

基于地理信息技术和移动平台的增强现实环境中的文化遗产三维建模和可视化

何塞·耶稣·加斯奎兹·利纳雷斯 西班牙

摘要：本文将地理信息技术(GIT)应用于文化遗产(CH)领域，旨在通过数字表示(DR)分析世袭价值。它试图通过个人的空间认知(心理)和身体(外部)感知的概念来简要介绍DR的重要性。它探讨了3D数据采集、建模和可视化以及文化遗产应用的主要主题，并介绍了3D和增强现实(AR)试验，以及它们的主要结果和讨论。该方法包括使用地面和无人机(UAV)的探索性数据采集，3D建模程序，以及3D地理信息系统(GIS)和AR环境(移动平台)之间的集成。

结果包括几个试验和产品的3D采集和建模过程，以在AR环境中可视化。这些功能允许为进一步的移动应用程序开发调整核心解决方案。以古代里斯本(渡槽)供水系统(列为国家纪念碑)作为一个案例研究，大多数是难以察觉，由于很大程度的地下画廊，使现场可视化系统之间的关系和城市元素在一个混合现实环境。使用的方法旨在加强这种技术的潜在应用遗产估值，将使用地理信息的领域通常相关的强大的视觉感知空间，不仅为(公共)用户，也为专业技术人员，意见/决策者，推动者和其他利益相关者提供基本数据。

关键词：数字表示、GIS、AR、里斯本；渡槽

CULTURAL HERITAGE 3D MODELLING AND VISUALISATION WITHIN AN AUGMENTED REALITY ENVIRONMENT, BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES AND MOBILE PLATFORMS

Gazquez-Linares, Jose Jesus Spain

Structured abstract : This article applies Geographic Information Technologies (GIT) to the field of Cultural Heritage (CH), aiming to analyse patrimonial valuation through Digital Representations (DR). It seeks to briefly introduce the importance of DR through the concepts of the individual's spatial cognition (mental) and physical (external) perceptions. It approaches the main topics of 3D data acquisition, modelling and visualisation, as well as cultural heritage applications, and presents 3D and Augmented Reality (AR) trials, together with their main results and discussion. The methodology consists of exploratory data acquisition using terrestrial and Unmanned Aerial Vehicles (UAV), 3D modelling procedures, and the integration between 3D-Geographical Information Systems (GIS) and AR environments (mobile platforms) applied to patrimonial systems and elements in urban areas.

The results consist of several Trials and products of 3D acquisition and modelling processes to be visualised in an AR environment. These allow for adjusting the core solutions for further mobile application development. Taking the ancient Lisbon (Aqueduct) water supply system (classified as a national monument) as a case study, the fact that most of it is imperceptible, owing to the large extent of the undergrown galleries, enables the onsite visualisation of the relation between the system and the city elements within a mixed reality environment. The methods used aimed to strengthen the idea of the potential application of this technology for heritage valuation, associating the use of geographic information to fields commonly related to a strong visual perception of space, providing essential data not only for occasional users (public), but also for specialised technicians, opinion/decision makers, promoters and other stakeholders.

Key words: Digital representations; GIS; AR; Lisbon; aqueduct

1 引言

对个人对城市系统及其要素的心理形象的理解（如果观察的环境不同，可能会改变）；这些图像的水平和质量；以及发展和相互关系，都有助于为每个人建立一个更广泛的令人满意的物理环境。建模，或改造，应该伴随着一个定义的“视觉规划”的城市或大都市区：拥有一组建议和控制将关注视觉规模在城市形式，说明相关的公共图像，基本的视觉问题，机会，图像的关键元素，元素的相互关系的详细质量和转换的可能性（Lynch, 1960）。

Chown(Golledge, 1999)指出，地标性建筑是一种值得学习的独特物体，因为它们不容易与环境中的其他元素相混淆。地标在导航和空间认知中非常重要，以至于人类已经开发出了一种包含视觉路径的高效物体识别系统。区分一个熟悉的地标就足以区分我们迷失和知道我们在哪里。与特定地点相关的熟悉地标最适合帮助受试者返回特定的地点，构成了空间寻路的一个重要组成部分（艾蒂安在戈里奇, 1999）。

根据戈利奇（1997），如果我们了解人们的偏好、看法和态度，就可以在规划和政策制定之间进行更好的匹配，以满足人口的需求（为他们制定计划）。了解人们的感知、偏好和形象，可以提供基本的信息，以补充规划者和管理者的直觉指导方针和法律限制（加林和戈里奇在戈里奇, 1997年）。

外部表征的有效性受到它如何支持认知感知的影响（Hahn和Kim, 1999年, Khatri等人, 2006年）。感知捕捉了广泛的感官变异，具有巨大的认识论重要性，是所有人类经验知识的来源。从认知的角度来看，地理信息和制图的结构可以提供吉祥的前提接近人类如何感知，表示和与空间环境，关于宝贵的证据的属性心理结构和过程的空间认知(Berendetal., 1998)。

