环境智能下老龄用户方向性手势交互偏好研究

肖亦奇
（上海理工大学，上海 200093）

摘要：目的 方向性手势指用空间中肢体运动的方向来表示其含义的一类交互手势语言。考虑到老龄用户自身的认知习惯，需要研究该群体对面向环境智能交互的方向性手势在任务语义——运动方向映射上的偏好。**方法** 根据认知语言学基本理论，通过快速反应实验、用户自我评价和实景评价 3 个阶段，让老年被试评判从特定任务的词义联想到三维空间运动方向的程度，从而得到其对于方向性手势的偏好。**结果** 老龄用户认为某些任务和特定方向的关联性更显著，这些任务更适合用朝该方向划动的手势来表达；老龄用户对方向性手势的总体偏好与年轻群体差别不大。**结论** 通过判定偏好的基础分和差异显著性，可以得出一些任务——方向的语义关联度较高的手势，从而为智能环境下老年人群交互方式的研究提供有益的建议。

关键词：方向性；手势；交互偏好；老龄；环境智能
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2021)08-0141-07
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.08.018

Elderly User’s Preferences for Directional Gestures under Ambient Intelligence

XIAO Yi-qi
(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: Directional gestures are those that represent specific meanings with the direction of in-air upper-limb movement. Considering the cognitive habits of elderly users, this paper investigates their preferences for the mapping of interactive tasks under ambient intelligence to the moving directions of directional gestures. Based on the theories in the domain of cognitive linguistics, a study is conducted with three steps-rapid reaction test, self-evaluation and in-situ evaluation, thus to elicit the directional gestures for each task by allowing elderly users to assess the degree they can associate a specific verb with moving directions. Elderly users report a higher association of particular tasks with some directions, indicating that the tasks are more appropriate to be represented with a mid-air stroke moving in these directions. In addition, the preferences of the elderly for directional stroke is slightly different from those of the young. A number of gestures with the moving directions having high semantic association with the task are selected as each of them is much higher rated by subjects over the other gestures. With these results, designers may have insights into the interactive styles of elderly users for ambient intelligence.

KEY WORDS: directionality; gesture; interaction preference; elderly user; ambient intelligence

方向性手势（Directional Gesture）是运动过程中呈现出手部整体方向性移动的自由交互手势。这种整体移动包括手臂移动、腕部旋转造成的手掌摆动和手指在空间中有指向的划动。研究者将交互手势分为映射型、操作型和对话型 3 种[1]，其中手势的运动特征往往成为其功能性语义的载体。由于空间的运动方向无外乎上下、左右、前后 3 个维度，于是有一种假设认为，如果可以通过人类的普遍经验将手势的方向在语义上匹配到具体的交互指令，就能够把一定数量的手势任务集约为几种有方向的空间划动（Directional Stroke）。这样一来，手势集的数量就会大大降低，从而提高可学习性。就这一意义而言，方向性手势有可

收稿日期：2020-12-09
作者简介：肖亦奇（1991—），男，湖南人，博士，上海理工大学讲师，主要从事工业设计与交互设计的研究。

能更适合老龄用户接受和使用，将有助于其更好地适应基于普适计算的交互环境。

1 方向性手势的理论基础与优势

1.1 方向性手势应用的理论基础

交互手势所表示的操作或指令，有很多都属于二元控制（Binary Control），或称为二元状态切换（Binary State Toggle）[2]，比如开和关、调高和调低、缩和放等。根据人们的具身认知，打开、增高、放大这样的操作似乎更容易联想到向上的运动状态，也更适合用自下而上划动的手势表达而不是相反。作为概念隐喻的组成部分，方位隐喻能合理地解释这种习惯性的映射表达，其背后是人们的日常经验以及某种普遍观念、社会意识在发挥重要作用。例如，中国古代自上而下的书写传统可能导致汉语会用上下表示过去未来（如上一次），这与英语左—右的习惯不同[3]。除了时间这样的名词概念，评价性的形容词汇[4-5]和动词也能激发方向上的联想。麦穗成熟而低垂，说明是向下的[6]；提到尊敬长辈要抬头仰望，说明是向上的。同样是对长者的认识，方向上的联想却完全相反。如此种种，不胜枚举。方向性手势的几种形式见图 1。

