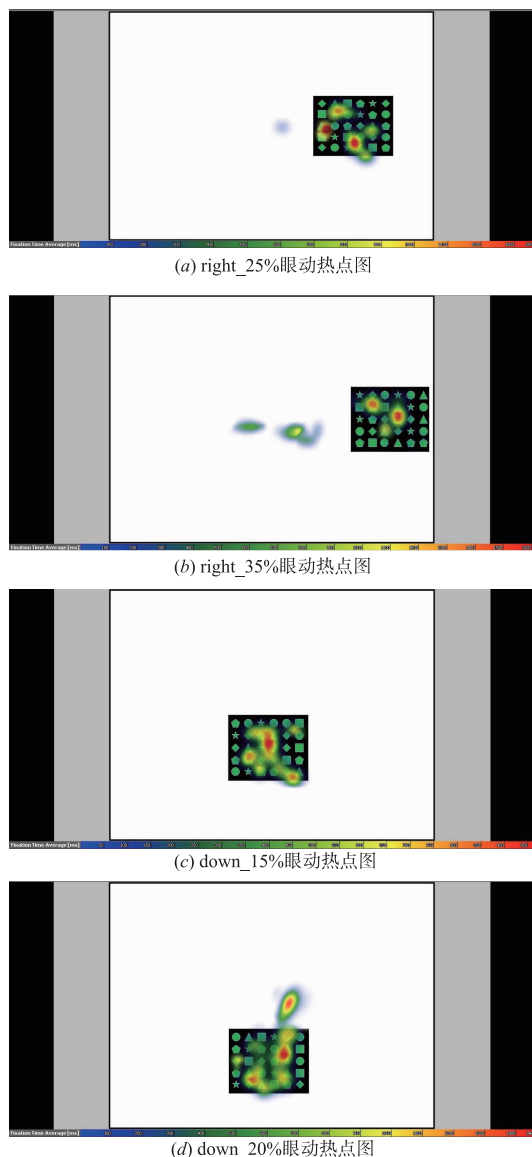


图5 部分位置变化条件下实验界面眼动热点图

down_15% ,down_20% ,实验界面下的眼动热点图,热点图的最下方为注视时间颜色标尺. 需要注意的是不同热点图注视时间颜色深度标尺代表的注视时间是不一样的,每一个热点图都需要根据颜色深度注视时间标尺,来分析被试在相应区域的注视时间. 由 right_25% 和 right_35% 热点图可以看到,在 right_25% 实验界面中,被试在中间区域注视时间较短,在中间位置和 right_25% 位置切换实验条件下,被试并未丢失对自适应项目信息的捕捉;而在 right_35% 实验界面中,被试在中间区域长时间注视,达到 3 ~ 4s,如图 5(b) 所示,被试视觉搜索未能跟踪上自适应交互项目位置的改变,在原区域长时间停留,造成搜索时间的浪费.

由 down_15% ,down_20% 的热点图可以看到,当自适应项目在 down_15% 位置和中间位置切换条件下,被试能够适应此种变化,未影响实验任务完成. 而当自适应项目向下移动界面长度的 20% 时,给被试造成一定的视觉搜索“茫然”,被试仍注视中间区域较长时间,如图 5(d) 所示,造成视觉搜索时间延长.

由以上分析可以得到,注视时间热点图分析与反应时间数据分析保持一致. 因此可以得到,自适应界面设计过程中,当涉及到对自适应项目位置进行改变时,必须考虑用户在不同方向变化距离下视觉搜索认知特性的差异,合理确定自适应项目的位置变化范围,提高交互效率.

4 变大条件实验数据分析

4.1 变大条件操作绩效分析

变大实验条件下仅分析实验组中自适应项目面积增大界面反应时间和对照组反应时间,不考虑实验组中原界面的反应时间. 首先求出 40 名受试者各条件下的平均反应时间和标准偏差. 如表 6 所示.

