

引用格式: 江南, 方成, 陈敏颀. 全空间信息系统认知与表达初探[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(9): 1150-1157. [Jiang N, Fang C, Chen M J. 2017. Initial exploration of pan-spatial cognition and representation. Journal of Geo-information Science, 19(9): 1150-1157.] DOI: 10.3724/SP.J.1047.2017.01150

全空间信息系统认知与表达初探

江 南, 方 成, 陈敏颀

信息工程大学地理空间信息学院, 郑州 450001

Initial Exploration of Pan-spatial Cognition and Representation

JIANG Nan*, FANG Cheng and CHEN Minjie

Geo-Spatial Information Institute, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China

Abstract: With the accelerated and deepened exploration of the space, it's difficult for existing spatial representation forms to meet the demands of human cognition of the objective world. Thus, pan-spatial information system has been proposed. In order to explore its regulation of spatial cognition and make the presentation of pan-spatial information more in line with cognitive characteristics of human, we firstly study the development of geographic spatial cognition and presentation, and analyze the problems of representation forms in paper maps, electronic maps and GIS. Then, we discuss the cognitive characteristics of pan-spatial information system, and find that it extends traditional representation forms from the breadth and depth of spatial cognition and cognitive subject. It is the expansion and extension of the map and GIS in the era of big data. Finally, based on spatial cognition, we make a preliminary explanation for the representation of pan-spatial information system, pointing out that it not only needs to represent spatiotemporal objects of multi-granularity on display, but also needs analytical and exploring expression. We also discuss its cognitive connotation of the representation levels.

Key words: pan-spatial information system; spatial cognition; pan-spatial cognition

***Corresponding author:** JIANG Nan, E-mail: 13653802609@163.com

摘要 随着人类对空间探索脚步的加快和加深, 现有的空间表征形式难以满足人类认知客观世界的需求, 从而出现了全空间信息系统。为了探索全空间信息系统空间认知的规律, 使全空间信息的表达更符合人类的认知特点, 本文研究了地理空间认知与表达的发展历程及特点, 对纸质地图、电子地图以及 GIS 等现有表征形式存在的问题进行了分析; 在此基础上, 探讨了全空间信息系统认知特点, 指出全空间信息系统从空间认知广度、空间认知深度以及认知主体 3 个方面对传统的表征形式进行了扩展, 是地图和 GIS 在大数据时代的拓展和延伸; 最后从基于空间认知的角度对全空间信息系统的表达进行了初步阐述, 指出全空间信息系统表达不仅需要对多粒度时空对象进行展示性表达, 还需要对其进行分析性表达与探索性表达, 并探讨了全空间信息系统表达层次的认知内涵。

关键词 全空间信息系统; 空间认知; 全空间认知

1 引言

地理空间认知是指人类对地理空间现象或地理空间实体的理解和认识, 包含地理空间信息的编

码、存贮、传输、解译、感受、理解、记忆、思维和预测等过程^[1]。一方面, 地理空间认知的研究是地图学与地理信息科学的一个重要的研究领域, 是地理信息技术研究的理论基础, 其研究对于地理信息的理

收稿日期 2017-05-06; 修回日期: 2017-08-03.