另一些研究者从知觉符号理论的角度解释动词和运动方向之间的可联想性，认为方向性是一种空间元素，是人们在理解语言含义时所自动激活的表征。有实验表明，当一对相关词汇的排列方位符合其所代表的内容在现实世界的方位时（如树根二字在下、树冠二字在上），被试对这样的文字组的反应更快[7]。这种空间表征激活的现象在动词理解中更为凸显。对此，Richardson 设计了一项实验，让被试观看一系列的动词，其中有具体的也有抽象的动词，然后从上、下、左、右 4 个方向选取其所认为最能表示某一词汇语义的那个[8]。这一过程中，人们会根据自身经验在头脑中模拟运动，而这种模拟的方向特征将参与到动词语义的建构中。

根据以上的理论基础，有研究者对方向性手势和交互指令的对应关系进行了初步探索。Burnett（2013 年）让被试针对六大类车载触屏交互指令名称，凭直觉反应指定隔空手势的划动方向，并统计一致性以及手势方向在各指令类型上的比例。结果发现，上、下、左、右 4 个方向和指令配对的比例几乎总是高于 Up-right，Downright，Up-left，Down-left 4 个方向[9]。可用性方面，Jeong（2017 年）和 Regal（2018 年）的研究均指出，水平方向的划动手势执行起来比垂直和对角线方向更方便[10-11]。这些研究表明了用户对方向性手势在认知与绩效上的偏好，但他们未试图提出相应的手势语言，也未比较不同对应关系在强度上的差异。

1.2 方向性手势对于老龄用户交互体验的优势

1.2.1 可学习性

目前，手势交互面临着设计标准和规范不统一的问题。一些交互方案采用对话型、拟态型手势，要求使用者摆出有一定动作特征的手型（Hand Posture），或者完成较为复杂的动姿，极大地增加了学习难度。当可识别手势数变多，很容易混淆甚至遗忘。老年人学习新事物的困难程度高于年轻人，如果将一些常用、通用的指令简化为方向上的划动，更能便于他们运用通识性的认知经验，快速地掌握操作方法。

1.2.2 易用性

手势操控对老龄用户的另一层负担，来源于其对精确性较高的要求。比如说，点击（Point）和推（Push）两个手势的图像识别特征完全不同，尽管都是伸手向前，但在表意上就要作出区分。要想准确地表现手势同时避免误触效应，老年人需付出的体力耗费更大。划动手势的优点在于它是人类最习以为常的肢体运动，只要手的运行轨迹处于三维空间坐标的识别阈值内，就能认定操作的成功，不必担心姿态是否到位、画符是否完整、移动距离是否足够。

1.2.3 包容性和普适性

随着面向居家护理、医养结合的智能家居的不断建设和完善，环境智能不再是一个遥远的理想。面对生活空间中无处不在的智能设备，老龄用户必须尽快适应。在一些辅助性的功能操作或者对智能体主动交互的应答[12]方面，可以用手势控制来处理。这时，隔空的方向性手势就突破了屏幕和产品造型的限制，使得同一套坐标系能应用于全部对象，强化了输入语言的包容性和普适性。

