

Ontology-Based Framework for Real-Time Audiovisual Art

实时视听艺术的基于本体的框架

Chinese Translation of the Original Paper: “Ontology-Based Framework for Real-Time Audiovisual Art”.

Translated by: 李恺 (Kai Li), School of Information Studies at Syracuse University, Syracuse NY, USA

Canan Hastik

School of Media, University of Applied Sciences, Darmstadt, Germany.
canan.hastik@h-da.de

Arnd Steinmetz

School of Media, University of Applied Sciences, Darmstadt, Germany.
arnd.steinmetz@h-da.de

Bernhard Thull

School of Media, University of Applied Sciences, Darmstadt, Germany.
bernhard.thull@h-da.de



This is a Chinese translation of “Ontology-Based Framework for Real-Time Audiovisual Art”
Copyright © 2013 by **Canan Hastik**, **Arnd Steinmetz**, and **Bernhard Thull**. This work is made available under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License:
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

Abstract:

多媒体艺术的存档需要系统的分析。为了保证符合情景的理解和认知，我们需要对这种艺术进行很高等级的系统化分析。本文分析了使用 CIDOC CRM 对实时视听艺术进行语义记录的实践。因为视听艺术媒体和内容的多样性，对这种艺术形式的记录是困难的。我们并没有描述这些艺术对象的标准元数据和框架。CIDOC CRM 提供了一个框架，来描述文化遗产的对象，但它并不是专门为了虚拟对象设计的。本研究分析了使用 CIDOC CRM 来记录实时视听艺术的可行性，并且讨论了其范围和局限性。我们的样本取自电脑模型艺术作品最大的互联网档案库。通过描述性和主题性的分析，我们提出了分析对象关系的一种方法和一种概念模型。这表明来自于 CIDOC CRM 的一些概念是能够被转换到其他领域的，但是这个模型需要被扩展到虚拟的技术材料。

Keywords: 本体，文化遗产，多媒体

1 引言

对于术语和关系的标准化的、结构化的描述和呈现能够改进人们对于数字媒体内容的使用，尤其是能够让非人类的代理更好的使用这些内容。人们一般假定认为，一个经过适当设计的语义网能够帮助人类的知识作为一个整体实现进化，[1] 因为它提供了先决条件，让我们用新的并且未曾预见到的方式来对内容进行重新组合。我们当前面临的一个重要的问题是，在实时视听艺术领域，标准化的数据和元数据格式实在是太少了。而且这些艺术对象很难用语义的方式进行描述。

2 相关研究

媒体对象标准化检索点的规范通过著录成为可能，比如使用 DC 元数据描述这些对象。这种书目实践的得到了通过主题编目描述其内容的补充。通过使用受控词汇表，比如规范文档，我们能够对内容进行标准化的描述。规范文档是用于关键词、描述符和分类法的标准化术语。这些标准化的术语被本体所定义，后者反过来由特定的词汇表（术语）以及这些术语的意义所组成。作为核心词汇及其属性和关系的组合，本体让我们有能力来定义内容和情景，从而达成语义上的共识。

本体是一种关键的技术，帮助人们使用相关信息，并且成为了许多应用的灵丹妙药。[11, 15] 因此本体代表了一组方法，让人们能够更有效的使用书目信息。

2.1 统计上的可确证性

标准化的记录是存档信息的可获取性和可使用性的基础。标准化也和存档信息和其他档案的关联以及混合有着密切的联系。

内容的创作、整合和聚合是书目实践的关注点。优秀的馆藏根据的是依照本体所建立的复杂网络结构。内容通过对象的相互联结变得可以追溯，因而对象的相关性变得透明，内容的获取对于广大人群来说也就成为可能的事情。但是，每个本体从句法上、术语上、概念上和语义上都是不同的。克服这种本体的异质性是至关重要的。因而标准化的语义模型在呈现档案不同的概念内容上变得越来越流行。语义网把当前全球的文件系统转变成为全球的数据库。[19]

2.2 机读数据的构件

语义网提供了一个通用的框架，让人们能够规范和连接标准化的数据。本体是语义网的构件。使用了语义技术之后，人们有可能管理这些本体。因而创建并且使用机器可读的元数据就是必须的。这样做的目标是描述实体及其内容，来开发关于创建、变化、呈现和存档之间的关系。[7] 因为这个目的，在元数据中使用独一无二的标识符，并且呈现资源之间的关系是必要的。

