

基于遗传算法的移动终端交互界面布局优化

马皎

(咸阳师范学院, 咸阳 712000)

摘要: **目的** 研究遗传算法与移动终端界面布局中舒适度影响最大子集特征之间的关系。**方法** 利用层次分析法进行了三维及二维共同协作的人机约束条件, 选择交互界面中布局的特征, 找出对交互界面布局中人的最优舒适度影响最大的子集特征。**结论** 通过对案例的可用性测试分析数据并得出移动终端交互界面布局优化设计的要点。

关键词: 遗传算法; 移动终端; 交互界面; 布局优化

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)10-0133-04

Mobile Terminal Interface Layout Optimization Based on Genetic Algorithm

MA Jiao

(Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China)

ABSTRACT: It aims to study the layout relationship of between genetic algorithm and the mobile terminal interface layout in optimal comfort a subset of the biggest characteristic. By using analytic hierarchy process (AHP) of 3D and 2D, common collaboration human-computer constraint conditions, using the genetic algorithm to the interface layout for feature selection, the influence on the interface layout in optimal comfort a subset of the biggest characteristic is found out. Through usability testing, finally it is concluded that the main points of the mobile terminal interface layout optimization design.

KEY WORDS: genetic algorithm; mobile terminal; interface; layout optimization

近几年移动互联网的普及, 让移动终端设计得到重视, 而其界面设计及交互过程更是核心解决问题。由于界面交互过程中涉及人这一对象, 让交互效率和可靠性变得多变、复杂。它受人的辨识能力、认读过程、舒适性和系统功能以及个人的知识、经验和喜好等已知、未知或非确知因素的影响^[1]。其中, 人在交互过程中对二维感知与三维空间协调力, 是同等重要的影响着人的舒适度。遗传算法从其机理来说, 是一种天然的组合优化方法, 相对其他的各类启发式搜索方法具有明显优越性。先前各行业不同的学者, 都对遗传算法在空间分割、空间操作等空间利用率有了一定的研究, 1986年 Dawkins^[2]提出了交互式的演化算法, 2001年钱志勤^[3]提出了一种人机交互的遗传算法, 2013年范文^[4]等人提出了一种符合人机特性的蚁群算法, 充分考虑到算法中人机约束中的三维问题, 但都未将人机交互过程中的二维约束进行讨论。

1 交互界面布局中的人机约束

交互界面布局是要充分考虑到人、机、环境三者之间的协调性。使用对象为人, 界面布局的舒适度取决于环境中人的生理、心理双重因素。生理因素主要是将人放置在三维空间环境中去考虑, 人作为空间主体, 利用有限的空间最大化满足人的工作需求, 在最大化的同时必须考虑到人在环境中的生理舒适度, 例如符合人体尺寸、工作姿势健康性、各个关节所处角度的合理性、人手可达性及便捷性、人视觉域的规律等。心理因素主要针对二维平面在布局中要考虑到的问题, 人对布局中色彩的反应, 对形状的识别需达到易用性, 减少出错率及伤害。基于以上人机约束的复杂性, 研究过程中将采用层次分析法 AHP (Analytic Hierarchy Process) 将复杂问题分解为层次模型结构^[5], 定性的界面布局问题变

收稿日期: 2017-02-10

基金项目: 咸阳师范学院科研项目 (13XSYK071); 陕西省教育厅专项科研项目 (14JK1788)

作者简介: 马皎 (1987—), 女, 陕西人, 硕士, 咸阳师范学院讲师, 主要从事工业设计与人机交互。

成定量处理,让问题分析变得简单灵活。为了保证在分析过程中思维连贯且一致,运用了矩阵分析工具,对判断矩阵进行了一致性检验。为使判断量化,层次分析法采用 1-9 标度分析法,对不同情况的评比给予数值尺度。

1.1 三维约束

文中主要针对移动终端交互界面进行布局优化,因此假设待布空间人机约束为 A ,其包括考虑视觉约束 C_1 和手指可达约束 C_2 。 C_1 层次目标树包含最小视域 C_{11} 、最佳视域 C_{12} 、最大视域 C_{13} , C_2 层次目标树包含舒适操作区 C_{21} 、有效操作区 C_{22} 、扩展操作区 C_{23} 。依据三维人机约束目标层次,邀请 4 位专家用户进行比较判断矩阵,移动终端空间人机约束要素重要性判断矩阵见表 1。

表 1 移动终端空间人机约束要素重要性判断矩阵
Tab.1 Mobile terminal ergonomics importance elements of judgement matrix

$C_1(C_2)$	$C_{11}(C_{21})$	$C_{12}(C_{22})$	$C_{13}(C_{23})$
$C_{11}(C_{21})$	1	3	7
$C_{12}(C_{22})$	1/3	1	3
$C_{13}(C_{23})$	1/7	3	1