Zhang（1997,2001）在Khatriet al.,（2006）中认为，“在认知方面的大多数工作都假设大脑具有类似于计算机数据结构的心理表征”。在认知映射中，在GIS中，物理对象通常与几何形状和位置联系在一起。计算机允许我们进行可重复的实验，引入或修改变量，并以一种在物理世界本身中不可能实现的方式改变条件。

技术的进步，特别是关于扩展（代表）物理世界和计算机建模能力的的能力，已经导致了越来越多的对象和环境模型的创建(Kolleretal., 2009)。在研究中使用数字表示(DR)具有许多优势，特别是能够创建可能的过去和未来的详细模型。通过建模许多不同的变量，我们可以测试和改变它们，以探索不同的假设情况。当然，这在现

实世界中是不可能的，因为现场的环境是不可预测的和不断变化的(Eve, 2012)。

2 三维数据采集

三维(3D)DR正在领土和城市管理领域产生创新的可视化概念化形式，能够在不同的距离、角度和尺度(空间/时间-4D)观察物体和结构。增强现实(AR)的概念通常被称为通过虚拟环境丰富现有世界，在不需要观察者改变现实中的存在感的情况下扩展它，而不是完全的虚拟沉浸感。这种（混合）环境通常是使用移动平台在现场生成的。基于GIT和移动平台的AR环境有助于外部表示的构建。以下几节试图演示在这一过程中所遵循的方法程序。

地理信息获取和开发（硬件和软件）的进展，允许使用三维的领土管理的创新视角，使虚拟、沉浸式或混合环境中的可视化和分析成为先进的可能性(Banlaia等人, 2015)。3D建模和文化遗产之间的联系越来越受到关注，部分原因是激光雷达（激光扫描）和摄影测量的广泛使用。这些技术允许远程、高效、准确地记录物体，通常很难用以前的调查方法来执行(Dore和Murphy, 2012)。

传统的机载遥感和非常高分辨率的卫星图像具有明显的优势。然而，无人机8(UAV)摄影测量引入了一种灵活、低成本和快速的替代方法，替代其他传统方法，如地面采集和载人车辆，产生大规模地形或详细的3D模型，作为主要或补充解决方案。数据采集的快速和高频率，以及低成本平台结合SRL摄像机和GNSS系统（如导航北斗导航、点云坐标和可能的地理定位）的传播，构成了该技术成功的一些主要特征(Nex和雷蒙迪诺, 2014)。

3D点云数据自动生成3D模型，包括：数字地形模型（DTM-平原地形）、数字表面模型（DSM-包括地面物体的高度）和3D模型（来自孤立或集体对象）。三维点云主要是直接由激光扫描或通过立体图像匹配生成，通过重叠（地面或机载）处理图像算法。这意味着可以从三维点云数据采集到参数提取，以低成本获取相关的城市参数(Tenedorioetal., 2014)。

目前，有大量的工具能够获得3D信息，同时；渲染和显示的解决方案还处于高级开发阶段(Banlianaetal., 2015)

3 三维建模和可视化

人类模式识别能力的最突出的表现是可视化，它彻底改变了我们的行为和交流、旅行、组织甚至管理空间的方式（Portugali, 2010）。

许多作者已经证明了将传统的二维(2D)GIS技术应用用于城市场景的重要性,通过可视化和分析基本的地理空间数据来理解领土,然后对决策过程做出贡献(Hanzl2007, Batty1998, 圣奥宾和穆斯塔法维, 2010)。大多数GIS用户一直在使用二维GIS数据集,以点、线或多边形的形式代表城市特征,挑战了人类可视化(复杂的)建筑环境的能力。然而,城市规划与物体、建筑、街区、街道、街区和城市之间的空间关系密切相关,通常2D表示被认为不足以解决真正的3D规划问题,特别是在现代城市的规模(面积和高度)上(埃尔南德斯和埃尔南德斯, 1997; 埃文斯和哈德逊-史密斯, 2001年, 2010年)。3D表示生成了用户和所表示数据之间更直观的交互方法。考虑到一般公众不具备GIS技能,3D环境可以增加用户的参与度,通过交互式地可视化体积、纹理、阴影、景象及其关系,使其更容易理解、交互和参与。这主要是因为它与现实的高度相似性,汇集了详细的信息(细节水平)和体积属性,激发了更多的热情,简化了对检测到的问题的创造性解决方案,提高了理解和沟通(改编自吉尔特曼, 2002年; 克兰普顿, 2001; 内维斯和卡马拉, 1999; 雅各布森, 1992年, 张, 2004年)。因此,三维表征和分析工具更适合用于体积变化,并丰富空间表征(Zhang, 2004)。

3D建模具有很强的视觉表征能力,并对应于现实的真实例证,而GIS具有强大的查询和分析能力(Yin, 2010)。Li等人(2004)在圣-奥宾和穆斯塔法维(2010)中表达了对城市环境进行3D GIS的必要性,以了解三维领土,特别是形式、组件和纹理。Coors(2003)在圣奥宾和Mustafavi(2010)中指出,迫切需要3D GIS来管理三维几何和拓扑,整合语义信息来分析空间和拓扑关系,并以合适的形式可视化数据。因此,不难假设三维建模将逐渐变得更加普遍,特别是在硬件和软件的开发方面。然而,考虑到格式的多样性,3D之间的交互操作性和GIS系统仍然难以执行(Bancianaetal., 2015)

