

语义驱动下的网络资源符号设计方法

张龙 周杨 田江鹏 赵海鹏

(信息工程大学地理信息空间学院 郑州 450000)

摘要 网络空间资源是认知网络空间的基本单元。系统化和结构化的网络资源符号体系可为正确认知和理解网络空间态势,快速共享和辨识网络态势标绘,客观把握和了解网络资源分布情况、所处状态和归属关系提供至关重要的帮助。为此,文中参考语义驱动下的地图符号设计方法,将自然语义学理论引入网络资源符号设计过程中,提出了一种语义驱动的网络资源符号设计方法。首先,分析和梳理了网络资源的构成,给出了网络资源符号结构和符号语义模型;其次,具体阐述了网络资源符号设计流程与方法;最后,进行了网络资源符号认知实验,并与美军网络态势标号进行了对比评价。实验结果表明,文中所设计的网络资源符号具有形象化和系统化的特点。

关键词 网络空间资源,语义驱动,语义模型,符号设计,认知实验

中图分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2019.04.013

Design Method of Semantic-driven Cyberspace Resource Symbol

ZHANG Long ZHOU Yang TIAN Jiang-peng ZHAO Hai-peng

(Institute of Geography Spatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450000, China)

Abstract Cyberspace resource is the basic unit of cognitive cyberspace. Systematic and structured symbol system of network resources is significant for correctly understanding the cyberspace situation, rapidly sharing and identifying cyberspace situation mapping and objectively grasping the distribution, state and attribution of cyberspace resources. Therefore, referring to the design method of semantic-driven mapping symbol, this paper introduced natural semantics theory into the process of symbol design of cyberspace resources, and proposed a design method of semantic-driven symbol cyberspace resources. Firstly, the paper analyzed and sorted out the cyberspace resource structure, and proposed the cyberspace resource symbol structure and symbolic semantic model. Then, it elaborated the symbolic design process and the method of cyberspace resources. Finally, it conducted the cyberspace resource symbolic cognition experiment and comparison analysis with the US military cyberspace symbol. The experimental results show that the symbol of cyberspace resources designed by this method has the characteristics of visualization and systematization.

Keywords Cyberspace resource, Semantic-driven, Semantic model, Symbol design, Cognitive experiment

伴随着互联网的诞生和发展,网络已经成为人类社会的重要组成部分。更好地认知和理解网络结构,把握网络资源,感知网络态势,成为利用网络和保障网络安全的重要任务。其中,网络态势表达是极为重要的研究命题^[1-2]。

网络态势表达是人们直观、形象地感知和认知网络空间的重要途径。高俊院士指出,网络空间与地理空间互相重叠和交合,同样需要采用可视化的方法让用户理解,是地图学面临的新挑战^[3]。作为网络态势表达重要的一环,网络资源符号发挥着基础性和根本性的作用。焦东来^[4]提出参考地理空间信息要素标绘和设计的方法,对网络空间中的要素可以进行符号化表达。美军《MIL-STD-2525D》^[5]标准中添加了大量的网络空间态势标号内容,包含网络资源要素的编码、分类

以及标识符。但总体而言,国际、国内对网络资源要素表达的研究较为薄弱。例如,已有的网络态势图或态势表达系统中^[6-9],符号表达较为随意,呈现多样性特点;有的表达系统^[10-12]在进行网络节点描述时,仅用基本几何图形如三角形和圆形来代替。为此,如何构建系统且一致的结构化网络资源符号体系,是当前网络资源符号化亟需解决的重要问题。

通过有限的符号表达无限、复杂的真实世界是语言的特点。深受结构主义影响的现代语言学形成了一套完整的方法论基础,能够从整体概念上系统研究对象的离散特征。地理空间信息和地图符号学与现代语言学方法论的结合,形成了空间信息语言学模型和地图语言学模型,两者建立起来的理论和技术体系能够为构建系统、结构化的网络资源符号体系

