

盲人视觉艺术的触摸屏探索

Dragan Ahmetovic, Nahyun Kwon, Uran Oh, Cristian Bernareggi, Sergio Mascetti

摘要

本文研究了如何使用触摸屏探索和口头反馈来支持盲人访问视觉艺术作品。我们提出了两种艺术探索方式。第一个是基于属性的探索，扩展了之前关于触摸屏图像可访问性的工作，并提供了艺术品视觉元素的细粒度分割；当用户触摸一个元素时，将读取关联的属性。第二个是基于层次的探索，由领域专家设计，提供多层次的艺术品分割；用户首先访问整个艺术品的一般描述，然后探索视觉元素的粗分割与相应的高级描述；一旦选择，粗语义部分将被细分为细粒度部分，用户可以访问它们以获得更详细的描述。这两种探索模式通过移动 Web 应用程序实现，并通过 10 名盲人参与者的用户研究进行了评估。两种模式都得到了参与者的赞赏。基于属性的探索被认为更容易访问。相反，分层探索被认为更容易理解、有用、有趣和迷人，参与者用这种方式记住了更多关于艺术品的细节。参与者评论说，这两种方式配合得很好，因此两种方式都应提供。

关键词：艺术可访问性，失明，触摸屏，音频反馈。

1 引言

能够参与文化生活和欣赏艺术是《世界人权宣言》(第 27 条)的规定之一。世界各地的立法者都制定了法律和法规，以确保这些条款惠及所有个人，包括残疾人。然而，这些规定很少得到执行，因此，残疾人参与文化生活的程度仍远未达到一般人口的水平。对于盲人来说，参与文化生活的最大障碍之一是难以接触和欣赏视觉艺术。可访问的表示，如触觉图像，3D 复制品或文本描述可以用来传达关于视觉艺术品的信息。然而，并不是所有的艺术场所和文化景点都有无障碍的表现形式，即使有，也只有少数艺术作品有无障碍的表现形式。此外，通过非视觉渠道很难对视觉艺术品提供准确的空间理解。触觉图像和 3D 复制品也不包括在内，并且不能总是被定位在原作的附近。

为了支持盲人(使用屏幕阅读器与移动设备进行交互)访问视觉艺术，我们研究了使用触摸屏探索艺术作品，并为被触摸的元素提供了口头描述。对于这项任务，我们设计了两种探索模式，并将其实现为移动 Web 应用程序：基于属性的探索，根据先前关于基于触摸屏的图像可访问性的文献，我们将其适应于艺术品可访问性的问题域。基于层次的探索，由视觉障碍(VI)人士的艺术无障碍领域专家设计。我们对 10 名盲人参与者进行了用户研究，重点关注以下研究问题：这两种技术在多大程度上为盲人所欣赏？在盲人的欣赏、喜好和艺术品记忆方面，哪种技术更好？

为了衡量参与者的欣赏程度，我们定义了七个主观指标来评估所检查的探索方式：易于访问、可理解、认知要求高、有用、有趣、迷人和详尽程度。此外，我们还测量了参与者在探索访问艺术品后所记住的关于艺术品的信息和细节的数量。

两种模式在所有考虑的指标上都获得了积极的分数。特别是，所有参与者都认为分层探索是可以理解的、有趣的、迷人的和有用的，并给它打了 6 分或更高的主观分数(满分为 7 分)。对于这一指标，分层探索也高于基于属性的模式。相反，基于属性的方法被认为更容易使用，平均得分为 6.4 分。尽

管事实上，参与者认为这两种方式都不能提供对艺术品更详尽的理解，但通过分层探索，参与者更好地记住了艺术品。

很少有参与者对一种模式表现出明显的偏好。相反，大多数人认为这两种方法可以很好地相辅相成，应该一起使用。事实上，许多评论都支持这样一种直觉，即在一种模态中探索艺术作品时获得的信息形成了一种初始知识，有助于在另一种模态中探索，从而提高对艺术作品的整体理解。我们相信，我们的研究结果将有助于指导未来基于触摸屏的技术的设计，以方便 VI 患者欣赏艺术品。