对3D可视化和GIS分析能力的主要集成能力的需求不断增长,特别是在最重要的3D和GIS开发行业的融合、融合和聚集中。这一想法在最近发布的GIS产品中尤其明显,该产品旨在为其用户提供广泛的互操作性工具和解决方案,同时也是主要技术活动中讨论最多的主题。

关于3D建模和GIS(3D GIS),用户可以获取、管理和观察不同的数据配置,创建虚拟环境(虚拟、增强和混合现实),在其中个人可以虚拟行走、驾驶、飞行和看到世界在真实、过去或未来的时间(虚拟时间旅行)和/或甚至交流、见面和工作(创造新形式的人类互动和

地点定居,减少交通的需求,在虚拟环境中被代表)。3D GIS表示也可以与数据库的属性,允许,例如,查询空间数据基础设施和可视化结果也以3D形式,或进行空间分析,如能见度分析使完全交互式3d环境,允许用户在构建中导航。通过移动平台将数据采集、三维建模和三维GIS数据集集成起来,为DR、交互和传播提供了机会,使动态三维内容得以构建、可视化和交互,支持属性和空间分析特征,比传统方法更强大(Yin, 2010)。

4 虚拟或增强 3D 遗产

虚拟或增强遗产或3D GIS文化遗产是一种相对较新的知识分支,它们使用信息技术来数字捕获或表示几个领域研究的数据。这些数据包括3D物体,如艺术品、建筑,甚至整个村庄、城市或文化景观。文化遗产社区以前使用静态的2D文档形式(平面图、部分、立面、重建),而现在它越来越多地使用3D交互式数字工具,也增加了时间维度(4D)。遗产代表的表达和出版的转变可能会揭示虚拟遗产在一个大的、建立良好的领域迅速传播,该领域普遍接受新技术,以承认它们所取代的明显优势(Eve, 2012)。

测量物理世界和计算机建模能力的技术-科学进步,已经导致了越来越多的现有文化遗产对象和环境的高质量3D模型的创建。这些数据通常辅以额外的元数据信息,以及缺失数据的合成重建。这些不断增长的模式集合为学术界和公众提供了新的机会。遗产表示依赖于对3D模型的高效访问、互操作性和科学认可。因此,一个长期目标应该是创建集中的、开放的文化遗产虚拟环境存储库,具有高科技科学价值、基础设计文档和元数据,与模型一起发布。三维数据中的不确定性和重建中的假设必须被明确地记录下来并与用户沟通。3D文化遗产档案的创建还需要新的解决方案来实现这些模型在档案中彼此之间以及与外部来源之间的互操作性。(Koller等人, 2009)。

AR应用程序目前正在一些遗产遗址中使用。这些主要是为了丰富游客体验,将信息添加到合并的真实环境中,并通过设备显示(如虚拟时间旅行)或通过音频(如博物馆音频指南)。然而,在日常的基础上,新的DR形式正在成为可用的,基本上包括3D模型(重构),用于探索现在、过去或未来的经验,或接近研究问题。(Eve,2012年)

GIS和虚拟现实(VR)/混合现实(Mr)相结合的方法有几种,但考虑到技术限制,限制了三维表示在个人电脑和移动工具上的分发和显示。然而,硬件发展(特别是图形功能,与渲染3D模型)以及宽带网络,创造了条件,使其

可能在3D GIS领域和相应的生产博士在/先生系统在互联网上,包括便携式设备(改编自张,2004)。利用3D GIS和VE/MR平台模拟建筑环境和规划场景,例如保护建筑、场地、城市居住区和景观(例如改变使用),以及探索和理解相邻结构或掺假之间的潜在影响和相互作用(改编自博塞尔曼,1998年;克沃特勒和伯纳德,2001年;柯多尼,2001年;阿雷菲和特里安塔菲卢,2005年;施坦尼克等人,2006年,Yin,2010年)

三维可视化需要适当的资源来将三维空间分析可视化作为工具,以毫不费力地实时探索和导航大型模型(兹拉塔诺瓦等人,2002年,米洛萨夫耶维奇和莫斯塔法维,2010年)。3D GIS数字表示可以提供有关遗产的信息,这对该领域的不同领域(如政治、行政、社会经济、技术、科学和意识形态象征、宗教)的决策者、技术人员、公众和促进者)极有价值。其中一个例子是过去、现在和未来(第四维度)(通过网络服务/宽带网络)不同规模的实时规划的价值,为不同知识领域的交流和协作创造了前所未有的机会。4D GIS数字表示可以反映文化遗产的过去、现有和可能的未来条件,包括实际或建议的外观、立面、风格、材料和大小,应用于建筑、城市住点、场地和景观(Yin,2010)。