依据平均随机一致性指标值 (RI) 及表 1 计算矩阵对应的单项权值 W ,一致性比率 CR 函数值如下: $W_{C_1}=(0.6687,0.1431,0.0082)$, $W_{C_2}=(0.6687,0.1431,0.0082)$;判断矩阵一致性指标函数: $CR_{C_1}=0.0057$, $CR_{C_2}=0.0057$;综合比较以上计算数值,各项判断结果稳定且一致性指标函数 $CR<0.10$,具有满意的一致性。

1.2 二维约束

在移动终端交互界面的二维约束中主要考虑到的是屏幕图标布局,结合认知心理学中人对图形图标的辨别和色彩的感知等,来实现功能区分从而达到界面布局的舒适、易用。客观测量是测量界面美感的主要方法,是一种自底向上的方法,把屏幕设计特征和布局元素与用户视觉美感的感知相结合^[6-7]。由此,对移动终端二维界面人机约束的梯层结构假设为 B , B 包括图标形状 b_1 和图标色彩 b_2 。 b_1 包括可读性 b_{11} 、平衡度 b_{12} 、简单度 b_{13} 、次序感 b_{14} 、整体度 b_{15} 、比例 b_{16} , b_2 包括色彩种类 b_{21} 、色彩面积比 b_{22} 、色彩分布 b_{23} 、色彩协调度 b_{24} 。邀请 6 位专家用户(有 4 位认知心理学研究者)进行比较判断矩阵,图标形状要素相对重要性判断矩阵见表 2,图标色彩各要素相对重要性判断矩阵见表 3。

由上文可得知, B 中各项判断结果稳定且一致性指标函数 $CR<0.10$,具有满意的一致性。二维约束中图

表 2 图标形状要素相对重要性判断矩阵
Tab.2 Icon shape factor relative importance judgment matrix

b_2	b_{21}	b_{22}	b_{23}	b_{24}
b_{21}	1	1/3	1/5	1/3
b_{22}	3	1	5/3	1
b_{23}	5	3/5	1	3/5
b_{24}	3	1	5/3	1

表 3 图标色彩各要素相对重要性判断矩阵
Tab.3 Icon color each factor relative importance judgment matrix

b_1	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{15}	b_{16}
b_{11}	1	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5
b_{12}	3	1	1	3/5	3/5	3/5
b_{13}	3	1	1	3/5	3/5	3/5
b_{14}	5	5/3	5/3	1	1	1
b_{15}	5	5/3	5/3	1	1	1
b_{16}	5	5/3	5/3	1	1	1

标的色彩种类不以 $CMYK$ 值为依据,而是指色彩种类个数 n ,只用表达人眼区分到的颜色个数即可。色彩的分布用“熵”的概念来表达,当色彩分布在界面中的面积达到均衡时,熵值最大化。对二维约束中界面元素进行抽象表征,运用坐标形式实现功能的准确定位, x,y 表示坐标点, w 表示宽度, h 表示高度,这样用一个矩形就可以将二维图标在空间中进行定位。

2 遗传算法的特征选择

遗传算法求解布局最优问题中加入人机约束,这种人机约束包括三维中的手指可达区域、视觉域等还有二维中图标的色彩、形状等,其中三维可以看作移动终端界面设计中的硬件界面,而二维则是软件界面。利用遗传算法求解界面布局问题核心不是将界面最大化,而是更合理化的淘汰选择机制。它受到达尔文的进化论和遗传学的机理相结合的启发,属于进化型计算。从代表问题可能特征的一个集合开始,对其基因进行交叉变异处理,在此过程中保留目标问题的优质个体,淘汰在后代遗传过程中的劣质个体。而移动终端布局的衍生过程如何保持交互路径最优,就需要在初始集合特征选择时考虑到人机约束特征,以确保在遗传过程陷入局部最大化而非最优化。也就是将人机约束的特征,作为其遗传过程中的一个显性染色体,如若子代丢失,将进行重复计算。

在待布界面的目标中,对其人机约束特征基因进行编码,如果按照实际基因编码其包含个体数目众多,并且工作复杂。可以采用二进制编码,编码长度就是人机约束的个数,每一个都对一个特征。1 表示约束特征被选择,0 表示没有。在算法中每一个编

码都对应着一个解决方案,一般用适应性函数来衡量这个解决方案的优劣,从一个基因组到其解的适应度形成一个映射,因此可以在多元函数里求最优解,目的是在遗传过程中否定不携带人机约束特征的基因即可。