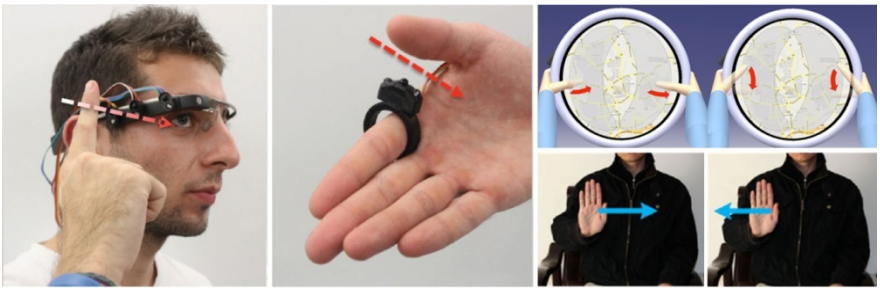

图 1 方向性手势的几种形式

Fig.1 Several representations of directional gestures

表 1　任务列表
Tab.1　The list of tasks

	任务名	注释		任务名	注释
多媒体交互	启动	让程序、设备开始工作	信息处理	保存	保存或收藏当前内容
	暂停	让程序、设备中止工作		删除	删除、丢弃、撤销指定内容
	快进	视频、音频的快进		发送	发送信息给其他用户或设备
	显示	使屏幕上出现信息		返回	回到原来的页面或状态
	增大	系统输出参数增大		隐藏	指定内容变为不可见
	安静	设备静音		弹出	指定内容从隐藏状态恢复
	截图	屏幕截图		接受	接受设备或其他用户的请求
	放大	图像的缩放（放大）		拒绝	回绝设备或其他用户的请求

1. 放大：图像逐渐放大口。

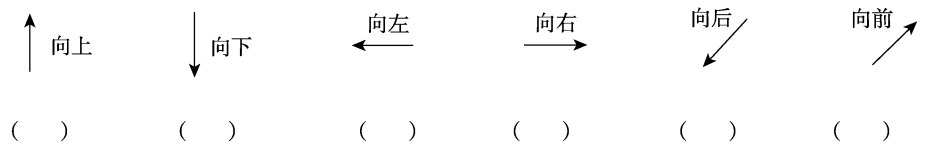

图 2　实验问卷中的任务词和图示
Fig.2　Task words and diagrams in the experimental questionnaire

2　研究问题与假设

本研究一方面关注老龄用户对于方向性手势定义的偏好，从中评价更适合用运动方向来表达的交互任务及其手势语言，另一方面，由于方向性手势和任务的对应取决于人们所熟悉的日常或具身经验，有必要比较老年人和有电子设备使用经历的年轻人在这种偏好上的异同，进而从老龄用户偏好中选取有通用性的手势方案。研究的具体实验流程如下：（1）选择环境智能的交互场景；（2）专家定义意图词汇和交互任务，使任务合理地分布在不同场景下；（3）利用启发性的实验材料，让老龄被试定义并陈述对应特定指令的方向性手势，判断某一偏好的显著性（即得分显著高于其他方向）；（4）对比老年组和青年组的偏好数据。

3　老龄用户方向性手势偏好

3.1　交互场景与任务定义

研究选择了 16 个指令作为交互任务，任务列表见表 1。在确定这些词汇之前，先设定了 2 个交互场景：多媒体交互和信息处理。多媒体交互指和界面、产品的视听觉反馈进行互动。比方说，不仅是视频和音乐应用，很多设备也都会发出声响，来提示使用者当前的运行状况，或者充当主动交互的前馈环节。此时用户要想中止这种声响，就要采取名为“静音”的操作。信息处理指获取、管理和改变信息的措施，如调控屏显信息、答复机器人的服务请求、通过智能产品与亲友社交等。

在上述两个交互场景下，以专家头脑风暴法列举尽可能多的交互任务。比如前面提到的“中止声响”的任务作为一项功能，是很多产品都需要具备的。同样地，当要启动一个设备，或者开灯，又或者让一个程序恢复运行时，其心理预期都是“让它开始工作”。这样就总结出一个交互任务，用“启动”来命名。将类似这种意涵相同或近似的任务整合之后，得到 16 个模糊且有词义范围的任务语汇，作为实验用的指令平均地分配到两个场景中。

3.2　用户与实验材料

研究邀请 20 名 55~65 岁的老龄用户和 30 名 18~30 岁的青年为被试，老龄组成员最多只使用过电脑和智能手机两种电子产品。实验在室内进行。材料为纸质问卷，按照 Richardson（2001 年）的测试编制，并加以修改。每一个任务词是一道题，辅以一个例句来解释任务所用于的场景或者交互效果。例句的语法统一为 SVO 结构，或者无宾语；所有的措辞保持中性，且不能出现任何方向性的暗示。例句的作用是帮助被试更好地理解任务情境，防止对词义的过度解读。方向用图画表示，但不描绘活动主体，仅画出 3 个维度、6 个方向的坐标轴和箭头，实验问卷中的任务词和图示见图 2。问题的题干为：你认为该动词的意思在这个方向上的感觉明显吗？评分标准是：明显（3 分）；不太明显，但有朝这个方向运动的可能（2 分）；动词的意思和这个运动方向无关（1 分）。