到稿日期:2018-02-28 返修日期:2018-05-29 本文受国家重点研发计划项目(2016YFB0801301,2016YFB0801303)资助。

张龙(1992-),男,硕士生,主要研究方向为摄影测量和遥感、网络空间测绘,E-mail:zhouyang3d@163.com(通信作者);周杨(1974-),男,博士,教授,主要研究方向为摄影测量和遥感、空间信息可视化;田江鹏(1987-),男,博士,讲师,主要研究方向为地图符号设计、战场环境仿真;赵海鹏(1994-),男,硕士生,主要研究方向为三维可视化。

提供良好的借鉴。从方法论角度,相关学者利用自然语言与地图符号语言的类比性,开展了可借鉴的相关研究。杜清运^[13]将语言模型引入空间信息中,从语音、语义、词汇、语法等方面为地理信息系统的建设提供了地图语言范式。田江鹏^[14-16]依托语言学方法论,在地图符号的认知语义、层次化设计、动态生成和词法、句法模型方面都取得了较好的研究成果。李伟等^[17]基于语言学相关理论,解析个性化地图符号的设计策略,提出个性化地图符号设计方法和流程。韩爽^[18]将语义模型引入旅游专题地图符号的设计中,提出了一种基于语义的符号匹配方法。可见,在借鉴语言学理论的图形符号研究方面,目前已经形成了良好的示范。

参考上述方法,本文将语言学理论引入网络资源符号的设计中,建立了一种语义驱动的网络资源符号设计方法,同时进行了网络资源符号的实验,并与美军标网络态势标号进行了对比,为形象、简洁地可视化表达网络空间资源提供了依据与参考。

1 网络空间资源符号结构模型

1.1 网络资源的构成与认知

如表1所列,从互联网体系结构的角度,网络资源可以分为两大类,即网络实体资源和网络虚拟资源。网络实体资源又称网络基础设施,包含IP化实体网元(如路由器、服务器、终端主机等)和非IP化基础设备(如交换机)。网络实体资源由于真实存在于物理空间中,具有典型的地理空间分布特征,因此也可以作为地理空间实体。网络虚拟资源是由在网络实体资源的物理层次之上进行的一系列数字化行为活动而构成的,可以分为应用服务、虚拟实体和数据资源三大类。网络虚拟资源存在于网络虚拟空间,虽然不能触摸或直接被人感知,但作为依附于地理实体之上的网络现象,可被看作一种客观存在的现象。

表1 网络资源的构成及示例

Table 1 Composition and examples of cyberspace resources

网络资源的构成	网络资源的分类及示例
网络实体资源	IP化实体网元(如路由器、服务器)
	非IP化基础设备(如交换机)
网络虚拟资源	应用服务(如VPN和DPS)
	虚拟实体(如QQ账号、邮箱账号)
	数据资源(如木马、文本、音视频)

伴随网络的出现和发展,网络资源的类型和规模不断衍生和剧增。与认识地理空间的自然事物相同,人们对网络资源的功能特征、从属关系、外部结构等方面进行认知和理解,形成符号,并在大脑中进行印象刻画;同时,人们借助符号又能够较为快速和方便地解释和描述网络资源。当然,由于网络资源具有虚实之分,认知网络实体资源和网络虚拟资源具有一定的差异。在网络实体资源的认知过程中,对其外部结构、内部组成和功能属性都有较客观具象的把握和直接的应用体验,能够在真实物理空间找到产生认识 and 理解的来源。而网络虚拟资源不同于网络实体资源,虽然人们每天都在利用、生产和销毁海量的网络虚拟资源,但网络虚拟资源并不直

接存在于地理空间,因而对其进行描述与刻画具有一定的难度。网络虚拟资源的认知是无形和难以触摸的间接体验,一般主要包括资源本身的名称属性、logo标识和功能范围。

1.2 网络资源符号结构和语义模型

自然语言学理论中,语音、语法和语义是组成语言学系统的三要素。语音与语义是语言符号结构组成的两个极。语法是由语音和语义两者结合形成的语言成分。因此,语音和语义是语言成分的基本组成要素。如图1所示,类比于自然语言,网络资源符号结构的基本成分包含符号语音和符号语义。网络资源的符号语音是指资源符号的图形形式,具象刻画网络资源的本体形态与功能结构。网络资源的符号语义是指资源符号的表征含义,体现和反映符号与资源间的表达联系。