2 相关工作

参观艺术场所，如博物馆或艺术画廊，欣赏视觉艺术作品对盲人来说是一个挑战。具体而言，我们发现了四个关键问题：检索艺术场地资料。之前的工作已经报道了大多数艺术场所的在线资源存在严重的可访问性缺陷，对于患有 VI 的人来说，这导致他们很难检索到大多数艺术场所的信息；进入艺术场所。对于 VI 患者来说，其中一个主要困难是如何进入博物馆并在场馆内导航，一方面，这是由于缺乏指导性的基础设施，如触觉铺装，另一方面，博物馆工作人员和策展人经常关心艺术品的安全，因此不鼓励患有 VI 的游客自主活动；获得艺术场地工作人员的支持。艺术场所的残疾参观者有时会面临与其他参观者和博物馆工作人员互动的困难，因为他们不习惯残疾人，特别是博物馆工作人员的缺乏支持，会成为 VI 人群欣赏艺术的关键问题；访问的艺术品。大多数视觉、雕塑和建筑艺术作品只能从视觉上欣赏，只有少数选定的作品具有 VI 的人可以访问的表现形式，而访问实际的艺术品基本上是不可实现的，事实上，据报道，缺乏探索艺术的可能性是盲人博物馆游客的一个重要问题。

由于这些问题，盲人很少参观艺术场所，有些盲人甚至觉得艺术场所不应该为他们提供无障碍功能。为了解决这些问题，研究了一些方法学方法和辅助技术。特别是，移动和网络技术已被提出作为可扩展的解决方案，以支持视觉艺术和艺术场所的可访问性。

2.1 艺术场馆可及性

为了支持盲人访客访问艺术场所的信息，先前的研究促进了详尽和可访问的艺术场所网站内容的创建。其他作品通过虚拟听觉游览探索艺术场所信息获取。特别是，研究人员专注于使非视觉访问能够获得博物馆布局的详细描述，以及与博物馆中艺术品图像相关的替代文本内容。

许多辅助技术被提出来改善 VI 游客的艺术场地可达性。共同的特点是可访问的建筑布局和入口，一致的照明和触觉的场地地图。相反，扶手导轨或触觉地板等功能很少出现。数字支持为导航辅助提供基于位置的服务，并在艺术品附近提供音频内容。特别是最近的精确导航辅助系统，可以将导航和艺术欣赏这两个方面结合起来。

除了旨在改善信息、场地和艺术品可达性的技术方法外，之前的作品还探索了如何改善工作人员对残疾人参观体验的支持。为此，先前的工作建议在访问计划和员工培训中让视障利益相关者参与。但是，干预员工培训的可能性很小，而且很难在较大的规模上实施。

2.2 艺术作品的可访问性

盲人通常使用触觉图像或语言描述来访问艺术品。口头描述，以音频导游的形式，在大多数博物馆都有。然而，音频指南通常是为视力正常的用户设计的。他们可能需要插入数字代码或在艺术品附近提供的扫描标签，这对盲人来说很困难。此外，音频导游通常优先考虑吸引人的叙述，并假设游客

可以看到艺术品，而不是为盲人游客提供准确的视觉信息。虽然有专门为 VI 患者设计的描述，但它们很少可用，并且包含在音频指南中。

触觉图像 (即浮雕) 也很常见，但通常只有少数选定的艺术品才能使用，因为它们需要特别设计和制作。现有的触觉图像也经常得不到维护，因此容易腐烂。3D 打印可以促进 3D 艺术品复制品的创建，例如雕塑，以及为 2D 艺术品创建触觉图像。然而，2D 艺术品首先需要设计成触觉图像。自动图像处理可以加快触觉图像的创建，但尚不清楚与专业制作的触觉图像相比质量如何。此外，触觉图像使用盲文标签，只能容纳简短的描述，许多 VI 患者并不精通盲文。

还有一种结合的方法，将听觉反馈与触觉图像相关联，提高了具有 VI 的人对艺术品的理解。与纯粹的触觉表现相反，盲文熟练程度是不需要的，因为文本内容可以口头提供。3D 打印模型也可以增强多模态听觉触觉探索。然而，这种方法需要自定义适应 3D 打印模型与额外的硬件。