表6 面积增大条件下的平均值 (Mean RT) & 标准差 (STDEV) ($n=40$)

	Dynamic Mean RT	Dynamic STDEV	Static Mean RT	Static STDEV
25%	5674.175	1279.951	5321.604	1003.412
50%	5423.063	1112.217	4705.726	1238.749
75%	5188.917	1307.403	4633.428	1139.108
100%	5430.634	1244.625	5029.671	1409.645
125%	7135.541	1583.297	5248.826	1276.052
150%	7016.494	1404.152	5197.033	1347.690
175%	7957.835	1533.411	5150.645	1581.846
200%	7846.069	1287.260	5288.371	1432.091

表 6 中 Dynamic Mean RT 代表实验组,即动态切换条件下面积增大界面的平均反应时间,Dynamic STDEV 表示该条件下的标准差; Static Mean RT 表示对照组,即被试仅完成自适应项目面积增大实验界面条件下的平均反应时间,Static STDEV 表示该条件下的标准差.

对不同面积增大比例条件下实验组面积增大界面和对照组实验界面的平均反应时间,进行单因素方差分析,如表 7 所示.

表 7 动态切换因素显著性分析 ($n = 40$)

	F	P -value
25%	2.334	0.255
50%	1.679	0.364
75%	0.806	0.407
100%	3.165	0.219
125%	16.334	0.000
150%	20.619	0.006
175%	55.310	0.000
200%	60.557	0.009

从表 7 中可以看出,当面积增大比例 $\geq 125\%$ 时,动态切换因素对反应时间影响开始变得显著. 绘制各实验条件下反应时间折线图,如图 6 所示.

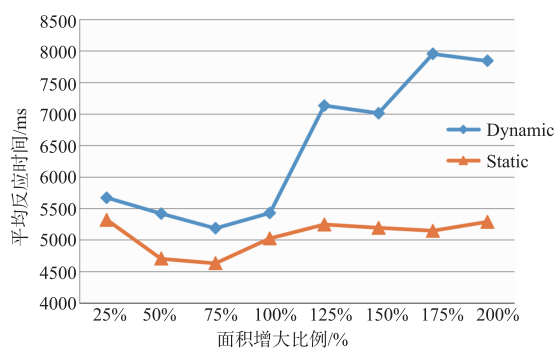


图6 反应时间随面积增大比例变化曲线

从图 6 可以看出,动态切换实验条件下,反应时间随着自适应交互项目的面积增大先减小后急剧增大. 说明自适应项目面积增大并不是越大越好,超过一定范围,用户会失去对信息的跟踪,造成反应时间的急剧增加. 从图中可以看出增大原面积的 75% 时,反应时间达到最小,增大原面积的 100% 时,与增大原面积的 75% 相比反应时间有小幅增加,但是仍小于原界面的反应时间,说明面积增大带来的提高操作绩效的影响被操作人员在动态切换过程中的“茫然”状态抵消一部分,但并未完全抵消.

从静态实验条件下反应时间曲线可以看出,反应时间随着面积的增大,先减小,后基本保持不变. 说明,当界面项目面积增大到一定程度,并不会提高操作绩效,因为已经达到此视觉搜索任务中,人的视觉搜索能力的上限.

4.2 面积增大条件眼动热点图分析

通过眼动数据分析软件 Begaze,可以得到面积增大动态切换条件下的界面眼动热点图,如图 7 所示.