1999 年，资源描述框架（Resource Description Framework, RDF）的规范以及标准的本体语言 OWL（formal ontology language）被发表，其目的是使用语义来标记互联网上的文档。2004 年，两个文件都正式成为 W3C（World Wide Web Consortium）的官方推荐文档。推荐的目的是发表并且分享称之为“本体”的“术语集”，来支持高级搜索和知识管理。[2]

2.3 文化机构中的关联数据

在 1990 年代，《书目记录的功能需求》（Functional Requirements for Bibliographic Records）——它是图书馆书目元数据的一个科学数据模型——被国际图联所发表。[16] 这个本体表现了整

合不同领域的一个概念。这个模型的设计目的尤其是为了推动文化社区中高质量信息系统的开发，并且能够让异质、但是在语义上重复的系统实现沟通。国际博物馆协会（International Council of Museums）的国际记录委员会（International Committee for Documentation）开发了一个覆盖范围很广的本体，用于记录在遗产存档中所使用的概念和关系。CIDOC CRM 提供了通用的以及广泛的语义框架，作为任何文化遗产信息映射的对象。它意图推动人们对于文化遗产信息共同的理解。[8] 从 2006 年开始，CIDOC CRM 成为了 ISO 标准 [17]；而在 2009 年，RDF 本体模型（FRBRoo）建立。相关社区目前在限定这两个模型，最终希望开发一个文化遗产社区单一的本体，通过使用规范、标准的语义，来统一多样、多面的信息。

3 实时视听艺术

实时视听艺术指的是计算机的程序和应用，在这些程序和应用中，文本、图像和音乐被融合成为即时生成的多媒体呈现。实时视听艺术可以被分为互动性多媒体以及非互动性多媒体两种类别。

3.1 电脑模型艺术

实时视听计算机艺术，比如电脑模型艺术（通过多种学科创建的数字短片）是一种当代亚文化的数字艺术形式。在这种艺术形式中，人们通过不同的方式使用计算机来创建带有特性和符合美学的呈现，并且创建特殊的效果和置入的特技。[12] 这种艺术形式的例子可以在 <http://pouet.net> 上看到，这个网站是一个基于网络的新闻、组群和艺术作品的多媒体数据库。另外一个这样的例子是 <http://awards.scene.org>，这个互联网的档案库选择了 2002 年以来的最好的作品进行典藏。

尤其是在家庭电脑刚刚流行的时候，人们制作了大量的电脑模型艺术作品。其中绝大多数都体现了设计和执行的最高水准，最大程度地利用了这种技术材料的潜力。[18] 在电脑模型艺术中，人们仍然在使用过时的平台来生产艺术作品。这些编程的作品呈现了创新性和对技术的创造性使用，它们展现的不仅仅是技术力，还包括艺术上的无与伦比。[13] 随着时代发展，这些艺术作品发展出了一种独特的方式来使用并且改造媒体。[10] 创造的过程要遵循严格的规则。被生产的艺术作品会在社区活动和节日里被展示，和其他作品进行比赛。

这个原因能够解释为什么这些数字短片——以及音乐录影带和 3D 游戏——要被保存和记录。

3.2 历史框架和社会学的范畴

这种无政府的状况在 8 位时代以及当时最流行的游戏平台 Commodore C64 中就已经初见端倪。直到 1990 年代，这种状况都和人们努力消除版权保护的亚文化运动密切相关。电脑模型艺术家最开始开发了简短的导论性质的介绍，帮助人们破解家用电脑游戏。破解小组想要在破解的游戏的开始界面上放上自己的签名。如果不是游戏那么流行，这种亚文化的艺术形式可能不会出现。电脑模型艺术的出现源于破解游戏的传播。不久之后，这些破解画面变得比游戏本身更加流行，而且变成了独立的艺术载体。从这个角度上说，这个亚文化的社会学背景起到了至关重要的作用。和社会学背景一道，电脑模型艺术家高度的内在动力让他们克服了陡峭的学习曲线，习得了这种艺术所需的底层技术的技能和知识。技术的限制被人们看作是创造让人印象深刻而且充满创新的艺术的挑战。