基金项目 国家重点研发计划项目(2016YFB0502300)。

作者简介 江 南(1964-), 女, 博士, 教授, 从事电子地图可视化及专题地图数据处理的研究。E-mail: 13653802609@163.com

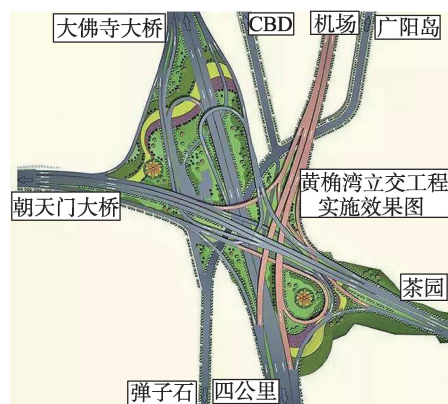
解与表达具有决定意义。因此,国内外许多学者对这一领域开展了研究,如Mac Eachren等从空间认知、地图图解模型、空间数据可视化、动态地图交互式控制等方面开展了研究;高俊等^[1]、王家耀^[2]、陈毓芬^[3]、万刚等^[4]从地图空间认知、心象地图、虚拟地理环境认知、地图认知过程等方面进行了论述。另一方面,地理空间认知是人类获得地理空间知识的方法和过程,是解决地理问题,进行空间决策的基础。人类需要运用地理空间思维来模拟、分析和解决工作、生活中的地理问题。当然,地理空间认知的研究离不开地理空间表达的研究,因为,地理空间表达方法决定了抽象描述现实世界地理空间环境的结果形式,即地理空间认知的表征形式。这些表征形式直接影响着人们对地理空间环境认知的效能^[5]。

长期以来,地图和GIS作为人类空间认知的重要工具和表征形式^[1],为人类认知自己赖以生存的环境提供了巨大的帮助,在国民经济、国土管理、资源环境调查、军事等多个领域中均发挥着重要作用^[5]。但随着空间信息应用领域、应用模式、分析方

法、展现方式等的发展,人们逐渐意识到传统的空间表征形式(地图、电子地图、GIS等)在地理空间信息理解与表达、地理过程建模与分析等方面还有一些缺陷,难以满足地理空间信息应用的需要^[1]。以网上热议的黄桷湾立交桥为例,这座连接一条隧道、两座大桥、三条快速路,具有5层结构,20条匝道的立交桥被公众评价为“8D立交”,市内环路、快速路、高速公路、轻轨等不同等级的道路在此相互交织、相互转换。图1(a)为黄桷湾立交的实景照片,可见实地道路密集,层层叠叠,高低不一;图1(b)为黄桷湾立交的平面设计图,通过不同道路图形的压盖关系来表达其空间上的高低关系,以色彩来对道路进行区分,以箭头符号标明道路走向与立交出入口,整体表达效果较好,但缺乏底层数据支持,难以对其进行空间模拟与分析;图1(c)为百度地图关于黄桷湾立交的表达,可见除G65外,立交上其余道路其符号交织成一片,难以识别;图1(d)为高德地图关于黄桷湾立交的表达,虽用了不同的色彩来进行道路区分,通过图形间的简单压盖来表达高低的



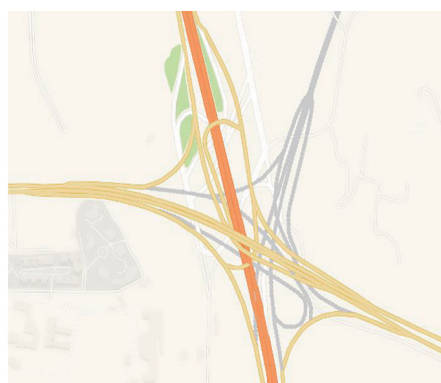
(a) 黄桷湾立交实景照(图来源: www.sohu.com)



(b) 黄桷湾立交平面设计图(图来源: 百度百科)



(c) 百度地图关于黄桷湾立交的表达



(d) 高德地图关于黄桷湾立交的表达

图1 黄桷湾立交的表达

Fig.1 The expression of Huangjuewan interchange

不同,但对车道信息、行车方向、道路等级等属性信息均未涉及,实用性差。可见,以图形表达为基础的地图难以对该类立体交通设施进行全方面的表达;传统GIS基于地图的建模方式,使其在建模精度与粒度上难以满足不同粒度要求的复杂建模需求。在探月工程、微创技术等高科项目中,GIS常常只是起到一个背景的作用,没有很好地参与决策。为此,周成虎在2015年SuperMap GIS技术大会上提出了全空间信息系统的概念,围绕人、物、混合的三元世界,构建一个横跨各个领域,从地球空间应用到宇宙空间、从宏观空间发展到微观空间、从室外空间拓展到室内空间的无所不在的空间信息系统^[6]。

本文主要通过分析对现有表征形式在认知方面存在的问题,着重对全空间信息系统的空间认知特点和表征形式等进行了探讨。旨在加深理解全空间信息系统的基本概念,为全空间信息系统的技术实现奠定理论基础,不断推进地理空间认知理论的研究。