图1 网络资源符号结构

Fig. 1 Symbol structure of cyberspace resources

网络资源符号的语义模型构建一定程度上依赖于人对资源本体的认知与理解,是资源在人脑中形成的概念在空间语言系统中的映射和体现。网络资源符号的语义模型主要依赖本体层次的认知与理解,包含资源类型划分、功能定位、显著特征提取以及在语义关系约束下的符号语音层次组合。基础视觉变量在基于本体层次的语义特征描述制约下进行内部组合,进而形成符素或资源符号组成部件,而符号语义结构关系影响语素的选取和外部组合。

任何一个网络资源符号均属于音义二者的结合物。从符号语义特征描述的角度,主要在对资源本体的功能类型、外部形态、使用规则和应用场景进行划分的基础上,进行符号显著特征提取和符号语音内部组合,目的是对资源符号的物质形态和形成机理进行真实刻画,从而在解译表意上与人们对其的概念认知保持一致。从符号语义结构关系的角度,主要包括资源符号语素的选取和外部层次的组合,目的是形成系统且统一的资源符号体系,实现符号语素的重复利用。如图2所示,以网络实体资源中的Web服务器符号设计为例,其语义特征描述为: $\langle \text{Web服务器} \rangle = \langle \text{服务器} \rangle + \langle \text{Web功能} \rangle$ 。服务器的一般外部结构形态满足上下关系的多层组合,因而设计单层结构形态(☐),并按照上下拓扑、水平居中的多层组合方式构建,进而形成服务器符号图形(☐)。由于Web服务器具有Web信息传输和浏览功能,因此将服务器符号(☐)与具有Web含义的符号语素(🌐)进行组合。从认知语义角度讲,其Web信息服务功能是不同于其他类型服务器的显著特性,因此按照包含与被包含的拓扑关系,将Web含义的符号语素放置于原服务器符号的中心部位,以体现其特有的功能特征。在Web服务器符号设计的基础之上,设计其他类型的服务器时,结合两者间的语义层次结构关系,重复使用相同的符号构造法则并选用相同的符号语素,从而形成结构一致的网络资源符号体系。

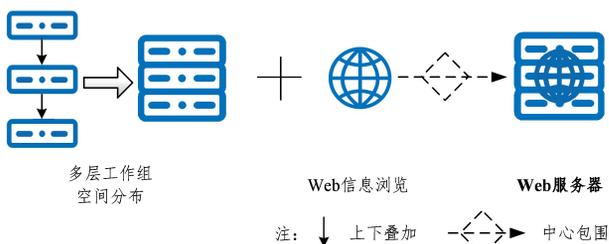


图 2 Web 服务器符号设计

Fig.2 Design of Web server symbol

2 语义驱动下的网络资源符号设计方法

2.1 方法描述

在分析网络资源构成和符号结构、语义模型的基础上,本节主要阐述网络资源符号的具体设计流程和方法。参考引入语言学的地图符号设计的原则和方法,在语义关系的驱动下,网络资源符号设计的主要流程如图 3 所示,依次为义征提取、符号语素构建和聚合建模 3 个方面。

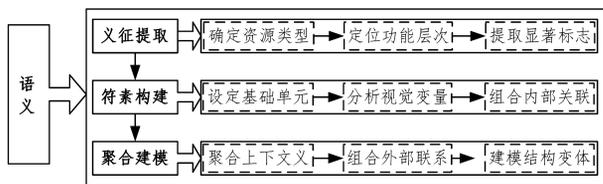


图 3 网络资源符号设计的主要流程

Fig.3 Main flow of cyberspace resources symbol design

2.2 义征提取

从语义学理论角度讲,义征是指从义位中提取的语义构成成分。一个义位中各义征之间按照性质、层次、等级组织成为一个整体。本文基于网络资源类型的属性描述和定义,引入义征概念,从资源构成和结构的认知中提取资源描述义征,进而影响资源符号语素的构建和基础单元或语素间的组合可能性。