Web 技术也可以用于开发艺术品可访问性的解决方案。例如，家庭打印的艺术品触觉呈现可以与在线音频指南相结合，通过同时的触觉探索来增加听觉艺术品的访问。不过，这种探索方式取决于用户在听音频指南时探索触觉表现的能力。此外，触觉表征需要由专家设计，然后由用户在家打印。屏幕阅读器已被用于支持与艺术品图像相关联的替代文本内容的呈现，但无法探索艺术品的视觉空间结构。

在移动设备上，与屏幕阅读器交互相关的触摸屏探索可以支持与图像的不同部分相关联的替代文本内容的视觉空间探索。在 Microsoft SeeingAI 中实现了类似的方法，用于描述当用户与照片交互时捕捉到的对象。然而，这种交互模式之前并没有应用于艺术品的可访问性。

我们在视觉艺术作品的可访问性方面取得了最新进展，介绍了两种新颖的听觉触觉艺术作品探索交互技术，并将其作为移动 Web 应用程序实现。这两种技术利用触摸屏作为扫描艺术品图像区域的界面，而关于探索元素的附加信息则通过口头反馈提供。使用商用移动设备，用户可以在移动中访问这些数据，例如在与朋友或家人参观博物馆时。第一种技术使空间屏幕阅读器交互适应艺术品的可访问性，提出基于特别设计的描述的艺术品分割。第二种是由领域专家设计的，展示了艺术作品元素的分层分割和更详细的描述。这两种技术都基于下述描述的 DescriVedendo 艺术品描述提供口头内容。

2.3 DescriVedendo

DescriVedendo 是一种用于众包创建具像艺术描述的方法，设计为具有 VI 的人可访问。与之前不同，可访问艺术描述的指导方针是由领域专家设计和实现的，而在 DescriVedendo 中，指导方针是根据迭代的众包设计创建和实现的，除了领域专家外，还包括最终用户和志愿者众包工作者。这些指南是从一个由有视力的志愿者众工创建的自由形式的艺术品描述数据集开始定义的，确定了最终用户和领域专家认为更容易访问的描述之间的共同点。

目前的 DescriVedendo 指导方针包括 10 个关键点，例如，处理艺术品的复杂性 (指导方针 1) 和现实主义水平 (指导方针 2)。根据 DescriVedendo 指导方针，众包工作者可以生成详细描述艺术品的关键视觉元素的描述，从而更好地理解其结构和视觉特征。通过专门设计的问卷，生成的描述由其他众包工作者、最终用户和领域专家迭代验证和改进，直到达到令人满意的结果^[1]。

3 本文方法

所提出的两种技术扩展了空间屏幕阅读器交互: 在图像中识别不同的区域, 每个区域都与屏幕阅读器在访问该区域时读取的替代文本相关联。在我们的方法中, 就像在标准的屏幕阅读器交互中一样, 要访问区域, 用户可以通过用手指扫描触摸屏来自由地探索图像。当滑动手指时, 每次触摸一个新的区域, 它的替代文本描述就会被读取。通过本体感知 (即通过感知自己的身体运动来理解所探索元素的空间分布), 有可能理解所探索图像的结构。或者, 用户可以使用左/右滑动手势依次访问每个区域并阅读其替代文本。

在这个交互范式的基础上, 我们设计了两种新颖的艺术作品探索模式: 基于属性的探索和分层探索, 它们随后以 Web 应用程序的形式实现, 可以通过移动设备访问。识别图像区域和相应的替代文本的过程基于 DescriVedendo 描述, 但它对每种技术都是特定的, 如下所述。在本研究中, 使用基于 Web 的工具手动执行分割。然而, 图像分割和注释也可以由非专业的人群工作者进行众包, 或者自动生成, 就像之前的作品一样, 使用自动分割艺术品来创建触觉图像。

3.1 基于属性的探索

基于属性的探索旨在实现艺术品图像的快速空间扫描, 并为图像中的每个项目提供口头描述。对于描述中提到的每个项目 (例如字符, 对象), 都会创建一个多边形区域。每个区域都由一个标签 (即物品的名称) 标识, 并与一组属性相关联: 从描述中衍生出来的简短单词或句子, 用于定义物品的特征, 如颜色、形状、运动和位置。当触及区域时, 标签和属性将作为替代文本读取。