2 地理空间认知与表达的发展

地理空间认知与表达的研究目的是为了能够更好地抽象与描述现实世界的地理空间环境,使地理空间环境抽象描述的表征形式能够更有利于人类对自己赖以生存的环境的理解与认识,为探寻地理规律、分析形成机理、解决地理问题、开展规划与决策等提供更有效的空间认知手段。从空间认知的表征形式上看,对地理空间认知与表达的研究主要经历了一个从纸质地图空间认知与表达、电子地图空间认知与表达达到GIS空间认知与表达的发展历程。

2.1 纸质地图空间认知与表达

纸质地图是人类进行空间认知最古老的工具,也是表达地理空间最基本的手段。20世纪70年代,地图学家将认知科学引入地图学进行研究,地图空间认知理论成为地图学的重要基础理论之一。地图空间认知是利用地图及相关空间信息产品和技术实现对空间地理环境的认知过程^[7],其本质是通过地图上表示的图形空间来认识地理空间^[8]。Sheppard和Adams、Dent、Cox、Lloyd、Yehl以及高俊等均对纸质地图的认知机理进行了研究,其中心象地图与认知制图占有重要的研究份量^[9]。当然,地图空间认知理论主要研究用户如何通过地图符号获取空间信息,以及如何设计地图符号以满足

用户的需要,即强调了制图者需着重关注用户,提倡以用户为中心的地图设计观念。以上这些研究都从不同的侧面推进了地图制图专家系统的研制与地图个性化设计的研究。

纸质地图的认知与表达注重整体空间格局的展示,这是由于纸质地图幅面较大,因而所表现的内容丰富且地理要素相互关系清晰明了,读者能很轻松地获取幅面范围内整体空间状况以及各区域的对比情况。同时,纸质地图是一种“纯静态”的空间表征,这种“纯静态”具有双面性:一方面,纸质地图的内容是“固化”的,地图一经出版其内容即已过期,无法对事物进行实时的展示;另一方面,纸质地图的形式是“固定”的,纸质地图通过静态的视觉感知通道向读者传输地理空间信息,而“固定”信息有助于人们强化记忆,并加以理解。

2.2 电子地图空间认知与表达

电子地图是计算机可视化技术与地图学相结合的产物,是目前人们进行空间认知较常用的重要工具。电子地图是纸质地图的进化,在承载媒介、呈色原理、使用形式、信息传输通道上都有了翻天覆地的变化。而电子地图的空间认知研究则是当前地图空间认知理论的重要研究内容^[3],其研究内容包括:不同用户群使用电子地图时的认知差异;不同电子地图环境下的认知模型和表达形式。DiBiase、陈毓芬、苗蕾以及杨乃等都对此进行了大量研究,并取得了丰硕的成果^[3,9]。总之,电子地图空间认知与表达具有如下特点:

(1)多感官认知。与纸质地图的视觉感知不同的是,电子地图可以利用多种媒体信息,对同一地理实体从图形(像)、文字、声音到视频、动画进行全方位描述和表达,通过多种感觉通道(视觉、听觉、甚至触觉)完成对事物或现象的认知,从而大大地提高了认知的准确性和认知效率。

(2)主动性认知。相比于纸质地图的单向信息传输,用户只能被动地接受信息的情况。电子地图则因其交互性而在空间认知上更具备主动性,电子地图的信息传输是双向的,用户可以通过图层选择及查询搜索功能筛选出自己所需的信息,同时还可以在运营商提供的电子地图上,通过信息标注、事件添加等方式构建专属的个性化地图^[10]。这种主动认知模式,更符合人的主观认知机制^[11]。

(3)局部认知优于全局认知。与纸质地图侧重全局展示相比,电子地图对“局部”的认知与表达更

有优势。因为,一般来说,电子地图显示的屏幕小、分辨率低,不像纸质地图一样易于对区域整体进行全局描述;而由于电子地图具有数据库支撑,用户对单个实体或“局部”的理解比纸质地图更加深刻、更加全面,获取的信息更多、更方便。