通常,每一种网络资源的语义信息包含多种义征,是多元组义征的集合体。义征的提取是语义分析中最难的部分,其选择和认识取决于地理真实、人的认知规律、几何规律和文化社会联想等多方面的影响。当然,在分析资源语义描述信息的过程中,为了使符号简洁化,减少不必要的信息冗余,我们往往只需要抓住资源的显著义征或几个义征组合而成的显著标志,主要步骤如下。

(1)确定资源类型。依据网络资源符号所处的空间域,首先确定网络资源的主类型,然后按照线性结构进行主类、亚类、一级、二级等的级别划分。确定资源类型的好处在于,对相同类型的资源进行符号化时,可保证设计的资源符号符合结构化特点,能够使同一级别下并列资源间的符号的颜色、大小、结构等参量保持一致性。例如,在网络资源符号设计之初,首先需要确认网络资源的虚实类型。由于网络实体与虚拟资源的构成或认知具有一定的差异性,因此不同类型的符号语素的选取和构建法则有所区别。

(2)定位功能层次。将网络资源语义描述信息进行拆解,

确定资源所具有的功能属性。定位网络资源的功能层次,一方面可以很方便地从语素库中挑选对应语义含义的语素,另一方面可以使类型相同但功能不同的资源在符号设计过程中保持构造法则的一致性。单个资源可能存在多个功能特征,因而也需要标注资源的核心功能属性。网络资源的核心功能常常作为符号义征的显著标志。具有相同结构但具备不同功能或满足不同应用场景范围时,网络资源符号的部分组成部件即部分符号语素保持差异,但差异符号语素的选择或设计受认知语义或习惯的约束,从而可以更好地辨识和认知。以服务器为例,不同类型的服务器具有相同的结构基础,其核心功能用途的不同可以用作类型的区分。

(3)提取显著标志。资源所属类型和功能层次的区别可以作为提取资源符号标志的候选集;同时,在候选集中并不需要找寻该资源所具备的全部义征标识,只需要找到显著标志,即该标志可以体现资源特有的核心属性且可以与其他资源形成明显区分,这在一定程度上可以保证设计符号的简洁性。一般来讲,网络实体资源的显著标志主要从资源通用的外层形态结构和具备的核心功能属性两个方面来提取,网络虚拟资源的显著标志主要从其特有的标识图符或字母中提取。以 QQ 账号为例,在人们大脑认知中,其最显著的标志就是企鹅标识。

2.3 符号语素的构建

从语义角度来讲,符号语素包含图形和结构两部分。不同于组成符号语素的基础单元,符号语素具有一定的语义意义,是组成符号的最小单元。设计或规定的符号语素可以进行语义含义的归并和聚类,从而形成符号语素库,而符号就是符号语素库与对应的规则集合相结合的产物。任何一种符号均是由单个符号语素或多个符号语素间复合组合而成。同时,符号也可以与其他符号语素或基础单元进行组合从而形成新的符号。

不同于地图符号语素或自然语言语素,网络资源要素的符号语素除了将简单的点、线、面要素或规定的几何图元按照一定的拓扑结构进行组合外,也可以直接由资源已有的特有标识图符或名称字母来形成。同时,所有的符号语素要在视觉变量的控制下完成定义。符号语素构建的主要步骤如下。

(1)设定基础单元。资源符号的基础单元是指视觉变量控制下的几何元素,是符号语素的基础组件,从根本上可分为点、线、圆(一定程度上可以认为是特殊的点元素),本文网络资源符号设计中主要包含点、直线、弧线和圆形、方形等几何图元。同时,由于网络虚拟资源语义认知的特殊性,需要总结其自身特有的标识或名称字母来作为基础单元。

(2)分析视觉变量。分析符号设计的影响因素。在语义驱动下,不同类别的资源在划定类型、显著标志、认知理解、用户习惯等多个方面的影响下,其视觉变量具有差异性。开始设计之前,对与网络资源符号自身设计相关的视觉参量进行梳理和整合,建立统一的视觉参量对照法则。