例如, 以下是 DescriVedendo 所描述的文章, 指的是画 “Cristo e la Samaritana al pozzo” 中描绘的 5 个门徒, 如图 1 所示:

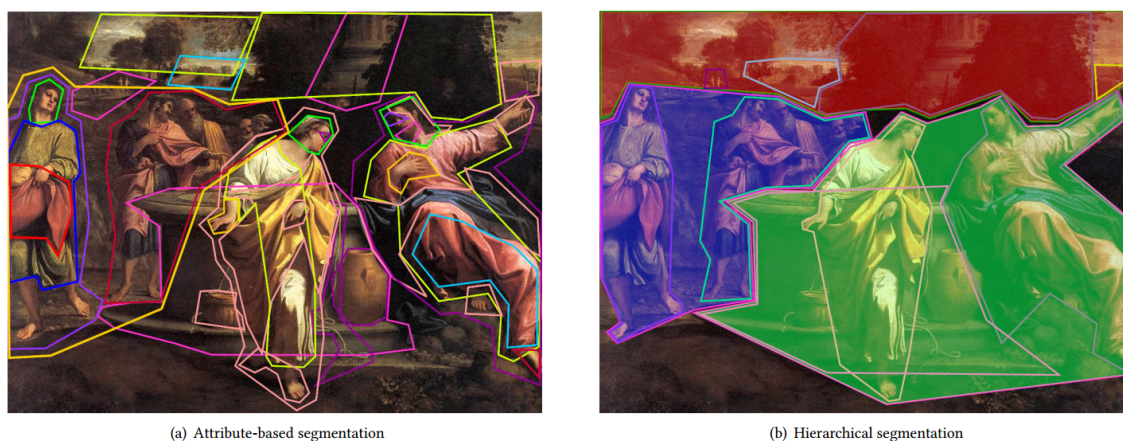


图 1: “Cristo e la Samaritana al pozzo” (耶稣基督和撒玛利亚妇女在井边) 片段

“在背景中, 我们看到五个门徒, 他们似乎来自耶稣让他们去找东西吃的那个村庄。的确, 在左边的年轻弟子的膝上, 我们看到一个红布篮子, 里面放着一些面包。这是唯一一个独自行走的门徒: 他的形象很丰满, 穿着一件绿色的外衣, 一直到小腿; 他的目光转向耶稣和那个女人相遇的场景, 他怀着敬意和好奇地观察着这个女人。在中间, 在井和撒玛利亚人的后面, 因此离我们比较远, 我们看到另外四个年长的门徒, 他们两人一组说话, 用手势指着井。他们也可能试图凭直觉去理解耶稣和女人之间的对话。”

属性分割将描述中提到的每一项都映射到它的特征上, 如图 1(a) 所示: 五个门徒——似乎来自耶稣叫他们去找东西吃的那个村子; 四个年长的门徒——用手势指着井, 两人一组交谈, 可能是想凭直

觉理解耶稣和那个女人之间的对话；年轻的弟子-独自行走，显示完整的数字；凝视——转向耶稣和女人，恭敬而好奇地观察；红布篮子——还有一些面包；绿色束腰外衣一至小腿。

通过触摸屏访问区域时，系统读取该区域的标签和相关属性。注意，这些区域可以重叠。在这种情况下，当用户触摸包含在两个区域中的一个点时，较小的一个被激活。这是有用的，例如，在图 1(a) 所描述的井的情况下，它被撒玛利亚女人部分覆盖。在这种情况下，撒玛利亚女人是较小的区域，因此阅读重叠的区域。

3.2 基于层次的探索

作为我们设计过程的一部分，我们邀请了两位 *DescriVedendo* 成员作为领域专家，一位是语言学家，另一位是盲人学生的教育工作者，他们在艺术策展和 VI 患者可访问性方面拥有多年的经验。作为非正式测试，我们请领域专家尝试基于属性的模态实现，并提供他们对使用这种技术探索艺术品的意见。他们每人对系统进行了大约 5 分钟的测试，之后他们提供了许多来自这次经验的见解。讨论持续了大约 1 个小时。领域专家报告说，他们对这种互动印象深刻，并将其与触觉图像的探索进行了比较。