3.3　实验程序

实验程序分为 3 个阶段：快速反应实验、用户自我评价和实景评价。快速反应实验的目标是让被试根

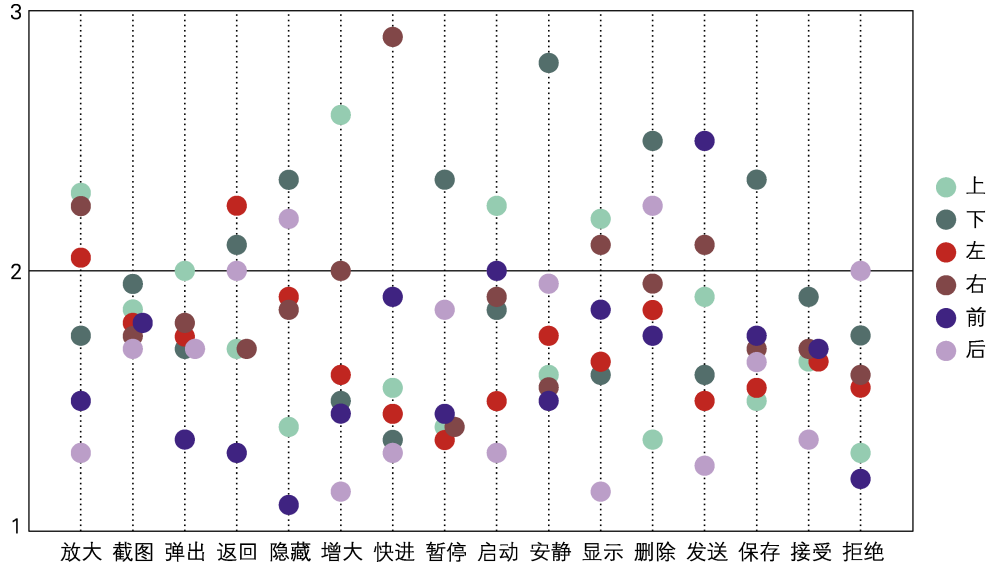

图 3 老龄用户对任务—方向配对的语义联想评分的均值

Fig.3 The meansemantic association ratings of task-direction by olderusers

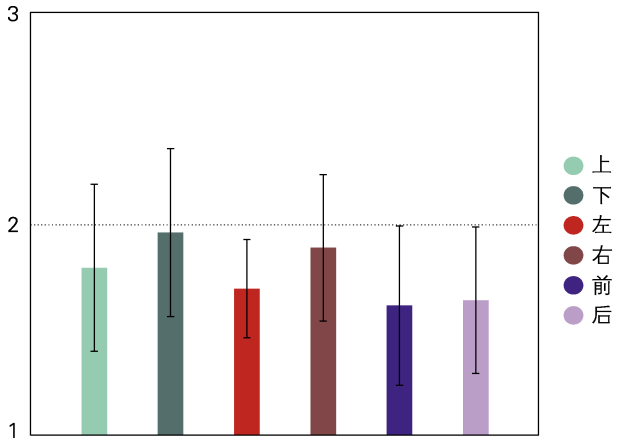

图 4 运动方向可联想度的评分均值

Fig.4 The mean ratings of semantic association of moving directions

据直觉迅速构建词义和运动方向的关联。在短暂的范例指导后，被试一边观看电脑显示屏上的方向图示，一边听程序播报的任务词。被试必须从自身经验和理解出发，在 10 s 内说出该词最容易联想到的运动方向，一旦确定便不能更改。这一阶段的答案先预留。