电脑模型艺术家通常加入小组来互力协作，开发他们的多媒体艺术作品。这些艺术家通常都是用化名。这样的小组里最常见的职位是程序员、音乐师和图像艺术家。艺术节（通常在欧洲）贯穿于这个场景的历史中，它们让电脑模型艺术家有机会面对面的交流。尽管艺术节不断的变化，这些节日一直都是这些富有创新精神的抗议者呈现他们的作品、并且获得别人接受的最重

要的平台。除此之外，这些电模（demoscene）运动也是今天流行独立（indie）游戏开发者运动（在家用电脑时代能够自己制作内容是个人开发自己的游戏的先驱）的前身。这个运动也对商业游戏开发做出了重要的贡献，并且能够帮我们长期保存我们的技术文化。通过模仿的作用，电模艺术成为所谓的“孤儿软件”（abandonware）以及不再流行的平台保存和传播的核心。

游戏开发者和电子模型艺术起初是处于强烈的相互竞争关系中的，但是今天，二者在许多层次上都已经相互融合，还构成了一个生命的循环：最开始游戏技术导致了电子模型艺术的发展，而在今天，电子模型艺术通过工具和技能，补充并且扩展了游戏的开发。这并不仅仅体现在许多电子模型艺术家从事游戏开发的行业（因为他们在 Commodore、Amiga、Atari 和 PC 的电模领域中积累了几十年的经验；对设计和图像有着很好的理解；而且有充足的专业知识）；而且还是因为电子模型艺术家所设计的电模工具，比如 Demopaha 和 Werkkzeug 也被用来制作游戏，或者通过特殊的视听效果来增强游戏引擎的显示效果、视角转换和其他方面的表现。[5] 在这个领域，艺术家的经验和知识被不断传承，而且现有的工具和“孤儿软件”也在社区中延续甚至是在不断增强。

3.3 藏品分析

电子模型艺术作品是多方面的数据对象，它们有多样的特征值得我们分析和归类。

Borzyskowski 在 1996 年第一次对电脑模型艺术作品进行了归类。[6] 这篇文章让我们对电脑模型艺术的多样性有了很好的理解。但是，看起来当这些年度的艺术节深入的影响了电脑模型艺术范畴的发展之后，这些在艺术节上通用的艺术范畴分类法也就变得更加重要。在节日上展出的电子模型艺术品被艺术节的网站和内部的渠道所存档和典藏。但是不幸的是，这些作品的源代码很少能够被公众获取。相反，这些艺术作品的不同版本往往以使用不同解码器和压缩频率的可执行的二进制或者视频文件的形式公诸于世。

电脑模型艺术的呈现基于同步的和命令式的编程语言以及实时的系统。除了它们复杂的语义之外，绝大多数用于创造这些作品的工具和方法都没有被存档。直到 1990 年代，电脑模型艺术都是使用机器语言来编程的。今天人们通常使用整合的开发环境来支持把高等级的语言变成机器代码，并且整合用于实时应用（比如游戏）的其他工具。

总而言之，我们可以说电脑模型艺术代表了有特征、有美学价值的图像和音乐。除了传统的效果之外，每个技术平台都在分辨率、颜色模式、运行速度、屏幕尺寸和内容创作上形成了特定的美学效果。这些特点在视觉表现上是显而易见的，比如静态图像、3D 对象、ASCII 和 ANSI 艺术以及根据取样、声音合成以及 8 位芯片形成的音乐风格。[20]

4 使用 CIDOC CRM 进行存档

媒体内容可以从不同的角度进行分析。除了技术和艺术的角度之外，历史和信息伦理的角度尤其能够让我们对这个问题有更全面的认识。[14] 多媒体艺术家的数量众多，各不相同，因而对我们研究的选择、系统化和情境化的需求特别高。我们需要适当的存档来保证有共识的社会语境下的知识，以及中立的、符合科学的报告，好让更多的人来进行媒体理论的研究。