DR使来自不同领域的代理更接近虚拟/混合/真实站点,并(重新)呈现,例如,遗产干预的影响/后果,例如从利益相关者可能选择/决定的使用、功能、比例、纹理、体积、光线和颜色与对象之间的关系。

根据Roussou和德雷塔基斯(2003)的研究,“虚拟遗产领域长期以来一直专注于生成数字重建(...)”,以真正准确地代表真实世界的对应物。”“最近,虚拟遗产已经成为一种有保护、保护和解释我们的文化和自然历史的有前途的技术”。根据安德烈斯和波祖罗(2009)“离散和主观技术导致了其他大量的数据采集技术,包括空间和主题相关”,文章的暗示性标题“建筑和遗产代表的演变”。这些技术忠实地再现了现实世界,远远超越了几何形状或空间位置(安德烈斯和波祖埃洛,2009年)。穆尼奥斯和加西亚-阿尔米拉尔(2010)复制了1714年巴塞罗那的虚拟3D模型,创建了一个数据库,其中包含了来自古代地图规划、图纸和其他文件的各种信息。罗马重生(弗里舍尔,2010)项目使用3D数字技术来代表从青铜时代晚期(~BC1000)到中世纪(~552AC)的演变,其发展高峰在320AC。罗马重生项目有几个版本可以通过谷歌地球软件(免费),它有超过6.5亿个多边形。巴塞罗那博物馆制作的PATRAC2开发创建了一个3D模型,并结合虚拟和增强现实,以提高轮

椅博物馆的可访问性和用户体验(Marambio卡stillo等人,2010)。

5 增强现实环境中的三维建模和可视化试验

本研究涉及:使用地面和无人机点云网格获取信息;三维建模;以及它们在使用移动平台的AR环境中的表示。考虑到城市文化遗产和空间位置,该技术的应用对所使用的对象有不同的实施阶段。下面的试验与里斯本的水分配主题有关,更具体地说,是阿瓜斯·利夫雷斯渡槽系统。



图1 1947年的阿瓜拉斯水库

资料来源: Arquivo Municipal de Lisboa, Doc. PT/AMLSB/POZ/000053, 2015

该系统通过重力收集、运输、积累和分配水(下降~为每米3毫米),包括一般渡槽(14公里)、附属扩建工程、水库、地下走廊和喷泉,总长度约为58公里。该系统的最高点是“阿古斯Livres”主泉,位于辛特拉市,高度~172米,主水库Maede阿瓜斯(图1)位于里斯本中心,高度94米。这个复杂系统的建设工作始于18世纪(1731年),并抵抗了著名的地震,该地震摧毁了城市的大部分地区(1755年)。该系统在整个19世纪不断扩展,直到20世纪(1968年)完全失效。



图2. 1912年在阿尔坎塔拉山谷的里斯本渡槽

资料来源: 里斯本市政府, PT/AMLSB/PAG/000402, 2015

该渡槽在1910年被列为国家纪念碑，其最引人注目的部分位于阿尔坎塔拉山谷（图2）。它还被列入吉尼斯世界纪录，成为世界上最大的几何形状的石拱（高65米，宽29米）。建立这个系统是为了克服当时日益增长的水需求，特别是在城市的西方部分，有助于定义里斯本的城市形态，尽管它后来变得不足以满足城市的水需求。

5.1 3D建模使用可用数据，软件和市场应用程序

渡槽纪念碑的重要性，研究进行细化的移动设备应用程序(Android)，使GIS信息的可视化和三维建模环境。

第一次试验是为了在GIS内开发一个渡槽系统的分段和元素的数据集（位置），主要由线和点(X、Y)组成。渡槽系统的识别是通过使用ESRI ArcGIS 10.0软件地理参考的古代制图10（建造马赛克）收集获得的（图3）。渡槽系统（路径和元素）的识别被矢量（线和点），支持古代地图和当前的卫星图像(来自ESRI Web服务和谷歌Earth Pro，作为补充数据源)11。关于每个渡槽元素和图库的12个字母数字信息被添加到最终数据集（例如，元素的识别、作者、描述、年表和一个在线机构文件的链接）。



图3. 基于渡槽路径的古代地理制图

资料来源：来自作者的图片。制图学：里斯本平原出版社（1868年），里斯本卡马拉市。

在将这些数据集集成到移动应用程序(如谷歌Play、IOS)后，个人可以使用该设备的GPS/陀螺、陀螺仪/罗盘、加速传感器和摄像头，现场可视化渡槽位置的元素，不仅在地面上，而且在地下（因此不可见）。这个试验使用轨迹地图应用程序在安卓移动操作系统，揭示了一个巨大的潜力现场识别非常复杂的配置渡槽结构，有动态信息，如距离和方位或（当安装）可能使用一个常见的导航应用程序(如副驾驶，行驶，NDrive，Sygic)。

与市场上许多其他可用的应用程序一样，可以在在线/离线地图中可视化数据集，并通过GNSS的可用性，在现场确定一个人的相对位置元素。考虑到应用程序的增强功能的使用，这个试验特别相关，特别是因为主要元素位于城市的下方，当用户在地面上行走时，系统可以被识别。因此，可以在行走时通过移动设备摄像机可