用户自我评价是让被试填写上述的问卷材料。此时有一种情况是：被试会因为对题意理解的偏差或缺少深思熟虑，给所有方向打出一样的分数。因此，在每道题完成后，研究者向被试出示他们在快速反应实验阶段的选择。通过比对、回忆，被试有时会认为之前的选项配得上更高的分数（2 分或 3 分）；有时他们虽然没有推翻原来凭借直觉做出的选择，但是不认为它的明显程度在评分等级上要和其他方向不同。换句话说，这个方向上的感觉只是稍微明显一点，因此，一开始才按第一反应选择了它。经过这样的调整后，被试还要在模拟的实际环境中仔细地评估所有被认为感觉明显的运动方向。他们对着屏幕或者一个产品，想象挥手互动的状况，再来确认是否要修改某些评分。

3.4 实验结果

3.4.1 老龄用户的手势偏好

根据实验结果，老龄用户给大多数任务—方向配对的评分都不高于 2 分，也就是处于感觉不明显和不太明显之间，老龄用户对任务—方向配对的语义联想评分的均值见图 3。选取评分均值最高的配对后，发现“截图—下”和“接受—下”的分值低于 2 分，说明在受访者看来，这两个任务在语义上相对更不容易联想到某一运动方向，或者普遍缺少形成此类联系的生活经验。从绝对值上看，“增大—上”、“快进—右”和“安静—下”的得分是很高的，大部分老龄被试都认为可以用该方向上的运动代表对应的操作。

那么，老龄用户的偏好在方向性本身上又有什么特点呢？首先，从频数上看，得分最高的配对中，从上到下划动的手势有 7 个，自下而上的 5 个，向左右前后方向挥动的各一个（如图 3）。这一结果与 Jeong（2017 年）和 Regal（2018 年）的结论是不相符的。究其原因，一者可能是由于实验对象的不同，触摸屏的摩擦力对垂直运动有阻碍；一者可能因为实验目标有差异，本研究列举的任务在认知上和垂直运动关联性更强。其次，从得分上看，16 个向下划动手势的均值分要高于其他方向，运动方向可联想度的评分均值见图 4。尽管如此，Friedman 检验显示，各方向之间的得分均值没有显著差异（χ^2=9.332，df=5，p=0.097，η^2=0.098），从左往右划动的得分略低于向下，继而是向上和向左，前后方向的运动得分较低。

通过统计每个任务下得分第二高的方向，将其和最高分方向相比较，可以检验被试对得分最高的任务—方向配对的感觉是否显著地强于其他配对。如果结

表 2　老龄被试在任务词—方向配对上的最高分和第二高分评分差异

Tab.2　The differences between the highest and second-highest scoring task-to-direction mapping

任务名	老年组评分均值		差异度		
	最高分方向	第二高分方向	*Z*	*P* 值	*r*
接受	1.900（下）	1.700（前）	0.611	0.541	0.116
删除	2.500（下）	2.250（后）	1.058	0.290	0.153
显示	2.200（上）	2.100（右）	0.372	0.340	0.067
快进	2.900（右）	1.900（前）	3.245	**	0.616
隐藏	2.350（下）	2.200（后）	0.728	0.467	0.099
增大	2.700（上）	2.000（右）	3.116	*	0.497
安静	2.800（下）	1.950（后）	2.874	**	0.548
弹出	2.000（上）	1.800（右）	1.069	0.285	0.139
拒绝	2.000（后）	1.750（下）	0.863	0.388	0.156
返回	2.250（左）	2.100（下）	0.632	0.527	0.104
保存	2.350（下）	1.750（前）	2.070	*	0.398
截图	1.950（下）	1.850（上）	0.577	0.564	0.078
发送	2.500（前）	2.100（右）	1.331	0.183	0.273
启动	2.250（上）	1.900（右）	1.008	0.313	0.226
暂停	2.350（下）	1.850（后）	2.202	*	0.334
放大	2.300（上）	2.250（右）	0.277	0.782	0.036

注：*$0.01 \leqslant p < 0.05$；** $0.001 \leqslant p < 0.01$；*** $p < 0.001$

表 3　任务词—方向配对最高分之间的三组两两比较

Tab.3　Three statistically significant pair-wise comparisons of highest scoring task-to-direction mappings