2.3 GIS空间认知与表达

随着人类进入信息化时代,GIS被广泛应用于各行各业^[12],数字化地理信息产品在全世界得到普及。GIS既具有基于地图图形的空间认知功能,还可以对数据进行定性或定量的分析,并将分析的结果可视化,从而获取仅凭图形感受不到或难以获得的对地理环境深层次的认知。地理信息系统的空间认知贯穿数据模型的全构建过程,从对实体概念的定义、实体的分类到数据组织方式等都是人们对现实世界认知的结果^[13]。从信息论的角度看,人的空间认知系统与GIS的工作原理具有一致性,即两者都是信息加工系统,空间信息流在GIS中的处理过程和在人脑中的处理过程是一样的:即“输入信息-进行编码-存储记忆-作出决策-输出结果”。

虽然GIS是通过构建数据模型实现对现实世界的描述与表达,增强了空间分析能力,为人们量化地认知地理环境提供了更科学的手段和方法。但其对客观世界的描述仍延续了传统地图将现实世界抽象为点、线、面等简单几何图形的思想;其概念模型没有时态版本定义和分布式对象标识定义,仅采用静态单时相来组织和管理数据;尤其是缺乏对地理空间实体语义关系、时空状态、变化关系等的描述。因而可以说,传统的地理信息系统实际上仍是一种基于地图的模型,其地理空间认知也是基于地图的空间认知,因而,难以满足人们对客观世界的全面感知、动态感知和时空感知的需要。以粮仓管理为例,现有的GIS主要是将粮仓抽象为点要素,对粮仓的空间位置分布与储存量等信息进行管理,其主要功能为解决粮食调度时的最优路径问题。但实际上,粮仓管理不仅需要以粮仓为单位进行问题分析,还需要对粮仓内部各粮堆进行管理,对各粮堆的时间信息进行分析,以便于选择调出的最优顺序;对各粮堆粮食品种及其品质进行分析,以便于确定其储存时所需的温度、湿度、通风等条件;对粮堆内各部位的温度与湿度进行监控,以防止出现火灾霉变等,而抽象为点的粮仓模型对粮仓内部的信息并未涉及,难以对这些问题给出决策建议。

综上所述,空间表征的形式从纸质地图、电子地图发展到GIS,空间认知也从静态认知发展到动态认知;从单一的视觉认知发展到多感官认知;从被动认知发展到主动认知;从二维认知发展到三维认知,地理空间认知的手段越来越完善、空间认知的表征形式越来越丰富。但离人类对真实世界的全空间全过程多粒度多视角的实时动态认知还有差距。因此,急需建立新的空间认知表征形式,开展符合人类认知特点和规律的地理空间认知研究。

3 全空间信息系统的认知特点与表达

在大数据物联网时代,随着地理空间认知研究的深入和地理信息技术的迅猛发展,全空间信息系统应运而生。所谓全空间信息系统就是一种以多粒度时空对象为基础,实现对动态、复杂的现实世界(从宏观到微观、从地表到宇宙、从室外到室内)中各类时空实体信息接入、处理、描述、表达、管理、分析和应用的信息系统^[14]。即全空间信息系统把现实世界抽象为由多粒度时空对象组成的数据世界,并通过对多粒度时空对象进行全方位描述与建模,在信息空间中构建与现实世界对应和关联的数据世界,在计算机中创建一个真正的现实世界的“镜像世界”,摆脱以地图为中介描述现实世界的束缚,直接以全空间信息来描述现实世界的地理环境。

研究全空间信息系统的空间认知,目的在于提高全空间信息系统的信息负载与传输效率,让用户可以以最自然的方式来进行空间认知,获取对真实世界的全面准确的认知,从而更好更快地做出判断和决策,为国民经济和国防建设做好地理信息服务。全空间信息系统的空间认知具体可理解为两方面:①认识和理解客观世界中繁多复杂的时空实体,并将其抽象为多粒度时空对象,构建全空间信息系统对象空间;②以全空间信息系统为工具来认识其所表达的时空实体或时空过程,并对其进行历史回顾与未来预测等多种可视分析与全面理解。针对这两个方面,本文分别从认知和表达进行了初步探讨:①分析了全空间信息系统的认知特点,帮助人们了解全空间信息系统对客观世界进行对象化抽象的特点,从而更好地理解其所表达的多粒度时空实体与现实世界,快速准确地获取相关的空间知识;②在空间认知的基础上,分析全空间信息系统的表达特点,为全空间系统的概念建模与数据表达奠定基础。