然而，他们也强调了三个可能的问题，在设计一种新的探索方式时考虑了这些问题：与触觉图像类似，基于属性的探索不能立即提供对艺术品结构的全面理解。相反，它需要从区域探索中衍生出来，这可能需要认知；基于属性的方法可能会让人听起来疲惫，因为它会触发许多简短的话语，通常需要高频阅读，因为屏幕上有许多小区域，即使是手指在屏幕上的一个小动作也会遍历其中许多区域；在触觉图像中，很难识别不同的探索部分是什么，以及它们是如何相互关联的。在基于属性的探索中，音频描述能够帮助我们意识到元素是什么，但是因为描述之间是不相关的，所以我们仍然很难清楚地理解元素之间的关系。

由此产生的探索模式提供了对艺术作品的分层访问，分为三个层次。零级是指整个图像：在用户开始探索之前，会提供一个大致描述。描述是从 *DescriVedendo* 中提取的，包括关于艺术品的信息（例如，艺术家，大小，方向）和关键艺术品区域的空间配置的描述。根据描述指南，关键区域通常是：主要主题，第二平面和背景。

在听了一般的艺术品描述后，用户可以进入层次结构的第一级，在这个层次结构中，他们可以探索关键区域。由于关键区域比基于属性的区域更少更大，用户可以在触摸屏上滑动手指，而不会触发许多不同的语言描述。这种方法的目的是比探索基于属性的区域更省力。与关键区域相关联的替代文本是 *DescriVedendo* 中对同一部分使用的完整描述，因此它比基于属性的区域更详细。

当访问一个关键区域时，双击手势将在层次结构的第二级开始探索所包含的区域。第一级提供的关键区域描述告诉用户所包含的第二级区域的结构。从第二级探索，用户可以通过双击手势返回第一级探索。第二级区域也比基于属性的区域更少更大，并且每个区域都对应于 *DescriVedendo* 中描述的元素，而不需要进一步细分。例如，在基于属性的方法中，最左边的弟子有一个区域，描述中提到的其他三个描述其细节的区域：凝视、绿色上衣和红布篮子（见图 1(a)）。相反，在层次结构级别 2 中，只有一个区域用于门徒（参见图 1(b)）。

至于关键区域，与第二级区域相关联的替代文本是 *DescriVedendo* 中使用的相应描述。在我们的例子中，描述“五徒弟”的部分是第二个平面关键区域，在图 1(b) 中用蓝色表示。重点区域包含两个

在第二层的区域，“年轻弟子”和“四个年长弟子”。相关描述如下：五个门徒 (关键区域)——似乎来自耶稣让他们去找东西吃的那个村庄。在画中左边的年轻弟子的膝盖上，我们看到一个红布篮子，上面画着一些面包；年轻的弟子 (局部)——这是唯一一个独自行走的弟子：他身材丰满，穿着一件绿色的束腰外衣，一直到小腿；他的目光转向耶稣和那个女人相遇的场景，他尊敬地、同时带着好奇地观察着那个女人；四个年长的徒弟 (局部)——手势指向井，同时两人一组交谈。他们可能是想凭直觉去理解耶稣和女人之间的对话。

正如我们所看到的，两种方法中的文本内容是相似的，但是在属性分割中，它被划分为可以直接访问的更小的元素，而分层分割有关键区域，需要输入才能访问详细的区域。

4 复现细节

4.1 与已有开源代码对比

由于原论文没有开源代码，本项目复现代码全部基于安卓系统及其相关开源库构建，目前可导出适用于安卓系统的应用软件供使用体验。

4.2 界面分析与使用说明

如图 2 所示，可选择左右两边的不同模式，然后通过触摸中间的图画获得音频和振动反馈。其中“开始”对应于图画的背景介绍功能，“对象模式”和“层级模式”分别对应于原文中的基于属性的探索和基于层次的探索，“边缘振动”、“音效”和“详细描述”是本项目新添加的功能，分别能提供触摸图画对象边缘时用振动引导用户探索轮廓、图画中有声对象的对应音效、对象模式中细分对象的具体文字描述，这些新增功能可以给予用户给形象的图画体验。



图 2: 操作界面示意

5 实验结果分析

为了调查所提出的探索方式是否为盲人所接受，我们对 10 名盲人参与者进行了一项研究。最初，我们的目标是在博物馆进行研究，将探索方式与触觉图像基线进行比较。然而，由于新冠肺炎疫情，我们无法在博物馆进行研究。因此，触觉图像基线无法测试。相反，我们通过电话进行了研究，使用两种探索模式的移动 Web 应用程序实现。