(3)组合内部关联。符号语素是音义结合物的最小单元。设定基础单元后,依赖语义约束下的组合规则,将基础单元进

行分组、整合,从而形成具有意义的结合物。基础单元的数量和内容、组合方向和顺序,都会直接影响符号语素的内部组合,进而影响生成符号语素的一致性。符号语素的内部组合主要受美学、构图、格式塔以及几何自身规律等的影响。

按照以上3个步骤,将符号语素形素与对应语义进行唯一且直接关联,形成音义结合最小单元的符号语素库。符号语素集合的定义如式(1)所示:

$$D = \left\{ \sum_{i=1}^n x_i; \sum_{i=1}^n f(x_i) \right\}, i=1,2,3,\dots,n \quad (1)$$

其中, D 表示网络资源要素的集合; x_i 表示构建的有限符号语素形素; f 表示符号语素语义与符号语素形素的一一映射关系。图4显示出了本文语素建模的部分成果。



图4 部分建模语素

Fig. 4 Part of modeling morpheme

2.4 聚合建模

从符号语素角度出发,符号的组合分为内部组合和外部组合。组合的实质是表达对象与表达对象内部元素具有部分与整体的语义关系。符号的聚合关系,也称为上下文关系,实质是因为表达对象具有层次性关系,上下层表达对象间满足包含与被包含的语义关系。

网络资源符号的组合是指,组成资源符号语素的基础单元或组成资源符号的符号语素,按照一定的顺序或拓扑关系,进行语素模型组建或符号成份整合。网络资源符号的聚合关系是指,根据网络资源要素分类或者同类型资源的不同属性功能,形成上下层次关系。聚合的上下层级间满足单向包含关系,且聚合的同类对象间相互对立但又彼此相似。聚合建模的主要步骤如下。

(1)聚合上下文义。网络资源类别具有层次性,上下层类别满足上下文义关系,即上层类别包含下一层级的要素类型,下一层要素是上一层资源中的某一种类型,与认知概念上的层次结构有关。同时,同一层级资源的功能与属性也有所不同,资源间相互对立,但彼此间又存在联系,有交集。与义征提取中针对单个待设计资源进行功能层次的划分不同,此处聚合上下文义主要是指针对同类型、不同功能属性的资源进行整体划分,进而形成聚合语义树。如图5所示,以服务器的聚合语义树为例,服务器按照功能用途可大致分为Web服务器、文件服务器、邮件服务器和域服务器4类,且它们均具备服务器的所有结构属性。

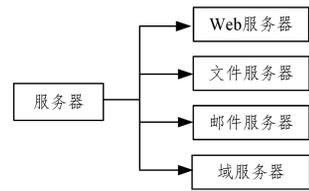


图5 服务器聚合语义树

Fig. 5 Aggregate semantic tree of server

(2)组合外部联系。将构建的符号语素与资源归属机构类型对照设定的视觉变量进行统一组建,包含单个符号语素与视觉变量的组合关系或多个符号语素与视觉变量的复合组合关系。同时,按照统一关系建立符号组合规则集合,当有衍生的新型资源符号化时,只需在规则集合内选用相应的法则进行组合。符号语素间的外部组合还可生成具有一定语义含义的符号部件。如图6所示,以我方Web服务器符号设计为例,〈我方Web服务器〉:〈我方〉+〈Web服务器〉,“我方”作为语义描述信息,而Web服务器符号是由服务器符号作为符号语素与Web语义含义的语素组合而成。

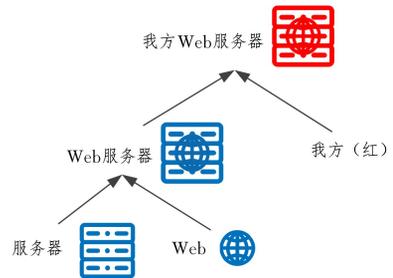


图6 我方Web服务器聚合语义树

Fig. 6 Aggregate semantic tree of our Web server

(3)建模结构变体。从词法角度看自然语言中词语的组成时态,相同的词根结合不同时态有意义的词根,可以组合成不同的单词词汇。网络资源符号化过程中,由于资源载荷、容量或从属机构类型不同,相同的符号语素结合色彩或尺寸参量的变化可以形成结构变体,与同一符号语素的不同形素相似。