视化指定和位置来识别物体（图4）。此外，半径可以扩大，调整显示的数据量（在当前位置周围的区域），并最终通过按显示的识别点访问与该元素相关的几个相关数据集（包括到其他机构在线信息的互联网链接）。



图4. 在增强现实环境中使用GIS数据的一系列示例（佛德斯基金会）

资料来源：来自作者的图片。04-04-2015。

第二个试验包括研究互联网目录中是否存在3D模型，并在Auemget移动应用程序中可视化相关的LoD。这些程序包括自适应和转换格式，与将在移动设备中使用的AR应用程序兼容。一旦导入，AR标记（例如图5中所示的卫星图像）可以在选定的表面上定义或可视化。然而，在不使用AR标记的情况下，现场的可视化可能与真实坐标(一个地理参考的3D模型)相关联，并最终使其能够访问更多关于对象的信息。这个应用程序非常有用，特别是当可用的数据具有高质量时。因此，它能够在AR环境中可视化3D模型，允许以2D格式增加关于前面解释的优势的信息。然而，考虑到一般目录中可用的3D模型的一般LoD，这个应用程序可能并不令人满意。



图5. 在增强现实环境中使用已构建的3D模型。阿尔坎塔拉山谷上的里斯本阿瓜斯湖渡槽的例子

资料来源：PT3D在3D仓库，上图为草图。12-09-2014。

3D模型的创建可以使用通用软件(如3DStudioMax、搅拌机、草图或城市引擎)，具有高LoD，在插入增强现实应用程序时不会失去性能。然而，使用基于野外工作照片集合的调查点云是令人惊讶的，考虑到快速的采集和处理，具有真实的优势（图6和图7）。



图6. 三维模型生成(使用Agisoft软件的工作流程)。通过实地工作的图像收集得到的梯田喷泉的例子
资料来源: Terras喷泉, agisoft-光扫描。12-09-2015.



图7. 在增强现实环境中使用3D开发的模型。

资料来源: 来自作者的图片。10-06-2015.

agisoft-光扫描软件是一个智能的自动处理系统, 允许通过简单的使用在现场进行的图片(与一个预先确定的捕获方法)来创建快速和真实的3D模型。工作流的处理阶段, 除了对用户来说非常有组织和直观之外, 还允许调整几个特定的任务和足够的不同类型的数据来源(多个尺度、对象、环境和/或使用不同的设备和技术)。该软件生成的3D模型非常快, 包括插入和对齐照片的过程, 以及构建密集的云、网格和纹理(有多种输出格式)。然而, 技术上的挑战是简化这些3D模型(例如消除面孔), 而不失去城市元素的真实性。

5.2 使用无人机收集数据, 三维建模和集成三维GIS生产和移动可视化在增强现实环境

阿瓜斯生活渡槽系统有几个元素, 允许收集数据通过使用简单的地面图像(现场)和创建点云网格, 如图所示的例子在前面的部分。否则, 考虑到“海洋海洋”13等物体的尺寸和体积, 在不使用高空或空中平台的情况下进行调查是很有问题的。通过这种方式, 无人机的使用非常简化了收集数据和处理的分配, 尽管数据是真实的, 具有令人印象深刻的LoD。然而, 该调查需要一些准备方面(图8): 获得授权许可, 使用物体空间、天气和安全环境、光照条件、无线电频率和信号干扰测试、GPS和指南针校准, 以及飞行路径的确定(考虑飞行高度和周围物体)。



图8. 无人机在阿瓜斯水库的数据采集

来源: 来自作者的图像。11-09-2015.

要进行无人机测量, 需要采取以下步骤: 数据采集; 数据处理和模型构建:

A) 飞行计划参数(高度、重叠、时间、焦距、摄像机数据、空间分辨率)和采集数据调查(涉及安全、干扰、校准等准备方面);

B) 加载照片; 检查加载图像并删除不必要的图像;

C) 对准照片;

D) 构建密集点云;

E) 构建网格; 三维多边形模型;

F) 纹理3D模型;

G) 计算DEM和DTM;

H) Ortho图像;

I) 导出结果

在这个试验中, 3D模型在AR环境中并不突出。因此, 当与AR标记相关联时, 我们在(在下面或后面)添加了一个明亮颜色的3D基底, 以使模型脱颖而出(图9)。

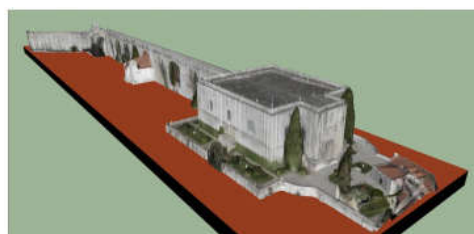


图9. MaedeAgua水库三维模型(UAV)和图形改进

来源: 作者使用素描软件绘制的图像。17-10-2015.