根据适应性函数 $F(x)$ 确保在进化过程中让每一代的个体保证约束条件,从符合约束的正常个体开始记录 F_i , 计算正常个体 i 被选中的概率 P_i :

$$P_i = \frac{F_i^{-1}}{\sum_{i=1}^m F_i^{-1}} \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

(1)

其累加概率为:

$$P_k = \sum_{i=1}^k P_i \quad (k=1, 2, \dots, m)$$

(2)

假设其初始待布图标为 100, 双向交叉概率为 1.6, 变异率为 0.1, 停止进化 600 次算法结束, 在 100 次内最优特征子集和适应性都不会发生变化^[8], 因此特征数目越少越好。

3 移动终端界面案例与测试

3.1 界面案例模型

依据以上约束算法的理论结合 SVM 非线性建模^[9], 800 样本中得到 SVM 分类准确率为 81.5%, 最优特征子集的特征数为 5 个, 最优特征子集见表 4。利用最优特征子集对手机交互界面系统的 100 个图标进行布局, 待布界面位为 16。为方便用户认知, 从图标功能出发, 借鉴现实事物的特征^[10]得到新的移动终端(手机)的交互界面模型, 手机界面元素(A 方案)见图 1。

表 4 最优特征子集
Tab.4 The optimal feature subset

主成份	C_{11}	C_{12}	b_{11}	b_{13}	b_{15}
特征	最佳视域	舒适操作区	可读性	简单	次序感
					

图 1 手机界面元素(A 方案)
Fig.1 Mobile phone interface elements (A solution)

将新主题应用于智能手机中对 80 名用户(10 位专家用户, 其余为手机新用户)进行可用性测试。可用性测试对改善系统界面设计、发现交互框架中的主要问题, 及细化按钮标签、操作顺序和优先级等方面很有帮助^[11], 测试中主要包括图标识别性、使用流程的耗时及出错率等。

3.2 测试目的

验证被测手机界面的用户的体验情况。这种符合约束条件的交互界面是否符合可用性测试, 是否容易学习, 容易记忆, 提高效率, 带来视觉愉悦等。

3.3 测试材料

新主题手机界面(A 方案)与随机抽取的一款安卓系统手机界面(B 方案)进行对比测试, 智能手机, 答题软件, 计时软件, 监测卡路里的智能手环、指环。

3.4 测试过程

在固定的时间段, 选取 A, B 两方案, 分别对 80 位用户进行简单的界面介绍。测试 1: 运用答题软件测试界面图标识别及记忆, 去掉界面中所有语义内容, 80 位用户连接图标对应功能, 记录错误及用时。测试 2: 通话操作流程测试, 通话操作流程交互界面见图 2, 80 位用户在收到指令后打开通讯录, 选择指定联系人, 拨打未通发送信息, 信息沟通内容为"Hi", 收到短息提示后再次拨打联系人, 记录 A, B 方案用时及所消耗能量。测试 3: 运用答题软件对用户的体验进行量化问卷调查, 测试调查问卷见表 5, 采用 7 级量表形式可直观显示测试结果。

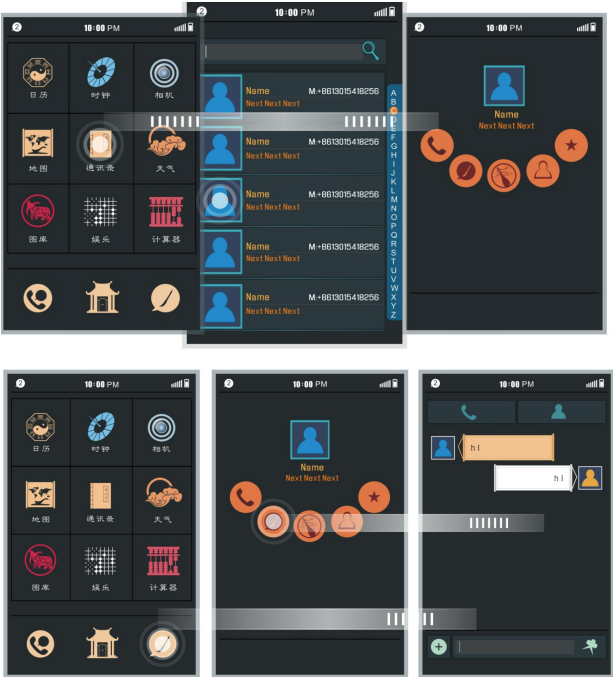


图 2 通话操作流程交互界面
Fig.2 Operation interface

表 5 测试调查问卷
Tab.5 The questionnaire

主观满意度语义量表							
可读性强	1	2	3	4	5	6	7 难以识别
易记忆	1	2	3	4	5	6	7 难以记忆
简单高效	1	2	3	4	5	6	7 耗时长
层次清晰	1	2	3	4	5	6	7 杂乱无章
舒适轻松	1	2	3	4	5	6	7 难受疲惫
视觉清晰	1	2	3	4	5	6	7 无法分辨