5.1 参与者

我们通过我们的联络网和当地的六型糖尿病患者协会招募了 10 名盲人参与者。其中 3 人是法定盲人，其他人则完全失明。大多数人出生时就失明，而 4 人是晚发性失明，定义为 12 岁后失明的人。受试者年龄 25 到 62 岁 (37.3±11.1)。只有 P3 对这幅画的描述有经验，而 P10 对这幅画的主题有先验知识，但对画本身没有先验知识。

除 P5 为 Android 用户外，其他与会者均使用 iOS 设备。在这项研究中，每个参与者都使用他们习惯使用的设备。自我报告的移动设备专业知识普遍较高，所有参与者报告的得分为 4 或 5 分 (满分为 5 分)，除了 P9 报告的 3 分。参与者每年参观艺术场所的次数多在 2 至 5 次之间。异常值是 P5，他们大约每月去一次博物馆和美术馆，而 P8 和 P9 很少去博物馆。详细的人口统计资料载于图 3。

ID	Sex	Age	Visual Impairment		Expertise with mobile (1-5)	Art venue visit freq.
			Type	Onset		
P1	M	48	Totally blind	Birth	5	3 / y.
P2	F	25	Legally blind	Birth	5	3 / y.
P3	M	62	Legally blind	45 y.	4	4 / y.
P4	F	41	Totally blind	Birth	5	3 / y.
P5	M	32	Totally blind	22 y.	4	1 / m.
P6	M	32	Totally blind	14 y.	5	4 / y.
P7	M	37	Totally blind	Birth	4	2 / y.
P8	M	37	Totally blind	13 y.	4	rarely
P9	F	25	Legally blind	Birth	3	rarely
P10	M	34	Legally blind	Birth	5	5 / y.

图 3: 参加者的人口统计资料

5.2 研究设计与方案

我们首先收集了参与者的人口统计信息，并为他们提供了研究及其目标的总体描述。然后，我们引入了两种交互模式中的一种，以抵消秩序的影响。偶数参与者从基于属性的模式开始，奇数参与者从基于层次的模式开始。由于这幅画是一幅风景画，我们提醒参与者将设备设置为风景模式。我们描述了考虑的模式，并要求参与者尽可能多地探索艺术作品。

探索结束后，我们要求参与者描述艺术品，并收集他们对一系列测试模态问题的答案。我们在其他探索模式中重复了同样的过程。我们没有要求参与者再次描述艺术品，因为我们只对他们在第一次探索后学到的东西感兴趣。最后，我们对两种模式提出了额外的比较问题和评论。这项研究平均持续 30 分钟。

5.3 评价指标

在每种探索模式之后，使用问卷来评估参与者是否感知到所考虑的模式：易于访问——与探索模式的交互是否易于访问；可理解——所提供的信息是否易于理解；认知要求高——与探索模式的交互是否被认为是认知要求高；有用——所提供的信息是否被认为有用；有趣——所提供的信息是否被认为有趣；迷人的——是否认为通过提供的探索方式访问信息是迷人的；详尽的——关于艺术品结构及其元素的信息是否被认为是完整的。每项指标的得分采用李克特 7 分制 (1-完全不同意到 7-完全同意)。

在测试了两种探索模式后，参与者还被要求将它们进行比较，考虑到每个指标 (例如，哪种模式更容易理解)，以验证所提供的绝对分数是否与两者的相对感知相对应。

我们还测量了探索的持续时间，对于第一种探索方式，我们要求参与者描述画作，以评估哪种方式能更清晰地理解艺术品。我们根据参与者对艺术品的记忆程度，为每一种描述打分：1 分，如果他们什么都不记得或几乎什么都不记得；2 分，他们是否回忆起一些关键元素 (耶稣，撒玛利亚人，门徒)；3 分，是否掌握了所有关键要素；4 分，他们是否还记得一些细节；如果他们记得全部或几乎所有元素，则为 5 分。