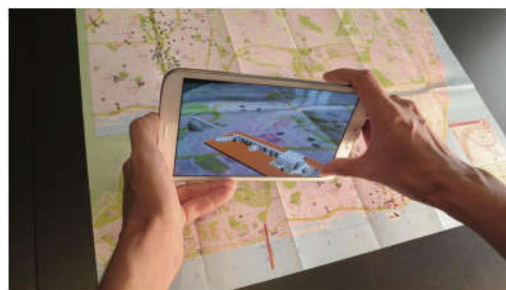


图10. MaedeAgua水库三维模型和AR环境使用城市地图作为标记

来源: 图像来自作者。17-10-2015.

在AR环境中, 三维模型的可视化可以通过识别图像的特征来实现, 比如免费和可用的城市地图(图10和图

11)。



图11. 3D模型（地面，无人机）从里斯本阿瓜斯湖的主要结构元素渡槽

资料来源：来自作者的图片。17-10-2015.

这个过程进行数字化的城市地图和样本的定义图像目标，然后将检测基于“增大化现实技术”软件开发包14允许3d对象渲染，识别关键元素的图像目标。这样，用户就可以简单地打开应用程序（应用程序），将相机对准纸质城市地图，可视化代表渡槽系统不同元素的三维模型（例如主渡槽、水库和喷泉），并访问与这些元素相关的其他多媒体信息（如描述、照片、历史制图），以及操作3D模型（如3D旋转、缩放）。

除了可视化的三维模型的渡槽元素，识别遗产走廊及其配置导致使用数据集与整个系统路径的表示，识别部分和地下，和那些可以访问。因此，AR技术也被用来将里斯本数字地形模型(DTM)覆盖在城市地图上（以纸张自由分发），以评估地表，并识别地面上方(+)和(-)下方的部分。DTM是使用里斯本市地形数据集的等高线(线)和高度(点)构建的，并且可以使用飞行工具(来自ESRI ArcGIS10软件的3D场景)交互式地查看结果。一般的渡槽用橙色的，分配走廊(大部分是地下)用黄色的。水库用红色正方形表示，喷泉用圆圈表示，用不同的符号表示它们的实际情况：现有、拆除、移动或投影（而没有建造）。考虑到这个3d场景的演示有更高的影响当可视化的交互式数字形式(3dGIS软件)，可视化这个表示静态图像，内容简化显示地形表面(DTM)与50%的透明度，允许看到基础设施和现有的喷泉（图12）。

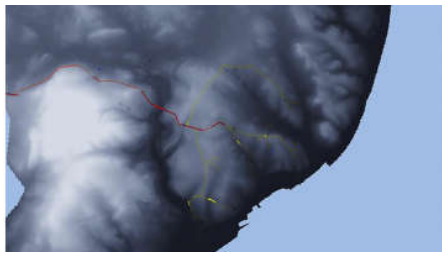


图12. 里斯本数字地形的三维表示和里斯本阿瓜斯利夫斯渡槽的计划

资料来源：来自作者的图片。17-10-2015.

这个3d场景使用户有一个令人印象深刻的概述整个结构和更好地理解整个城市的渡槽系统和基础地形（允许水通过重力分布），和相关的相关信息（如作者、描述或年表）和操作原则（如可以或不能访问的元素）。这种体验给用户一个忠实的对应的现实，在某些情况下，路径或元素被中断或消失（拆除或改变），为他们提供了一个角度从过去理解在18、19和20世纪运输/分配水复杂的联系。

6 结果分析

阿瓜斯·利弗斯渡槽系统停用了50年，目前是里斯本重要的历史和文化遗产地标。这种结构在城市中的存在并不明显，特别是因为它不可见（主要是在地下），即使它在一定程度上定义了领土的演变（关于供水，但特别是考虑到渡槽系统实施的影响）。将应用于文化遗产的技术具有巨大的优势，可以更好地可视化和理解这些元素的重要性，并识别结构元素（可见）和区域（以其路径知道）之间的联系。图13示意性地综合了已开发和之前讨论的试验的方法、程序和数据流量。

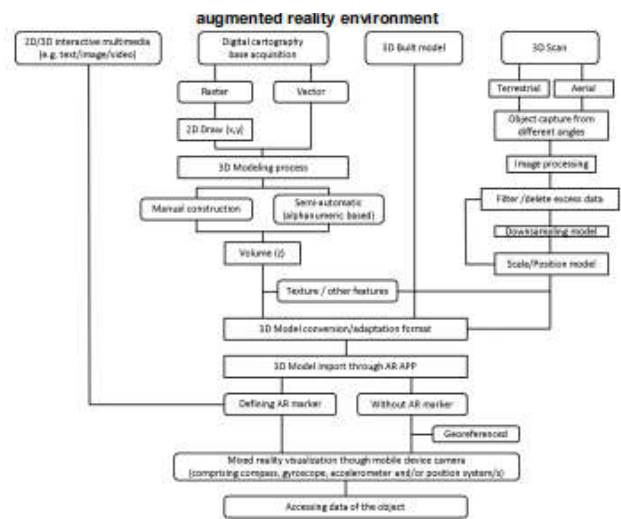


图13. 建模和表示三维模型的方法，以及它们在增强现实环境中的可视化

资料来源：改编并更新自泰内多里奥等人，2014年。

基于数字制图，在二维向量的情况下，可以创建与字母数字“z”值关联的体积（对于例如具有楼层数量的建筑物，用户可以分配中等高度并乘法计算建筑物体积的估算），而在光栅文档（例如卫星图像或古代制图）上，该过程需要2D/3D制图并最终添加纹理（例如建筑立面）或其他特征（例如音频或视频）。在已构建的3D模型（例如互联网目录）的情况下，可能需要转换或适应与将在移动设备中使用的AR应用程序兼容的其他格式。三维扫描可以使用几种技术，地质学、传感器和地面或