3.1 全空间信息系统认知特点

全空间信息系统的目标是在计算机空间中描述从微观到宏观各尺度空间、表达纷繁复杂而动态变化的地理过程,使得计算机能够处理地理研究主体所能感受到的、在思维过程中接触到的地理过程,依靠使用者的感知和认知能力全方位、全周期、全属性、多粒度、多尺度、多角度地获取研究对象的信息,为地理空间信息的广泛应用提供一个可重现过去、预测未来、探究室内外、自然交互的平台,从而更好地帮助人们进行时空大数据空间解析、深度时空知识挖掘和辅助人们进行空间决策支持。总之,全空间信息系统的提出不仅为空间信息系统的发展提出了新思路,而且也为地理空间认知的深入研究提供了基础。

全空间信息系统是对传统空间表征形式的延伸与拓展。作为一种以“全”为特征的空间表征形式,全空间信息系统与传统的地图与地理信息系统的空间认知相比,有其自身的特点。具体表现在如下几方面:

(1)全尺度、全类型特征,扩展了空间认知对象的广度

目前的地图及其GIS等空间表征形式所能表达的认知对象范围远远跟不上空间探索应用的需求。这是因为地图与GIS所描述和表达的对象都局限于地表空间^[6]、室外对象等,对微观世界和宇宙空间、室内对象等缺乏描述和表达,影响了人类认知的广度;对地理实体的划分也较粗糙,主要是按点、线、面、体及其主要特征进行分类分级,总体上分级层次较少,达不到部分领域认知需求所要求的细胞级、元器件级的粒度。同时,地图和GIS将现实世界中复杂的地理实体抽象为几何意义上的“点”、“线”、“面”和栅格单元,采用图层作为地理表达的基本单位,普遍意义上的地理环境受限于有限的图层数量,对图层以外的地理实体以及关系的描述则难以胜任;而“点”、“线”、“面”和栅格单元对真实地理空间高度抽象化的表达也与人们对现实世界的自然感知和认知方式相差甚远,这无形中加重了对用户地图和地理知识的依赖,不具有地图和地理方面专业知识的人们从地图和GIS上认知到的地理实体类型将十分有限。

全空间信息系统数据来源为时空大数据,是基于数据世界的再观测数据。它将地理信息系统的数据来源由常规测绘数据拓展到宏观(如深空定位

导航、行星测绘、月球测绘等)与微观测绘(室内或地下空间测绘、人体内外测绘、微观测绘与定位等);由测绘数据拓展到非测绘数据(网络数据、社交媒体数据、医疗数据、气象数据等)。在大数据的支撑下,全空间信息系统可以对同一实体构建其在“微观组成-局部-区域-全球-宇宙”等不同尺度下的多粒度时空对象模型,以满足不同应用领域(空间范畴)认知需求。以面向对象的认知方法构建的多粒度时空对象不受图层的约束,与现实世界间有着自然而直接的对应关系,符合人们对现实世界的自然认知,从而能对现实世界中复杂繁多的地理实体以其相关关系进行全类型地描述。

(2)全动态、全属性特征,扩展了空间认知对象的深度

根据爱因斯坦空间论,现实世界是一个四维的“空间-时间连续区”^[15],事物/现象是随时间动态变化的,其发生、发展与消亡等具有生命周期特征。现实世界中的时空实体类型十分复杂,空间形态多变。不同时相、不同视角、不同尺度下,时空实体将具有不同的状态。但目前的空间表征方式仅仅能描述和表达了认知对象在某一时刻或一段时间内的一般属性特征,如质量和类别特征、数量和等级特征等,而对其随时间不断变化中的空间形态、行为能力、组成结构、关联关系等特征缺乏描述,因而难以满足人们对地理实体或现象的各方面属性以及实体间的复杂关系的认知。另外,目前的地图与GIS侧重于空间的认知,对时空认知还较缺乏。主要是对事物或现象的位置特征进行描述,这种描述本质上是静态的,是对事物或现象某一时刻的状态的描述,而对事物或现象的全生命周期缺乏完整的信息描述。