我们对收集到的指标进行统计分析。对于描述评分，我们使用 Mann-Whitney U 检验，这是一种适合于序数、未配对数据的非参数检验。其他指标使用符号检验进行比较，这也是一种非参数检验，证明适用于分析配对 Likert-like 数据。

5.4 实验结果

我们将详细介绍对收集的指标进行统计分析的结果。然后，我们讨论参与者的偏好以及两种模式之间的比较结果。最后，我们报告和检查参与者的意见。

5.4.1 量化分析结果

图 4 报告了收集到的 7 个指标的量化分数。对于这两种探索方式，平均得分都为正，表明这两种方式都得到了参与者的认可。特别是，基于属性的探索被认为是容易获得的，得分为 6.40 ± 0.70 。平均得分在 5 分以上的还包括：可理解 (5.4 ± 0.84)、有用 (5.3 ± 1.83)、有趣 (5.8 ± 1.4)、详尽 (5.2 ± 2.04)。基于属性的探索也被认为是迷人的，得分为 4.7 ± 1.64 。分层探索在大多数指标上获得了 6 分以上的分数。评价结果为：可理解 (6.6 ± 0.52)、有用 (6.7 ± 0.48)、有趣 (6.7 ± 0.48)、迷人 (6.3 ± 0.48)、详尽 (6.2 ± 0.79)。得分 (5.70 ± 0.67)，也被认为是容易访问的。

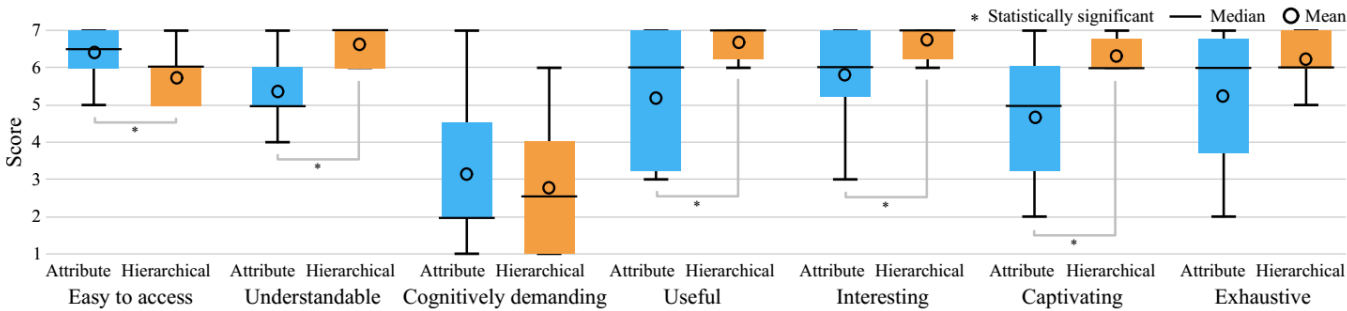


图 4: 问卷得分

比较两种模式，基于属性的探索被认为更容易访问。差异有统计学意义 ($Z = 2.3, p < .05$)。相反，人们发现等级情态更容易理解。同样在这种情况下，差异有统计学意义 ($Z = 2.65, p < .01$)。两种模式都没有被认为比另一种更需要认知。对于这一指标，基于属性的探索得分为 3.1 ± 1.91 ，而分层探索得分为 2.8 ± 1.87 。分层探索也获得了更高的有用性分数，并且被认为比基于属性的探索更有趣和吸引人。对于所有三个指标，差异有统计学意义 ($Z = 2.2, p < .05$)。尽管分层探索比基于属性的探索得分更高，但没有一种模式被认为能提供对艺术品更详尽的理解。

与用户主观评价相比，如图 5 所示，分层探索实际上更好地理解画作中包含的元素 ($U = -2.19, p < .05$)，达到了 4.8 ± 0.45 的记忆评分，而基于属性的探索为 3.6 ± 0.55 。同时，从图 5 中可以看出，分层

方法所需要的探索时间 (5.2 ± 2.49) 比基于属性的方法 (2.4 ± 0.84) 多, 两者也有显著性差异 ($Z = 3.16, p < .005$)。