空中平台进行,并考虑到规模和物体的可用性。通过图像匹配重叠图像提取无人机点云,可以产生快速的数据采集和处理结果。考虑到所生成的模型中的高LoD和检索到的大量数据,通常需要进行过滤和降采样,以进一步提高模型的性能,特别是在移动平台上(考虑到图形和处理器容量)。所制作的模型需要在图形校正、比例和定位方面进行一些调整。一旦3D模型导入AR应用程序,就可以定义标记(例如卫星图像、古代地图或旅游地图,如之前的示例)或在选定的表面上可视化。然而,在不使用AR标记的情况下,该领域的可视化可能与真实坐标(一个地理参考的3D模型)相关联,并最终使其能够访问更多关于对象的信息。所开发的试验构成了一些排练,以验证该技术作为正在进行的移动应用程序开发的一部分的潜力。它旨在为移动应用程序的实现集成最充分的解决方案,从而了解这些技术对遗产评估的潜在应用程序。计划指导具体的访谈,以验证这些假设,不仅针对专业技术人员、意见/决策者、推广者和其他利益相关者。

7 讨论

地理信息技术的进步将世界放在一个快速轨道上的知识所有物理对象位于地球上不仅在现在(和实时)时间,而且在过去或未来,特别是关于web和移动技术的交互(Sui和Goodchild, 2011)。

使用三维点云网格和无人机系统的优点是能够快速收集更高的时间和空间分辨率信息,实际上可以按需使用(高频)。此外,用户可以以很低的成本非常快速地收集和处理的3D数据,特别是与传统方法相比。然而,3D扫描技术不能应用于数字重建和表示过去(消失的)或未来(计划的)对象。3D建模与GIS的集成允许人类感知和可视化(3D)与强大的空间查询和分析能力之间的联系。AR环境允许用户使用移动平台将虚拟数据合并到现实世界(在原地)。通过这种方式,它们可以更好地理解可见和不可见的文化遗产的要素,不仅在现在,而且在过去和未来(再现在)。

DR文化遗产可能刺激更多的旅行(例如旅游)由于最初的互动(因此可能破坏遗产),或者有助于更好的规划(人类作为传感器概念)、人类活动和保护的管理和协调(4D实时监测和评估情况)。这些新兴表示的物理(关于外部启示在不同的时刻),甚至精神世界(通过内部思想或想象/模拟/合成)也创造了机会开发虚拟和真实环境(混合博士与现实世界),不仅在台式电脑,但也增长到人们的日常使用移动设备(移动的潜力和逐步增加使用)。

不确定性仍然在于理解人们通过技术资源和数字表现对文化遗产的整体感知附加价值。人/设备/混合环境之间的交互可以应用于大多数用户。然而,这种相互作用目前是不同的,也不用于所有设备(关于它们的特性),应该向每个人提供,作为对技术和信息的民主获取的一部分。然而,技术处于不断变化的状态,这意味着在几何进展中可以到达。这些是目前在主要科学事件中争论的主要主题,它们允许预测真实和VE之间几乎革命性的组合,特别是使用投影全息图应用于文化遗产(Tenedorioetal., 2014)。

参考文献

ANDRÉS, M. and POZUELO, F. *Evolution of the architectural and heritage representation* In: *Journal Landscape and Urban Planning*, Elsevier [Online] 2009. 105-112. [Date of consultation: January 2012] Available at: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204608002326>>.

BERENDT, B.; BARKOWSKY, T.; FREKSA, C.; and KELTER, S. *Spatial representation with aspect maps*. [online] Date of consultation: October 2012. In FRESKA C., HABEL C. and

WENDER K. F. eds. *Spatial Cognition and Interdisciplinary Approach to Representing and Processing Spatial Knowledge*. Berlin: Springer, 1998. 313-336. Available at: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204608002326>> ISSN: 01692046.

DORE, C. and MURPHY M. *Integration of HBIM and 3D GIS for Digital Heritage Modelling* In: *Virtual Systems and Multimedia (VSMM)*, 2012 18th International Conference [Online] Edinburg, Scotland, 2012. 22-23 [Date of consultation: October 2015] Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6365947>.

EVE, S. *Augmenting Phenomenology: Using Augmented Reality to Aid Archaeological Phenomenology in the Landscape*. In: *Journal of Archaeological Method and Theory*. [Online] July 2012. 19, 4 (6): 582-600. [Date of consultation: October 2015] Available at: <<http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10816-012-9142-7>> Doi: 10.1007/s10816-012-9142-7.