注意每个界面热点图的注视时间颜色深度标尺是

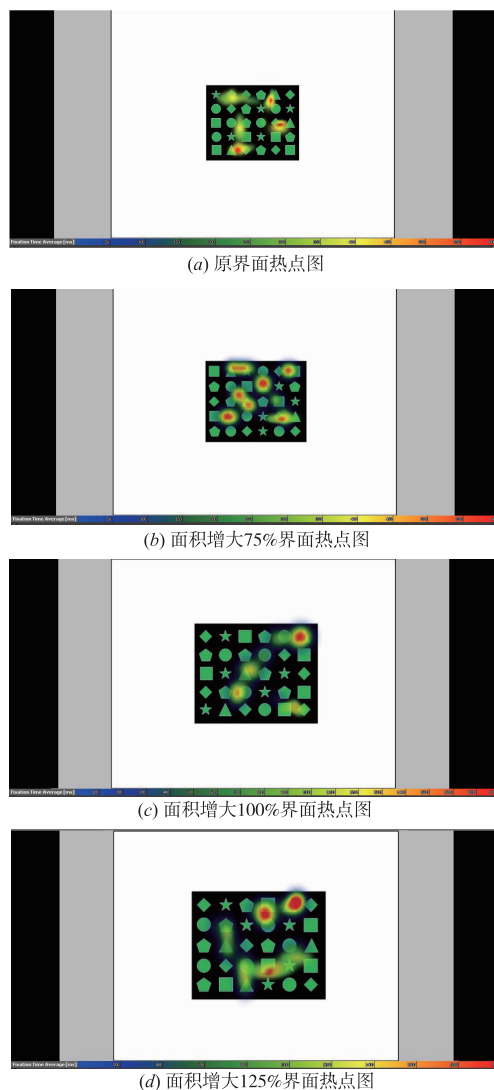


图7 部分面积增大实验界面注视时间热点图

不同的. 通过对图 7 分析,可以看到,界面自适应项目增大原面积的 75% 时,被试在不同区域面积自适应项目界面切换下,并未发生不适,能够快速获取界面自适应项目,完成视觉搜索任务;而在面积增大 100%、125% 实验界面中,被试长时间处于“茫然”状态,从图 7(d) 可以看出,尤其在增大原面积的 125% 的实验界面中,被试注视点在“原地”停留的时间达到了 4s ~ 5s,处于丢失界面自适应项目的状态.

5 结果讨论

5.1 位置变化实验

在自适应项目位置变化实验中,本文分别研究了位置固定界面和位置动态切换界面条件下人的视觉搜索特性. 在位置固定界面实验条件下,本文研究了两个影响因素(方向、距中心位置的距离)作为影响辨识绩效的自变量. 从实验结果来看,位置固定条件下,方向和

距离对反应时间的影响不显著;方向和距离的交互效应对反应时间的影响不显著.本文认为在位置固定实验条件下,由于本文设计的交互实验较为简单,无论交互项目在哪个位置,被试总会调整自己的身体姿势(转动身体和头部等)以便获取该位置的信息,即使姿势不舒适,被试在短时间内能够克服此种不利影响,完成交互任务,反应时间不存在显著差异.所以在位置固定实验条件下,各个位置可以看做没有差别.

同理,在自适应项目位置动态切换实验条件下,本文研究了两个因素(变化方向、距中间位置变化距离)对操作绩效的影响.实验结果表明,变化距离和变化方向对反应时间的影响显著.由反应时间随距中间位置距离变化曲线图,可以发现,反应时间随距离的改变,在不同方向上,出现了差异.在 up、down 方向,变化距离 > 15% 时,反应时间出现了较大增长,而在 left、right 方向,当变化距离 > 25% 时,反应时间才出现较为明显的增加.同时也观察到在 up 方向的反应时间总体上要比在 down 方向上长.说明在不同方向,人对交互项目位置变化的感知是有差异的.根据 GJB-2873-97《军事装备和设施的人机工程设计准则》中规定^[18],人在头部转动、眼睛转动、头部和眼睛转动的情况下都存在最佳和最大视区角度,所以才导致眼睛对交互项目位置变化感知的差异性.当变化距离较小时(< 15%),交互项目区域位置无论在哪个方向改变均处于最佳视域内,人主观心理上容易接受,并未投入过多精力克服交互项目区域位置改变对视觉搜索造成的影响,所以反应时间不存在显著差异.从图 5down_15% 实验界面眼动热点图也可以看出,被试并未由于视觉惯性在中间位置注视过长时间,而直接进行视觉搜索任务.

由于左右眼的横向排列,人的水平可视角度普遍可达到 120°,而向上的视野是 55°,向下的视野是 70°,因此眼睛的水平运动能力明显强于垂直运动能力^[19],并且向下运动能力要强于向上运动能力.当位置变化的比例 $\geq 20\%$ 时,交互项目先越出了上下视角的最佳视域,被试心理上“难以适应”自适应交互项目在中间位置和 down_20% 或 up_20% 位置之间动态切换,造成丢失搜索目标,反应时间大大增加,从图 5down_20% 眼动热点图可以看出,被试未能跟上界面自适应项目区域位置的变化,在中间位置长时间注视,造成搜索时间的浪费;而在左右方向,被试通过左右眼球的运动,能够适应这种变化,依然能跟踪自适应项目,从图 5right_25% 眼动热点图可以看出,被试并未在中间位置作过多停留,直接跟踪和捕捉界面自适应项目,完成搜索任务.而当距离变化大于界面在该方向尺寸的 35%,无论在上下方向,还是左右方向,被试主观上均难以适应位置动态切换所带来的影响,造成完成视觉搜索任务的时

间急剧增加.