3 网络资源符号设计实验

为了验证本文设计方法的可行性和科学性,采用问卷调查的方式(线下分发纸质调查问卷)进行认知实验验证。

3.1 实验设计

3.1.1 实验素材

实验素材分为两组:素材1为目前美国军标最新版本《MIL-STD-2525D》(2014年6月10日发布)中新增加的网络空间态势标号。美军的网络空间态势标号由4个部分构成,分别是框架(FRAME)、填充颜色(FILL)、图标(ICON)和注释(AMPLIFIERS)。如图7所示,美军网络空间态势标号没有修饰符,图标全放置在八边形包围盒的中心部分,且网络空间态势标号应该依附于其所处空间维。如果其处于太空中,其注释符就要按照在空间态势标号中的注释符要求来指定。这些构成要素体现了敌我关系、战场空间维度、状态和任务等相关信息。

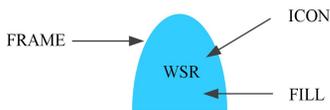


图 7 美军标 Web 服务器符号

Fig. 7 Web server symbol of US joint military symbol

素材 II 为按照本文方法设计的网络资源符号。

3.1.2 实验人员

被测试实验人员分为两组:第一组为信息工程大学地理空间信息学院的博士及硕士研究生,共计 30 人;第二组为信息工程大学网络空间安全学院的博士及硕士研究生,共计 30 人。被测试人员视力、智力等各方面正常,且均未学习过美国网络态势军标符号和地图符号的相关理论知识。

3.1.3 实验方案

针对本文设计的网络资源符号,结合美军标中网络态势标号,开展符号设计认知实验。目的是对本文的网络资源符号设计方法进行量化可用性评价,分析与总结该方法的优势和不足,对其科学性和系统性进行讨论,从而最终验证本文方法的可行性。本文问卷调查共采用如下两种实验方案。

第一种为网络资源符号认知解译能力实验。选取素材 II 中的 10 个资源符号,被测试人员进行符号语义解析并填空描述。对被测试人员所填的答案进行义素分析,并与本文给定的参考答案进行比较,按照正确和错误两类进行统计。

第二种为两组网络资源符号的多因素模糊评价与对比实验。选取素材 I 中的 6 个网络态势标号(分别为 Web 服务器、文件服务器、邮件服务器、主机、交换机、防火墙),与素材 II 中相对应的网络资源符号同时进行多因素模糊性评价,评价的因素考量集包含可以识别、设计简洁、具有象征意义 3 个方面,每项评判标准采用百分制打分。

3.2 实验结果与分析

3.2.1 实验结果

本次调查共发出 60 份问卷,收回 60 份,有效问卷 60 份。

对素材 II 中的 10 个资源要素进行符号认知解译的结果如图 8 所示。

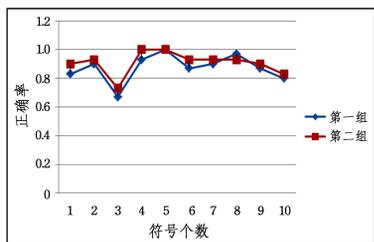


图 8 网络资源符号认知解译实验结果

Fig. 8 Cognitive experiment results of cyberspace resources symbol

从图 8 中可以看出,第一组有效问卷 30 份,认知准确率分别为 83.3%,90.0%,66.7%,93.3%,100.0%,86.7%,90.0%,96.7%,86.7%,80%,平均值为 87.3%,方差值为 79.5;第二组有效问卷 30 份,认知准确率分别为 90.0%,93.3%,73.3%,100%,100%,93.3%,93.3%,93.3%,90%,83.3%,平均值为 91.0%,方差值为 55.8。由结果得出,大部