4.1 索引的要求

保存实时电脑生成的电模艺术的传统需要详尽的存档，而且这个过程不能和技术的发展以及社会因素孤立起来，因为这些问题定义了艺术表达的范围。而且，如果美学研究和表演情境、技术要求相孤立，媒体理论的研究也是不会成功的。

因此，人们需要进行对于社会结构以及表演情境的分析，而且这些分析的结果需要被转化成文档的格式。文档的粒度必须根据具体案例而定。其中，关于艺术起源和发展情境的信息最有价值。

4.2 数据选择和方法

对于分析而言，现有的超过 50000 件电模艺术品这个数量实在太太大，难以进行完整的研究，因而我们选取了其中的一部分样本进行研究。因为我们有所有艺术品的完整元素列表，因而使用截止法（cut-off method）进行系统取样是可能的。[4]

样本的选择偏向了有名的电模艺术品，因为它们和分析的对象是直接相关的。我们选择了艺术品总数的 1%，也就是 500 件艺术品，这个选择很好的概括了电模艺术的总体特征。我们的选择超过 10 个范畴，它们包括由社区所评价、推选以及获奖作品。我们选择样本的框架是 pouet.net 网站，它是目前互联网上最大的电模艺术作品的档案。分析的单元是图 1 中所绘的相关实体。

因为从 1990 年代起，和这些艺术品有关的情境信息就在数不清的网站上传播，我们需要通过探索性的调研来得到一个概况。通过进行描述性的主题分析，我们了解了实体属性中的规律性和不规律性。尤其是在作品发布的情境中——也就是表演的地点、现场情况及其评价都对作品及其相关性的评估产生重要的影响。作品的署名方式不同，而且在一些案例中有显著的不同。有些特定的信息只能在作品结尾的署名里找到。人们需要仔细观察每个作品才能确定适当的署名方式。作品和技术要求以及被展出的必要性需要人们具备更高等级的特定技能。这种情况在对作品的内容和美学价值的分析里也同样存在。

我们选择的样本让我们很好的了解了电模艺术是不是可以通过 CIDOC CRM 的概念来表达，以及这个模型需要怎样的改进来表达这种艺术形式。和静态的文档不同，CRM 能够产生关于创建过程和历史情境的文档，而且这些文档能够被人所理解。[3] 把相关的实体映射到 CRM 结构上能够让我们分析类别和关系。