5.2 面积增大实验

在位置变化实验的基础上,本文研究了自适应项目区域面积变大条件下人的视觉搜索特性.当交互项目区域增大原面积的 75%,反应时间达到最小,说明增大原面积的 75% 时,并未给被试造成视觉搜索上的冲击和不适应,被试能够抓住面积增大带来的有利影响,提高了交互效率,缩短反应时间,从图 7 面积增大 75% 眼动热点图也可以看出被试未作停留,直接进行视觉搜索实验任务;而当面积增大 100% 时,由图 6 可以看出,与增大原面积的 75% 相比反应时间有所增加,但仍小于原界面反应时间,从图 7 增大原面积的 100% 的眼动热点图可以看出,被试也仅在“原地”停留 1s ~ 2s,然后迅速开始了视觉搜索任务,说明被试受到面积增大动态切换因素的影响较轻,经过主观努力仍能够克服,借助于面积增大带来的有利因素,完成视觉搜索任务的时间仍优于原界面.而当增大的面积大于原面积的 125% 时,面积动态切换因素对被试冲击较严重,被试长时间处于视觉搜索“茫然”状态,造成反应时间的增加.

6 结论

本文研究了自适应界面元素在区域位置变化和面积增大条件下,人的认知特性,得到以下结论:

(1) 区域位置固定条件下,即界面中的交互项目,位置固定不动的条件下,在本文所设计的视觉搜索任务下,被试的反应时间,不存在显著差异.

(2) 区域位置动态切换条件下,即交互项目的位置在中间位置和其他位置随机切换的条件下,研究表明,变化距离对反应时间有显著影响,在上下方向,变化距离小于界面在该方向尺寸的 15% 时,反应时间增加不显著,在左右方向,变化距离小于界面在该方向尺寸的 25% 时,反应时间增加不显著.

(3) 区域面积增大条件下,与人的视觉搜索认知特性相符合,不影响操作绩效前提下,自适应交互项目增大的面积不能大于原面积的 125%.

本文为自适应界面认知特性的基础研究,对自适应界面自适应方式和布局的设计具有指导意义.

参考文献

- [1] SCHNEIDER H M, KUHME T, MALINOWSKI U. Adaptive User Interface: Principles and Practice [M]. New York, USA: Elsevier Science Inc, 1993. 11 - 14.
- [2] 梁永强, 王巍, 瞿珏, 等. 基于眼动特征的人机交互行为意图预测模型 [J]. 电子学报, 2018, 46(12): 2993 - 3001.
LIANG Yong-qiang, WANG Wei, QU Jue, et al. Human-computer interaction behavior and intention prediction mod-