分符号认知解译的正确率均达到了 80%以上;第三个符号的认知解译正确率较低;第二组成员的符号认知解译准确率普遍高于第一组成员。

如图 9 所示,在“可以识别”因素下,素材 I 的平均得分为 2686.7,素材 II 的平均得分为 4856.7;在“设计简洁”因素下,素材 I 的平均得分为 5073.3,素材 II 的平均得分为 4718.3;在“具有象征意义”因素下,素材 I 的平均得分为 2918.3,素材 II 的平均得分为 4700。从图 9 的结果可以看出,素材 II 在“可以识别”和“具有象征意义”两方面均高于素材 I;素材 I 在“设计简洁”方面普遍高于素材 II;前 3 个资源符号的实验结果很接近。

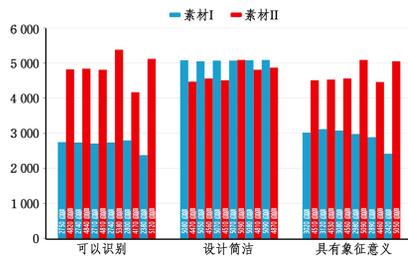


图 9 网络资源符号的多因素模糊评价与对比实验结果

Fig. 9 Multi-factor fuzzy evaluation and comparative experiment of cyberspace resources symbol

3.2.2 结果分析

通过分析以上 3 次认知实验,可以得出以下结论。

(1)本文方法设计的网络资源符号具有较好的认知性。以图 8 为例,大部分资源符号都能较正确地被认知解译,只有第三个资源(交换机)符号()的认知正确率较低,部分测试人员将其识别为路由器。究其原因在于,交换机和路由器都具有相同的转发功能,且物理形态较为相似,说明还需要对两者进行进一步的义征提取。

(2)符号设计与用户认知习惯、专业背景等都有一定的关联关系。图 8 中,第二组成员由于具有网络专业知识背景,对网络资源的认识和理解更为突出。

(3)本文设计的符号与美军标中网络态势标号具有异同点。从图 9 的结果可以看出,本文设计的符号更为形象,易于直接认知,且具有更好的象征意义;而美军标中的符号更为简洁,但美军标中网络态势符号主要是资源英文名称的首字母简称,由于认知习惯的不同,用户需要参考一定的语义对照表才能理解符号表达的对象。

(4)类型相同但具备不同功能的资源使用相同的构造法则和选用相同的语素可以被系统化认知。图 9 中前 3 个资源符号分别指代 Web 服务器、文件服务器、邮件服务器。本文设计符号和美军标网络态势标号对相同类型的资源都使用了相同的构造法则,因此认知结果较为一致。

结束语 本文主要以网络空间资源作为符号设计的表达对象,为形成系统化、结构化的网络资源符号体系,提出了一种语义驱动的网络资源符号设计方法。其优点在于:通过引入语义学理论,梳理网络资源符号设计的影响因素,细化了网络资源符号的设计过程,使设计的符号更成体系。当然,由于

资源显著标志的提取与用户认知、专业背景等相关,因此存在一定的主观性,难免会造成部分生成的符号特征不是十分明显,需要进一步研究符号特征提取方法。同时,本文设计的符号主要适用于二维平面。伴随电子地图从二维发展到三维,人们对表达系统可操作性的需求愈加强烈,下一步工作中可以尝试进行网络资源的三维符号设计。