4.3 实体的定义

文档的过程需要根据图 1 所示的相关实体被分成不同的文档行为的集合。

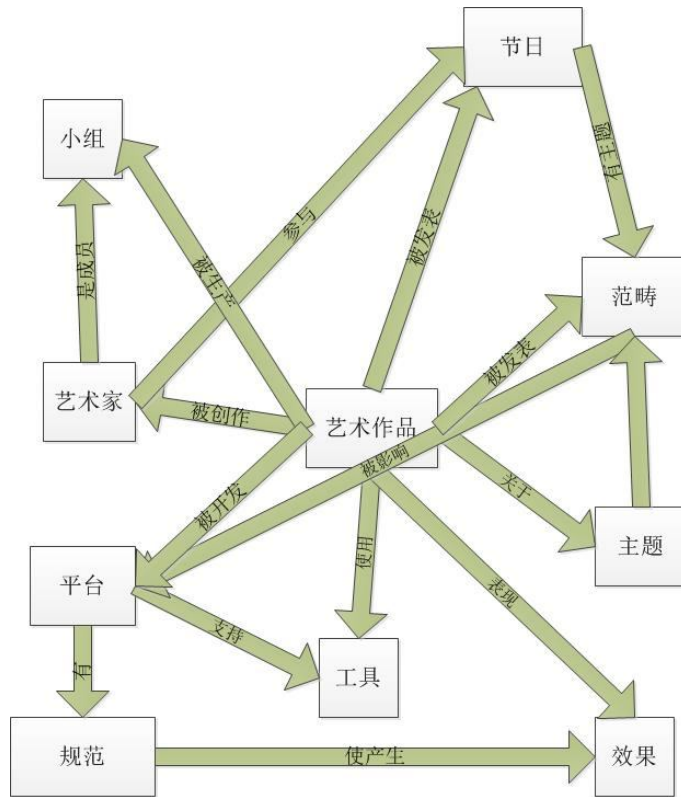


图 1：相关实体的定义

4.4 CIDOC CRM 的样本模型

接下来，我们将会以 CIDOC CRM 5.1 版为基础讨论“艺术作品”、“小组”、“节日”和“平台”四个实体（参见图 1）。

图 2 展示了 CIDOC CRM 模型中表示艺术作品和所用工具的一个局部视图。

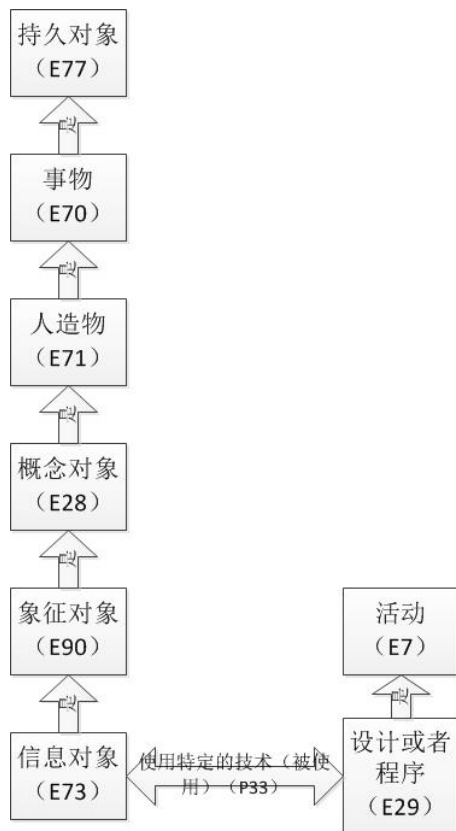


图 2: “艺术作品”的样本模型

一个“艺术作品”，和可识别的非物化对象一样，属于“信息对象”（E73），比如多媒体的对象、电脑程序的代码、算法或者程序规则，而且它需要被记录为单个单元。一个“信息对象”并不依赖于特定的物理载体，它可以同时存在于多个载体中。E73 的上位类是 E90“象征对象”，它指的是可识别的，而且具有客观可识别的结构符号以及任何符号的聚合，比如数据集、图像、多媒体对象等等。E28“概念对象”是 E90 的上位类，它指的是使用技术设备（比如电脑）生产的非物质的产品。作为 E71“人造物”的一个实例，这个类别包含了知识的产品，比如电子代码。E71“人造物”是 E70“事物”的一个下位类，而后者又是 E77“持久对象”的一个实例。一个对象如果属于一个特定对象的范畴，那么在 CRM 中它要被描述为“类别”（E55）的一个实例。很遗憾的是，艺术作品的表演无法通过现有的 CIDOC CRM 的类别和关系来表达。

创造艺术品（E73“信息对象”）的工具可以通过 P33“使用的特定技术”的属性来描述。这个属性识别了“设计或者程序”（E29）中的一个特定实例，以便执行“活动”（E7）的实例。平台特定的要求没办法很好的反映在 CIDOC CRM 的模型里。

美学的表达是得以证明的、被程序化的效果和主题，它们和内容、视频以及音乐创作都有关系。效果属于 E36“视觉对象”，比如可以识别的图象或者符号，而且可以使用“展示视频对象”（P65）的属性来描述。主题可以被描述为“主题对象”（E89），它是“信息对象”（E73）的一个组成部分（P148），包括非物质对象，比如故事、情节、程序规则、算法、物理学法则、图像（包括了在某种意义上真实或者虚构事物主题，以及被作为单独单元记录或者构成话语主题的图像）以及其它对象。这个类别还包括了“关于”其它事物的主题对象。在更大的意义上，这个类别包括了心理学价值的表达，比如非人形形象艺术以及音乐的主题。在此之外，“主题对象”包括“主题”（P129），后者是“CRM 实体”（E1）的一个实例。

对作品的描述和对注解中文字的转录相似，它们都是“字符串”（E62）使用“包含注解”（P3）的属性。

计算平台可以使用“人造物”（E22）来描述，它要使用“使用过的特定对象”（P16）的属性，前者指的是人类活动中创造的物理对象。但是平台的规范无法通过 CIDOC CRM 来表达，因为这个模型里并没有类别来描述技术材料，比如硬件结构和软件框架。把这些平台特定的属性描述为“象征对象”（E90），作为任何可识别结构或者单一单元的对象，都是或过于抽象而不精确的。