全空间信息系统是以多粒度时空实体为基本描述对象,通过对多粒度时空对象的建模,旨在信息空间中构建一个动态的世界,更加细化地描述和表达更复杂的空间实体的属性特征信息,对全空间中实体的空间形态、组成结构、关联关系、认知能力、行为能力等多元特征进行全方面描述,且每个实体都是动态的,并具有其存在的生命周期,对事物/现象的产生、发展、变化和消亡的整个来龙去脉过程进行完整表达,让现实世界中“活”的空间实体在信息空间中依旧“活着”,实现真正意义上的时空认知,为地理信息的有效利用提供平台。在具体应用时,用户可根据任务对时空分析与信息显示的具

体需求,进行大数据条件下多数据源多粒度的数据挖掘与重建,形成再观测模型,实现对对象多元特征信息与时间版本的全面查询;同时在建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)、粒子系统、AR、VR、地图等不同可视化技术的支持下,选择适合于问题粒度的表达方式。

(3) 认知主体进入“人机物”三元融合的时代

2016年,智能机器人阿尔法狗打败围棋国手的事,让全社会都意识到未来智能机器人或许将在许多工作上代替人类;同时物联网技术的迅猛发展,在无人驾驶汽车、物流、个性化医疗等多个领域都开始发挥重要作用,人类已经进入了人机物三元融合的时代。但无论是地图,还是GIS,基本上都是基于使用者是人而进行设计的,没有在机器的视角进行思考,对智能体的空间认知与判断机制仍不能确定,对其认知行为的研究还不够。全空间信息系统将考虑智能体到底应该如何模拟人脑认知世界;由传感器组成的连接网络是如何进行信息的加工处理,这些问题的解决,将会在地理空间认知的研究上掀起新高潮,也会为人工智能和物联网技术的进一步发展提供理论指导。

全空间信息系统是地图和GIS在大数据时代的拓展和延伸,而不是简单的替代,在某些情况下,地图和GIS也作为全空间认知的一种重要的空间认知手段。在全空间环境下,强调的是时空综合认知,强调多种工具的优势互补,全空间信息系统是对传统空间表征形式所不能表达的信息进行补足,对无法描述的要素进行表达,拓展了认知对象的广度和深度,弥补地图和GIS在空间认知上的不足。

3.2 基于认知的全空间信息系统表达

空间认知的结果是形成心理意象(心象),它是驻留在记忆中的关于现实世界空间特征和地理概念认知结果表达的图式^[16-17]。这种图式信息的表达方式可以多种多样,如语言、文字、图像、地图等。如艾廷华分析提出了适宜心象图式表达的3种可视化技术,包括面向道路网认知表达的路网构架图、专题属性空间定位信息认知表达的面域拓扑图以及虚拟网络空间导航认知的赛伯网络图^[18]。全空间信息系统以多粒度时空对象构建的信息空间来描述从微观到宏观的现实世界,利用大数据归一化组织、多模态时空特征计算与分析、自适应符号化与虚拟现实技术等方法实现多模态时空对象分析

与可视化表达,在全空间信息系统中人们可以以交互的形式感受和认知实体,理解其时空关系并分析空间结构。因此全空间信息系统是一种符合人类空间认知特点与空间表达需求的表征形式。