参考文献

- [1] ZHOU Y, XU Q, LUO X Y, et al. Research on the Definition and Technological System of Cyberspace Surveying and Mapping[J]. Computer Science, 2018, 45(5): 1-7. (in Chinese)
周杨, 徐青, 罗向阳, 等. 网络空间测绘的概念及其技术体系的研究[J]. 计算机科学, 2018, 45(5): 1-7.
- [2] ZHAO F, LUO X Y, LIU F L. Research on cyberspace surveying and mapping technology[J]. Chinese Journal of Network and Information Security, 2016, 2(9): 1-11. (in Chinese)
赵帆, 罗向阳, 刘粉林. 网络空间测绘技术研究[J]. 网络与信息安全学报, 2016, 2(9): 1-11.
- [3] GAO J. Let's Take Another Look at Map[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2009, 2009(1): 1-5. (in Chinese)
高俊. 换一个视角看地图[J]. 测绘通报, 2009, 2009(1): 1-5.
- [4] JIAO D, ZHANG H T, LV G N, et al. Coupling of map symbol web service and web map service[J]. Journal of Image and Graphic, 2013, 18(9): 1190-1196. (in Chinese)
焦东来, 张海涛, 闫国年, 等. 地图符号服务与地图服务的耦合[J]. 中国图象图形报, 2013, 18(9): 1190-1196.
- [5] MIL-STD-2525D. Joint military symbology[S].
- [6] NOEL S, JACOBS M, KALAPA P, et al. Multiple Coordinated Views for Network Attack Graphs[C]// Visualization for Computer Security. IEEE, 2008: 99-106.
- [7] SENEKAL F P, VORSTER J S. Network mapping and usage determination[C]// Military Information and Communications Symposium of South Africa (MICSSA). CSIR Conference Centre, Pretoria, South Africa, 2007.
- [8] FEREBEE D, DASGUPTA D, SCHMIDT M, et al. Security visualization: Cyber security storm map and event correlation[C]// Computational Intelligence in Cyber Security. IEEE, 2011: 171-178.
- [9] BECKER R, EICK S, WILK A. Visualizing network data[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2006, 12(5): 693-700.
- [10] MANSMAN F, MEIER L, KEIM D A. Visualization of Host Behavior for Network Security[M]// Goodall JR, Conti G, Ma KL, eds. VizSEC 2007. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008: 187-202.
- [11] CANDELA M, BARTOLOMEO M D, BATTISTA G D, et al. Radian: Visual Exploration of Traceroutes[J]. IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics, 2017, PP(99): 1.
- [12] JIANG H, LIU Y, MATTHEWS J N. IP geolocation estimation using neural networks with stable landmarks[C]// Computer Communications Workshops. IEEE, 2016: 170-175.
- [13] DU Q Y. The Linguistic Features of Spatial Information and Its Mechanism of Automatic Understanding[D]. Wuhan: Wuhan University, 2001. (in Chinese)
杜清运. 空间信息的语言学特征及其自动理解机制研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2001.
- [14] TIAN J P. Research on Design and Expression of 3D Symbology Based on Linguistics[D]. Zhengzhou: PLA Information Engineering University, 2012. (in Chinese)
田江鹏. 基于语言学的三维符号设计与表达研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2012.
- [15] TIAN J P, JIA F L, XIA Q, et al. Design Method of the Semantic-driven Hierarchical Map Symbols[J]. Journal of Geo-Information Science, 2012, 14(6): 736-743. (in Chinese)
田江鹏, 贾奋励, 夏青, 等. 语义驱动的层次化地图符号设计方法[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(6): 736-743.
- [16] TIAN J P, YOU X, JIA F L, et al. Cognitive Semantic Analysis and Dynamic Generation of Cartographic Symbols[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(7): 928-938. (in Chinese)
田江鹏, 游雄, 贾奋励, 等. 地图符号的认知语义分析与动态生成[J]. 测绘学报, 2017, 46(7): 928-938.
- [17] LI W, CHEN Y F, QIAN L T, et al. Personalized Map Symbol Design Mechanism Based on Linguistics[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2015, 44(3): 323-329. (in Chinese)
李伟, 陈毓芬, 钱凌韬, 等. 语言学的个性化地图符号设计[J]. 测绘学报, 2015, 44(3): 323-329.
- [18] HAN S, LIANG D D, WU X. Automatic Matching of Tourism Resource Thematic Symbols Based on Semantic[J]. Science of Surveying and Mapping, 2016, 41(5): 143-146. (in Chinese)
韩爽, 梁栋栋, 吴旭. 旅游资源专题语义符号自动匹配[J]. 测绘学报, 2016, 41(5): 143-146.