对小组的模型化是和 CIDOC CRM 实体的等级相一致的。模型小组对应的实体是“小组”（E74），艺术家可以分配给这个实体的一个实例“演员”（E39）。使用“有现任或者曾经的成员”（P107）的属性可以让它从 E39 参引到母类 E74 的实例。

节日可以使用“时间实体”（E2）来描述，还要使用“有类型”（P2）的属性以及“类型”（E55）的实体。“时间实体”同样需要细化到“时段”（E4）以及“状态”（E3）。作为“时段”（E4）的子类，“事件”（E5）的实体更详细的在时间和空间框架里描述了现象。“事件”（E5）包括“有参与者”（P11）的属性，比如“演员”（E39）。

4.5 CIDOC CRM 的潜力和局限

在 CIDOC CRM 中为描述电脑模型艺术所需的实体建立模型看起来是可能的。但是 CRM 在原则上并不是为了虚拟对象和技术材料设计的。传统博物馆环境的一些概念能够被转换，但是另外一些概念看起来就太过抽象了。作为结论，表 1 总结了相关实体和属性，这些对象在 CIDOC CRM 中可能能够表达的很好、不够好或者没办法表达。

电脑模型艺术的特征，比如呈现、系统需求和规则定义了这种艺术的起源和使用的语境，因而这些方面也应被看作是艺术品直接的属性。但是不幸的是，这些属性没办法通过 CRM 模型来表达。如果我们想要映射计算平台的特定属性，那么我们必须想出一种新的解决办法。从艺术-历史的角度出发，平台被看作是带有特有属性的材料。在 CRM 中，材料的概念指的是在博物馆中保存的单件原始材料，比如砖、纺织布料和金属片，它们在模型中和其他的对象和对象的组成部分是一样的。这里很清楚的说明，国际或者国家标准以及术语需要被用来描述材料。毫无疑问，CRM 需要扩展其技术材料描述的部分。与之相似的是，在节日的表演范畴的描述中，我们也有必要详细描述电脑模型艺术作品的材料属性，并且需要和技术需求建立更紧密的联系。电脑模型艺术范畴需要一个和节日关系更加紧密的分类法，这个分类法能够使用标准的类别来对 CRM 进行补充。

表 1: CIDOC CRM 类别的总结

实体	描述得很好	描述得不那么好	没办法描述
艺术品	E73		
载体			没有可以使用的类别
表演			没有可以使用的类别
时间长度			没有可以使用的类别
范畴	E55		
工具		E29	
要求			没有可以使用的类别
效果	E36		
主题		E89	
描述	E62		
平台		E22	
规定			没有可以使用的类别
小组	E74		
艺术家	E39		
节日	E2		
获奖			没有可以使用的类别
时间段	E4		
事件	E5		
参与者	E39		

5 结果和纵览

本研究呈现了分析实时音视频艺术对象的一种方法，以及它的第一个概念模型。经过对这个样本的分析，我们提出了 CIDOC CRM 的潜在机会和不足。正如本文的结论所言，CIDOC CRM 仍然和传统的博物馆学领域密切相关，但是它需要在虚拟技术材料的领域得到扩展。

基本上 CIDOC CRM 能够描述电脑模型艺术基本的特征。但是对于描述单个作品以及计算软、硬件的特定特征来说，我们需要进一步开发 CIDOC CRM 才能做到。目前，我们仍然没办法使用 CIDOC CRM 来描述这些单件艺术品的起源和使用情境。这个模型必须要通过灵活的方式进行扩展，这样新的特点才能在未来被增加进来，我们也才能用这个模型来整合电脑模型艺术这种艺术形式。

为了弥合缺口，也是为了寻找为 CRM 没办法描述的实体和属性创建模型的方法，我们需要进行新的分析来开发词汇表，描述虚拟的技术材料，并且扩展当前的模型或者把这个模型连接到其它的本体上。