- el based on eye movement characteristics [J]. Acta Electronica Sinica, 2018, 46(12): 2993 - 3001. (in Chinese)
- [3] Çağla Çiğ, TEVFIK M S. Gaze-based predictive user interfaces; Visualizing user intentions in the presence of uncertainty [J]. Int J Human-Computer Studies, 2018, 111: 78 - 91.
- [4] 高军峰, 司慧芳, 余彬, 等. 基于脑电样本熵的测谎分析 [J]. 电子学报, 2017, 45(8): 1836 - 1841.
GAO Jun-feng, SI Hui-fang, YU Bin, et al. Liedetection analysis based on the sample entropy on EEG [J]. Acta Electronica Sinica, 2017, 45(8): 1836 - 1841. (in Chinese)
- [5] JOHNSON C M, JOHNSON T R, ZHANG J J. A user-centered framework for redesigning health care interfaces [J]. Journal of Biomedical Informatics, 2005, 38(1): 75 - 87.
- [6] SONG I J, CHO S B. Bayesian and behavior networks for context-adaptive user interface in a ubiquitous home environment [J]. Expert Systems with Applications, 2013, 40(5): 1827 - 1838.
- [7] 朱作欣. 电力系统运行信息自适应显示研究初探 [D]. 辽宁大连: 大连理工大学, 2013.
ZHU Zuo-xin. Preliminary Research on Adaptive Display of Power System Operating Information [D]. Dalian, Liaoning: Dalian University of Technology, 2013. (in Chinese)
- [8] 郑璐. 手机通讯录自适应与自定义的工效学研究 [D]. 浙江杭州: 浙江理工大学, 2011.
ZHENG Lu. Ergonomic Study on Static, Adaptive and Adaptable in Mobile Directory [D]. Hangzhou, Zhejiang: Zhejiang Sci-Tech University, 2011. (in Chinese)
- [9] 喻纯, 史元春. 基于自适应光标的图形用户界面输入效率优化 [J]. 软件学报, 2012, 23(9): 2522 - 2532.
YU Chun, SHI Yuan-chun. Optimizing input efficiency for graphical user interface using adaptive cursors [J]. Journal of Software, 2012, 23(9): 2522 - 2532. (in Chinese)
- [10] 刘骅. 基于自适应鼠标的指点任务效率研究 [D]. 浙江杭州: 浙江理工大学, 2014.
LIU Hua. Pointing Task Performance Study on Adaptive-Based Mouse [D]. Hangzhou, Zhejiang: Zhejiang Sci-Tech University, 2014. (in Chinese)
- [11] SEARS A, SHNEIDERMAN B. Split menus: effectively using selection frequency to organize menus [J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 1994, 1(1): 27 - 51.
- [12] SUCHETA V K, RADHIKA P M. Rule based adaptive user interface for adaptive E-learning system [J]. Education & Information Technologies, 2019, 24(1): 613 - 641.
- [13] ULAHANNAN A, JENNINGS P, OLIVEIRA L, et al. Designing an adaptive interface: using eye tracking to classify how information usage changes over time in partially automated vehicles [J]. IEEE Access, 2020, 8: 16865 - 16875.
- [14] 吴雄峰. 基于用户群体行为的 APP 自适应 UI 的设计与实现 [D]. 四川成都: 西华大学, 2016.
WU Xiong-feng. The Design and Implementation of APP Adaptive UI Based on User Group Behavior [D]. Chengdu, Sichuan: Xihua University, 2016. (in Chinese)
- [15] COCKBURN A, GUTWIN C, GREENBERG S. A predictive model of menu performance [A]. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems [C]. California, USA: ACM, 2007. 627 - 636.
- [16] BRIDLE R, MCCREATH E. Including shortcuts on a mobile phone interface [A]. Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent User Interface [C]. Sydney, Australia: ACM, 2006. 327 - 329.
- [17] TALIA L, JOACHIM M. Benefits and costs of adaptive user interfaces [J]. Int J Human-Computer Studies, 2010, 68: 508 - 524.
- [18] GJB 2873-97. 军事装备和设施的人机工程设计准则 [S].
- [19] 汪海波. 基于认知机理的数字界面信息设计及评价方法研究 [D]. 江苏南京: 东南大学, 2014.
WANG Hai-Bo. Research on Information Design and Evaluation Method of Digital Interface Based on Cognitive Mechanism [D]. Nanjing, Jiangsu: Southeast University, 2014. (in Chinese)

作者简介



瞿 珏 男, 1985 年 6 月出生于湖南省岳阳市. 现为空军工程大学防空反导学院副教授、硕士生导师. 主要研究方向为人机交互界面设计、增强现实技术.
E-mail: 2990781056@qq.com



朱 帅 男, 1995 年 9 月出生于河南省鹤壁市. 2018 年毕业于武汉理工大学汽车工程学院. 现为空军工程大学防空反导学院硕士研究生, 从事微波技术方面的研究工作. 主要研究方向为人机交互界面设计.
E-mail: 2433442900@qq.com



王 巍(通讯作者) 男, 1974 年 9 月出生, 陕西长武人. 空军工程大学教授、博士生导师, 从事研究方向为人机工程、数字化设计.
E-mail: 624192972@qq.com