3.5 测试结果

同一用户在体验两方案时错误率比较： $PA=1.21\% < PB=5.67\%$ ，测试 2 中两方案平均耗时比较： $TA=23S < TB=33S$ ，识别、记忆图标中两方案耗时比较： $tA=18S < tB=32S$ ，测试 2 中两方案所消耗的能量比较： $EA=5.882cal < EB=7.224cal$ ，测试 3 两方案的测试结果见表 6。

表 6 测试结果
Tab.6 The test results

语义	方案 A	方案 B
可读性	1.25	3.12
记忆	2.12	3.55
简洁	2.55	3.98
层次	2.24	4.12
手指操作	1.83	4.55
视觉域	2.67	2.99

由以上可知，最优特征子集对手机界面交互产生正影响，通过舒适度让用户对界面布局的优化程度产生美感，而这个结论也与 Grabinger^[12]的研究结论致。

4 结语

通过三维协同二维进行遗传算法约束才能达到优化移动终端界面设计布局的目的，对人机约束遗传算法遗传概率及 SVM 的参数，提取界面最优子集的特征数据并进行特征测试与分析，提取优化界面设计的指导原则。首先，利用符合人机约束的遗传算法优化界面布局设计时，需要符合手指舒适操作区范围，特别是从次序操作中，简洁层次关系让操作过程疲劳度降低；其次，视觉范围在最佳区域且满足人视觉行为上到下，左到右，大到小；最后，二维界面元素考虑其功能与信息表达符合人认知特征及习惯，图标比例协调易识别，一般采用标准比例 1 : 1，1 : 1.414，1 : 1.618，1 : 1.732，1 : 2。但文中仍有不足之处，对子代遗传过程中最优特征子集的更新函数关系没有研究，因此并不能保证其性能在任何时刻都处于最优状态，希望在后续研究中有所涉及。

参考文献：

[1] DIX A, FINLAY J, GREGORY A, et al. Human-computer Interaction[M]. Beijing: Publishing House of Electrical Industry, 2003.

[2] DAWKINS R. The Blind Watchmaker[M]. Essex: Longman, 1986.

[3] 钱志勤, 腾弘飞, 孙治国. 人机交互的遗传算法及其在约束布局中的应用[J]. 计算机学报, 2001, 24(5): 553—558.

QIAN Zhi-qin, TENG Hong-fei, SUN Zhi-guo. Human-Computer Interactive Genetic Algorithm and Its Application to Constrained Layout Optimization[J]. Journal of Computer Science, 2001, 24(5): 553—558.

[4] 范文, 余隋怀, 王文军, 等. 蚁群算法求解人机布局优化问题[J]. 机械科学与技术, 2013, 32(7): 955—962.

FAN Wen, YU Sui-huai, WANG Wen-jun, et al. Ant Colony Algorithm for Human-machine Layout Optimization[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2013, 32(7): 955—962.

[5] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.

XU Shu-bai. Hierarchical Analysis Principle[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988.

[6] BAUERLY M, LIU Y. Computational Modeling and Experimental Investigation of Effects of Compositional Elements on Interface and Design Aesthetics[J]. Hum-comput ST, 2006, 64(8): 670.

[7] NGO D C L, TEO L S, BYRNE J G. Modeling Interface Aesthetics[J]. Information Science, 2003, 152: 25.

[8] 袁培颢, 陈锐, 林涛, 等. 基于遗传算法和神经网络的软件界面美感建模[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2015, 52(2): 269—274.

YUAN Pei-sa, CHEN Rui, LIN Tao, et al. A New Software Interface Aesthetics Model Based on Genetic Algorithm and Neural Network[J]. Journal of Sichuan University(Natural Science Edition), 2015, 52(2): 269—274.

[9] SCHMIDHUBER J. Deep Learning in Neural Networks: an Overview[R]. The Swiss AI Lab IDSIA, 2014.

[10] 任美琪, 谢庆森. 手机交互界面中图标的隐喻设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 29—31.

REN Mei-qi, XIE Qing-sen. Metaphor Design in the Mobile Phone Interface Icon[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 29—31.

[11] 朱婧茜, 何人可. Android 手机应用界面布局的可用性测试研究[J]. 包装工程, 2014, 35(10): 61—64.

ZHU Jing-xi, HE Ren-ke. The Usability Testing on the Application Interface Layout of Android Mobile[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(10): 61—64.

[12] MOSHAGEN M, THIELSCH M. Facets of Visual Aesthetics[J]. Humcomput ST, 2010, 68(10): 689.