因为电脑艺术作品和相关的情境信息散布在互联网上，而且非社区参与者很难接触到这种艺术形式，遗产机构需要保持积极的态度，并且参与到这种在线艺术形式的存档中。1990 年代的遗产机构或多或少都处于媒体生产的尾端；而现在，我们明显可以观察到范式的转变。今天的档案机构更多地出现于媒体生产的开端，它们可以提供资源，帮助人们保证媒体内容的质量和可获取性。

存档对于传统的安全和关系的转换来说至关重要。它让历史和传统的重建成为可能。尤其在数字时代，我们的技术发展和知识的遗忘存在联系，因而，构建多样的藏品，典藏、记录并且让它们向公众开放是越来越重要的一件事。

6 参考资料

- [1] T.J. Berners-Lee et al., "The Semantic Web: A New Form of Web Content that is Meaningful to Computers will Unleash a Revolution of New Possibilities", *Scientific American*, vol. 284, no. 5, pp. 34-43, 2001.
- [2] T.J. Berners-Lee, "Semantic Web Road Map" [Online], 1998. Available: <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>.
- [3] V. Binz, "RDA: Archiv, Museum & Bibliothek auf einem Nenner?", *Berliner Handreichungen zur Bibliotheks- und Informationswissenschaft*, no. 302, 2010.
- [4] J. Bortz, "Statistik für Sozialwissenschaftler", Springer, 1999.
- [5] Bobic of 4sceners and Ghandy of Moods Plateau (2008), „The Demoscene and Modern Games“ [Online], zine behind the scene, no. 13, 2008. Available: <http://zine.bitfellas.org/articlelist.php?zine=13>. Supplied as additional material [zinearticle20.pdf](#)
- [6] G. Borzyskowski, "The Hacker Demo Scene and it's Cultural Artifacts", Study, Curtin Univ. of Technology, Perth, Australia, 1996.
- [7] J. Davies et al., "Semantic Web Technologies: Trends and Research in ontology-based Systems", Wiley, 2007.
- [8] M. Doerr, „What is the CIDOC CRM“, 2011. Available: <http://www.cidoc-crm.org/index.html>
- [9] J. Euzenat and P. Shvaiko, "Ontology Matching", Springer, 2007.
- [10] S. Felzmann, "Playing Yesterday - Mediennostalgie und Videospiele", in A. Böhn and K. Möser (Ed.) *Technikostalgie und Retrotechnologie*, *Karlsruher Studien zu Technik und Kultur*, G. Banse et al. (Ed.), vol.2, pp. 199-215, 2010.
- [11] D. Fensel, "Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce", Springer, 2004.
- [12] C. Hastik and A. Steinmetz, "Demoscene Computer Artists and Community," CERC Collaborative European Research Conference, Darmstadt, Germany, 2012, pp. 43-48.
- [13] C. Hastik and A. Steinmetz, „Computer Technology- A Tool in the Hand of the Artist?“, *Proceedings of Euromedia'2012*, Bucharest, Romania, 2012, pp. 35-38. Supplied as additional material [euromediaHS2012.pdf](#)
- [14] J. Heesen, "Was ist ein digitaler Content wert? Kriterien für die Bewahrung eines digitalen Erbes“, in C. Y. Robertson-von Trotha and R. Hauser (Ed.) *Neues Erbe*, vol.1, pp.83-93, 2011.
- [15] P. Hitzler, Krötzsch M., S. Rudolph, „Foundations of Semantic Web Technologies“, CRC Press, 2009.
- [16] IFLA Study Group (Ed.), "Functional Requirements for Bibliographic Records. Final Report", De Gruyter Saur, 1998.
- [17] A Reference Ontology for the Interchange of Cultural Heritage Information, ISO Standard 21127, 2006.
- [18] N. Montfort and I. Bogost, "Racing the Beam. The Atari Video Computer System" MIT Press, 2009.
- [19] M. Lowndes, "An Introduction to the Semantic Web for Museums", J. Trant and D. Bearman (Ed.), *Museum and the Web 2006*, Albuquerque, USA, 2006. Available: <http://www.archimuse.com/mw2006/papers/lowndes/lowndes.html>.
- [20] M. Reunanen, "Computer Demos – What Makes Them Tick?", Helsinki Aalto Univ., 2010. Available: <http://de.scribd.com/doc/33280491/Computer-Demos-What-Makes-Them-Tick>