两两比较	标准检验统计量	标准误	调整后 *P* 值	*r*
截图—快进	−3.902	1.506	0.011	0.664
弹出—快进	−3.836	1.506	0.015	0.662
接受—快进	−3.769	1.506	0.020	0.616

果显著，表明这种认知联系是巩固的，至少能和其他选项拉开差距，不容易彼此混淆。用 Wilcoxon’s signed rank test 统计发现，16 个任务当中有 5 个的最高分手势方向要明显高于得分第二高者（效应量：$0.334 < r < 0.616$），分别是：“暂停—下”“增大—上”“快进—右”“安静—下”和“保存—下”。老龄被试在任务词—方向配对上的最高分和第二高分评分差异见表 2。在此，将这 5 对称为“强关联组”，和其他最高分配对相区分。相比之下，老龄被试对有的任务活动在运动方向上的感受不仅微弱，而且没有突出选项，比如截图和接受（如图 3），说明这些任务的词义本就缺乏构建方位隐喻的可能性。

使用 Friedman 检验，并经过最高分配对的两两比较，发现截图、弹出、接受和拒绝 4 个任务的语义特别不适合转化为中老年使用者易于接受的方向性手势。首先，整体比较结果将 16 个任务的评分分为 3 个子集，以上任务和其余 12 个不在一个集合内。其次，“截图—下”“弹出—上”和“接受—下”“快进—右”的两两比较都表现出显著差异性，任务词—方向配对最高分之间的三组两两比较见表 3。结合其平均分值，可以说明这些任务和任意方向语义上的关联都不强烈，不足以用运动的方向来表达。

3.4.2　老龄和青年用户在手势偏好上的比较

比较老龄和青年被试以后，可以看到，两组对最高分方向的选择大部分是一致的。16 个任务当中，只有显示、接受和拒绝的最高分方向不同。青年组认为“显示—前”“接受—右”“拒绝—左”的配对在认知上的联系更加紧密。除了和老年组 5 个“强关联组”配对一致外，青年组还有“删除—下”“返回—左”和“发送—前”3 组最高分也符合“强关联组”的定义。此外，即便是对得分第二高方向的选择，老龄用户也和青年组表现出某种一致性。两组对隐藏、快进、暂停、启动、安静、丢弃和发送这 7 个任务的感觉第二明显方向的选择是一样的。

接下来，研究比对了 13 个最高分相同方向的得分差异。除了“安静—下”以外，其他 12 个最高分方向的得分都没有体现出组别带来的影响，即统计学上的差异不显著，被两组被试同时给出最高分的任务词—方向配对的组间评分差异见表 4。这意味着，老龄用户交互指令的语义与特定手势运动方向相联系

表 4 被两组被试同时给出最高分的任务词—方向配对的组间评分差异

Tab.4 The between-group differences in ratings of the first-ranked task-to-direction mappings in two user groups

任务名	差异度		
	Mann-Whitney *U*	*Z*	*P* 值
删除	299.00	−0.023	0.981
快进	291.00	−0.379	0.705
隐藏	298.50	−0.032	0.974
增大	272.50	−0.784	0.433
安静	212.00	−2.060	*
弹出	236.00	−1.354	0.176
返回	241.50	−1.284	0.199
保存	284.50	−0.335	0.737
截图	251.00	−1.041	0.298
发送	281.00	−0.449	0.653
启动	270.00	−0.655	0.513
暂停	264.50	−0.760	0.447
放大	249.00	−1.129	0.259

注：*0.01≤p<0.05；** 0.001≤p<0.01；*** p<0.001

的认知程度并不低于年轻人。虽然平均分大多是老龄组较低，但差距并不明显。因而，总体上看，本文的假设是不成立的。

研究还发现，青年组的最高分方向和第二高得分方向的差异要更加显著（Z=2.741，p<0.01，r=0.217）。换句话说，老龄用户对认知关联性最强的方向在感受的强度上可能不及年轻人，他们没有那么明确地指出任务就应该和特定方向来配对。这就一定程度上解释了为什么青年组有 8 对得分最高的任务—方向配对分值显著高于第二高者，而老龄组只有 5 对。