FRISCHER, B. *Beyond Illustration: 2nd and 3d Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*. Oxford [u.a.]: Archaeopress, 2008. 181 p. GOLLEDGE, R.G. *Spatial Behaviour: A Geographical Perspective*. Guilford Press. 1997. 619 p. GOLLEDGE, R.G. *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes*. Baltimore: Johns

Hopkins University Press, 1999. 428 p.

KHATRI, V.; RAM S. and SNODGRASS R.T. *On Augmenting Database Design-support Environments to Capture the Geo-spatio-temporal Data Semantics*. In: Information Systems [Online] 31 (2) 2006. pp. 98-13. [Date of consultation: January 2012] Available at: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437904000961>>

KOLLER, D.; FRISCHER B.; HUMPHREYS G. *Research Challenges for Digital Archives of 3D Cultural Heritage Models*. In: Journal on Computing and Cultural Heritage [Online] 2009, December 1: 1-17. [Date of consultation: January 2012] Available at: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1658346.1658347>>. Doi:10.1145/1658346.1658347

LE, M.; KIM H. and KWON Y. *3D Modeling and Adaptation for Virtual Heritage System*. In: Advances in Visual Computing. [online] Springer, 2005. 579-586. [Date of consultation: January 2012] Available at: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/11595755_70>.

LYNCH, K. *The Image of the City*. MIT Press. 1960. 205 p. NEX, F. and REMONDINO, F. *UAV for 3D Mapping Applications: A Review*. In: Applied Geomatics. [Online] 6, 2013: 1-15 [Date of consultation: October 2015] Available at: <<http://dx.doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>>. PORTUGALI, J. *Complex Artificial Environments, Simulation, Cognition and VR in the Study and Planning of Cities*. Springer-Verlag. 2010. Berlin.

ROUSSOU, M.; DRETTAKIS, G. *Photorealism and Non-Photorealism in Virtual Heritage Representation*. In: First Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage [Online] Brighton, United Kingdom, 2003. 10. Proceedings of the International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage. [Date of consultation: July 2013] Available at: <<https://hal.inria.fr/inria-00606745/document>>.

MARAMBIO Castillo, A., CORSO Sarmiento, J. M., LUCENA Salas, J., & ROCA Cladera, J. *Nuevas Formas de Accesibilidad a través de Aplicaciones con Realidad Virtual y Aumentada en el Museo Marítimo de Barcelona: proyecto PATRAC*. In: ACE: Architecture, City and Environment [Online] June 2010, 5 (13): 145-160 [Date of consultation: July 2103] Available at: <<http://upcommons.upc.edu/handle/2099/2081>>

MUÑOZ, F. and GARCIA-ALMIRALL, P. *Methodology*

to Reconstruct Virtual Cities From the Past. In: ACE: Architecture, City and Environment [Online] June 2010, 5 (13): 223-236 [Date of consultation: July 2013] Available at: <<http://upcommons.upc.edu/handle/2099/9207>>.

ST-AUBIN, M. MOSTAFAVI A. *A 3d Collaborative Geospatial Augmented Reality System for Urban Design and Planning Purposes*. In: Canadian Geomatics Conference. [Online] 2010.[Date of consultation: July 2013] Available at: <<http://en.zl50.com/2012081117819666.html>>.

SUI D. and GOODCHILD M. *The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience*. In: International Journal of Geographical Information Science. [Online] 2011. 25(11): 1737-1748. [Date of consultation: July 2013] Available at:<<http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/516.pdf>>.

TENEDÓRIO, J. A.; REBELO, C.; ESTANQUEIRO, R.; HENRIQUES, C.; MARQUES, L.; GONÇALVES, J. A. *Geographical Information Technologies in Urban and Spatial Planning:Process: methods and tools*. In: PINTO, N.; TENEDÓRIO, J.A.; ANTUNES, A.P.; ROCA, J.,

Eds. *Technologies in Urban and Spatial Planning: Virtual Cities and Territories*. Hershey/Pennsylvania, IGI Global, 2014. pp. 342. DOI: 10.4018/978-1-4666-4349-9.

VALENCIA, J.; MUÑOZ-NIETO A. and RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P. *Virtual modeling for cities of the future. State-of-the art and virtual modeling for cities of the future. State-of-the art an*. In: ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences [Online] February, 2015. XL-5/W4. 18: 179-85. [Date of consultation: October 2015] Available at: <<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-infsci.net/XL-5-W4/179/2015/>> ISSN: 2194-9034.

YIN, L. *Integrating 3D Visualization and GIS in Planning Education*. In: Journal of Geography in Higher Education [online] August 2010, 34 (3): 419-438. [Date of consultation: October 2015] Available at: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03098260903556030>> DOI: 10.1080/03098260903556030.

ZHANG, X. *Designing a Geographic Visual Information System (GVIS) to Support Participation in Urban Planning*. [online] Phd, University of Salford, UK. 2004. [Date of consultation: July 2015] Available at: <<http://usir.salford.ac.uk/2178/>>