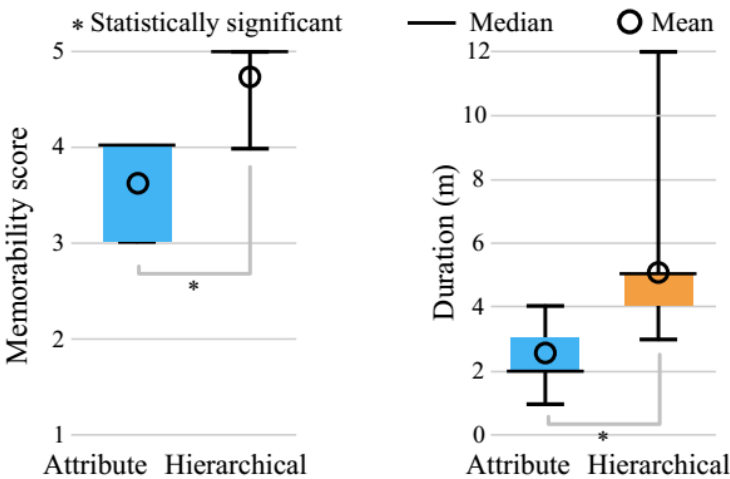


图 5: 记忆性和持续时间

5.4.2 用户偏好与比较

2 名参与者倾向于基于属性的模态, 2 名参与者尚未决定, 但倾向于分层模态。相反, 6 名参与者表达了对分层探索的偏好, 如图 6。然而, 其中 4 人也强调选择一种或另一种模式是一个艰难的选择, 两种模式都对探索有用, 共同使用或用于不同的用例。

ID	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	a	h	/
Easy to access	a	a	a	a	a	a	a	h	a	/	8	1	1
Understandable	h	/	h	h	h	h	h	h	h	h	0	9	1
Cognitively demanding	h	/	h	a	h	a	a	a	h	a	5	4	1
Useful	h	h	h	a	h	a	h	h	h	/	2	7	1
Interesting	h	h	h	h	h	h	h	h	h	a	1	9	0
Captivating	a	h	h	h	h	h	h	h	h	h	2	8	0
Exhaustive	a	a	h	h	a	a	h	h	h	a	5	5	0
Preference	a	a	h	h	h	/	h	h	h	/	6	2	2

图 6: 主观反馈和偏好 (a = 基于属性的, h = 分层的, /= 未决定的)

比较问题的结果一般对应于收集的指标的定量分数。事实上, 10 个参与者中有 8 个认为基于属性的探索更容易使用, 而大多数人认为分层探索更容易理解、有用、有趣和迷人。和以前一样, 这两种模式都不被认为在认知上要求更高或更详尽。

6 总结与展望

我们研究了视觉艺术品的触摸屏探索设计空间, 通过触摸屏界面结合语言描述, 旨在支持盲人欣赏艺术。对于这项任务, 我们设计了两种探索模式。基于属性的探索, 基于先前的文献, 提供直接访问艺术作品中的所有元素, 通过触摸屏访问时, 通过一系列简短的关键词和短语进行描述。层次探索, 与领域专家一起设计, 提供了艺术品作为一个整体的初始描述。之后, 用户可以探索关键的艺术品元

素，以获得它们的详细描述。最后，可以访问每个关键元素的详细信息，提供关于它们的附加信息。

对盲人参与者的用户研究表明，基于属性的探索更快、更容易执行，而分层方法更有趣，并提供了对艺术品的更好理解。尽管如此，这两种模式都受到了参与者的赞赏，他们对它们的联合使用特别感兴趣。我们讨论了我们的发现，提供设计考虑，以支持未来的研究，基于触摸屏的听觉触觉艺术探索盲人。我们也相信，这里提出的探索模式及其评估，可以适用于 VI 患者更广泛的图像探索领域。然而，我们强调在可访问图像探索模式的设计过程中，让领域专家参与的重要性，这在分层探索的情况下被证明是成功的。

作为未来的工作，我们将探索众包和自动化技术的分割任务。我们将进行额外的研究，调查单个设计选择维度如何影响拟议的探索模式所实现的结果，以及拟议的模式与触觉图像探索相比如何。最后，我们将调查范围扩大到低视力人群。

参考文献

- [1] AHMETOVIC D, KWON N, OH U, et al. Touch Screen Exploration of Visual Artwork for Blind People [J]. The Web Conference, 2021.