4 实验结果讨论

4.1 适用于老龄用户的方向性手势设计

实验发现，16 个任务当中，老龄用户能够将其中 5 个的语义和特定的运动方向相联系，明显超越其他方向的程度。按照这种明显度从高到低的排序，依次是："快进—右""安静—下""增大—上""暂停—下"和"保存—下"。可以认为，快进播放、设备静音、交互输出量（如灯光、声响）增大、停止工作和保存当前文件/进程这 5 类指令比较适合用方向性手势来表现，而其他任务的手势配对则相对更容易混淆，有可能加剧用户负担。整体上，老龄用户没有表现出对特定方向（如向下）的手势偏好。

另外，研究发现老龄组和青年组对一些任务的评分有一些不同。例如，老龄用户更加倾向于认可"快进"任务和向前运动的认知关联性，给这一配对的评分要略微高于青年组。又比如，老龄用户对"安静—下"的评分显著高于青年组（如表 3）。对此，研究者推测老龄被试在激活固有认知、检索已有经验的时候，更多是从词义本身去展开联想，而没有受到智能信息产品的影响。相比之下在互联网时代成长起来的年轻用户，可能只会想到快进和暂停的图标，对不够明显的语义关联则不那么敏感，这就造成了判断上的差别。总的来说，在设计应用方面，建议优先为上述几项特别适合用方向性表达的任务进行手势定义，这样能保证其对于不同年龄层和知识背景使用者的通用性。

4.2 方向性手势的应用风险

方向性手势虽然执行简单，且作为系统的语法有很强的跨设备、跨场景的延展性，但是它在实际应用中是有风险的。空间三维坐标轴是以人的视线和躯干朝向来决定的。平躺、面对前方和俯视桌面 3 种情况下，上—下和前—后两组坐标系是要互换的；而当要控制位于身体侧方向的事物时，左—右与前—后两组坐标系也不同于常态。因此，尽管实验获得了老龄用户在一些交互任务上的方向性手势偏好，但在实际应用当中，仍然要谨慎地设计交互流程、界面与响应机制，尽量不要滥用手势，也不要涉及要求精确性的任务。

5 结语

方向性手势利用了挥手、划动这样的基本肢体运动当中的三维指向特征，借助方位隐喻，将朝向既定方向的划动姿势指定为表示特殊含义的交互手势，在理论上提供了一个集成不同认知模型和映射逻辑的交互规范，有助于降低人们特别是老龄用户的学习成本。实验研究发现，当方向性手势被假定用于环境智能下的交互场景时，老龄用户会因为固有的认知、经验和联想，产生明显的任务—手势映射的偏好。这种偏好和青年人高度一致，但强度有所不及。当然，方向性手势偏好也可能因文化差异等因素而不同，同时，由于样本量等限制，所以尚不清楚本文的结论是否受其他潜在因素的影响。就这些方面，还须更多的后续研究加以深度探讨。

参考文献：

[1] 孙效华, 周彤, 李博. 隔空手势交互的设计要素与原则[J]. 包装工程, 2015, 36(8): 10-13.
SUN Xiao-hua, ZHOU Tong, LI Bo. Design Key Elements and Principles of In-Air Gesture-Based Interaction[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(8): 10-13.

[2] CHENG K Y, LIANG R H, CHEN BY, et al. Icon: Utilizing Everyday Objects as Additional, Auxiliary and Instant Tabletop Controllers[C]. Atlanta: Proceedings of CHI'10, 2010.

[3] BORODITSKY L. Metaphoric Structuring: Understanding

Time through Spatial Metaphors[J]. Cognition, 2000(75): 1-28.

[4] HUANG Y, TSE C S. Re-examining the Automaticity and Directionality of the Activation of the Spatial-Valence “Good is Up” Metaphoric Association[J]. PLOS One, 2015, 10(4): 123-371.

[5] HURTIENNE J, STOBEL C, STURM C, et al. Physical Gestures for Abstract Concepts: Inclusive Design with Primary Metaphors[J]. Interacting with Computers, 2010, 22(6): 475-484.

[6] ZWANN R A. Spatial Iconicity Affects Semantic Relatedness Judgments[J]. Psychonomic Bulletin & Review, 2003, 10(4): 954-958.

[7] RICHARDSON D C, SPIVEY M J, EDELMAN S, et al. Language Is Spatial: Experimental Evidence for Image Schemas of Concrete and Abstract Verbs[C]. Erlbaum: Proceedings of the 23rd Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 2001.

[8] KÓCZY J B. Orientational Metaphors[C]. Singapore: Cultural Conceptualizations in Hungarian Folksongs, 2018.

[9] BURNETT G, CRUNDALL E, LARGE D, et al. A Study of Unidirectional Swipe Gestures on In-Vehicle Touch Screens[C]. Eindhoven: Proceeding of AutomotiveUI’13, 2013.

[10] REGAL R, GOMER J, MOORE K. Gesture Preference with Horizontal and Vertical Multi-Touch Devices[J]. Advances in Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations, 2016(1): 357-366.

[11] JEONG H, LIU Y. Effects of Touchscreen Gesture’s Type and Direction on Finger-Touch Input Performance and Subjective Ratings[J]. Ergonomics, 2017, 60(11): 1528-1539.

[12] 覃京燕, 陈智博, 张文昊, 等. 家庭智能产品的主动交互设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(20): 67-73.
QIN Jing-yan, CHEN Zhi-bo, ZHANG Wen-hao, et al. Active Interaction Design of Family Intelligent Products[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(20): 67-73.

（上接第 114 页）

[4] 董玉妹, 董华. 设计赋能: 语境与框架[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2019, 181(1): 188-193.
DONG Yu-mei, DONG Hua. Design Empowerment: Context and Framework[J]. Journal of Nanjing Art Institute(Fine Arts & Design), 2019, 181(1): 188-193.

[5] ADAMS R. Empowerment, Participation and Social Work[M]. London: Macmillan Education UK, 2008.

[6] 程萍. 社会工作介入农村精准扶贫: 阿马蒂亚·森的赋权增能视角[J]. 社会工作, 2016(5): 15-23.
CHENG Ping. Social Work Intervening in Rural Targeted Poverty Alleviation: Amartya Sen’s Perspective of Empowerment[J]. Social Work, 2016(5): 15-23.

[7] SHEARER N B. Health Empowerment Theory as a Guide for Practice[J]. Geriatr Nurs, 2009, 30(2): 4-10.

[8] SHEARER N B, FLEURY J, WARD K A, et al. Empowerment Interventions for Older Adults[J]. Western Journal of Nursing Research, 2012, 34(1): 24-51.

[9] MANZINI E. Design, When Everybody Designs: An Introduction to Design for Social Innovation[M]. Cambridge: MIT Press, 2015.

[10] PENNEY J, SlAY J, STEPHEN L. People Powered Health: Co-Production Catalogue[M]. London: NESTA, 2012.

[11] LOWGREN J, STOLTERMAN E. Thoughtful Interaction Design[M]. Cambridge: MIT Press, 2004.

[12] WILDE J, WILDER. Visual Literacy: A Conceptual Approach to Graphic Problem Solving[M]. New York: Watson-Guptill, 2000.

[13] ASHBY M F, JOHNSON K. Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design[M]. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2009.

[14] LIM Y, LEE S, KIM D. Interactivity Attributes for Expression-Oriented Interaction Design[J]. International Journal of Design, 2011, 5(3): 113-128.

[15] 张黎. 从计算到赋权: 对抗性设计如何从知识构建行动[J]. 南京艺术学院学报 (美术与设计), 2019, 181(1): 82-88.
ZHANG Li. From Computation to Empowerment: How Adversarial Design Construction Action from Knowledge[J]. Journal of Nanjing Art Institute (Fine Arts & Design), 2019, 181(1): 82-88.

[16] DISALVO C. Adversarial Design as Inquiry and Practice[M]. Cambridge: Mit Press, 2012.

[17] 罗仕鉴, 潘云鹤. 产品设计中的感性意象理论、技术与应用研究进展[J]. 机械工程学报, 2007, 43(3): 8-13.
LUO Shi-jian, PAN Yun-he. Review of Theory, Key Technologies and Its Application of Perceptual Image in Product Design[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(3): 8-13.