3.2.1 全空间信息系统表达的3个层次

全空间信息系统旨在实现对现实世界全方面多视角多粒度多层次的模拟。其表达的范畴不仅包括传统测绘空间,还涵括微观空间、人体空间、室内空间、宏观宇宙等可量测的泛在空间^[14]。其表达的对象不仅包括河流、植被、居民地、铁路、星球等物理空间中的诸事物以及物质流、能量流,还包括社会空间、信息空间中的人、事和信息流等。而在对对象表达的深度上,全空间信息系统不仅需要对实体的空间位置、形态、属性等进行表达,还要对其关联关系、认知与行为能力等进行表达。因此,全空间信息系统的表达是一种全空间全息的表达,其对客观现实世界的模拟表达至少包括3个层次:对时空实体及其所处空间环境进行展示性表达;对时空过程及其关联进行的分析性表达;以及对未知数据进行探索性表达。

(1) 展示性表达

全空间信息系统的表达是对多粒度时空对象构成的全空间数据世界的表达,本质是对时空实体的描述与表达。因此,最基本的是对时空实体和其所处空间环境进行基础描述,即进行基于场景的展示性表达。时空对象具有多维度、多尺度、多时态以及多形态等多模态特征,传统的单一表达技术将难以对其进行表达。因此全空间信息系统拟采用多模式(基于地图、遥感图像、图表、粒子系统、BIM模型等)的方式,实现对时空实体和基础空间结构的展示性表达。这里的多模式强调多种表达技术的综合使用而不是基于单一表达技术,强调已有表达技术的优势互补而不是简单的取代传统表达方式,强调针对具体对象的特性进行的“量身定做”而不是简单的大一统的表达设计。例如,使用地图进行基础地理信息的展示,使用BIM对建筑物进行全生命周期信息表达,使用图表进行统计信息的展示等。此外,虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)、增强现实技术(Augmented Reality, AR)以及混合现实技术(Mixed Reality, MR)等“黑科技”的加入使全空间信息系统可打破物理限制,将整个现实世界全景式呈现在用户眼前,用户可以选择不同的视角,身临其境地去体验感知现实世界。

(2)分析性表达

在对时空实体和所处空间环境多模式展示性表达的基础上,全空间信息系统更重要的是对隐藏在时空实体表象下的信息进行分析,最常见的是对时空过程及与其相关的各时空实体间关联关系的分析性表达。例如,对时空对象分布模式的时空演变规律的解释分析、对时空演变发展方向的预测分析等。现实世界是一个动态联动的世界,其中的各时空实体都不是孤立而存在的,彼此之间相互联系相互制约。因此,全空间信息系统的分析性表达强调的是全息时空关联表达而不是孤立的表达,强调的是全局思想而不是局部观念。例如,在交通规划中,不仅需要考虑其经济效益,还需要考虑其政治效应与环境影响。交通设施的空间分布和密度的不均衡将破坏社会公平性,冬季道路除冰的食盐将通过下水道进行水循环破坏动植物栖息地,汽车尾气造成空气污染等。全空间信息系统将根据用户需求,集成多源跨域的交通规划数据,进行联动的分析操作,并对操作的结果进行表达应用。

(3)探索性表达

展示性表达与分析性表达均是建立在数据性质已知的基础上,但在实际应用中,常常会面临数据缺省或拥有海量数据但数据性质不明的情况,即数据都是未知的。例如,在使用多光谱遥感数据时,首先需明确的是哪一谱段的数据集能用于解释当前研究问题的规律。此时需要结合用户的思维能力,在已知数据的基础上针对当前研究的问题进行假设与推理,实现对未知数据的探索。探索性表达是全空间信息系统最高层次的表达功能,能帮助用户从多源海量的数据中发现知识,验证科学假设并为决策提供依据。

3.2.2 全空间信息系统表达层次的认知内涵

全空间信息系统的表达将全空间数据世界中抽象的多粒度时空对象转换为用户可理解的表达方式,完成对现实世界的抽象与再现。表达的3个层次有其内在认知内涵和联系,相互交织、逐步递进,共同实现全空间信息系统全面化、综合化、量化、智能化的认知目标。

(1)全空间信息系统对时空实体的表达以“展示性表达”→“分析性表达”→“探索性表达”为序由浅入深、分层递进,从数据、信息、知识3个层次对多粒度时空对象进行组织处理,从而逐步建立相应的数据模型、信息模型和知识模型。随着全空间信息

系统对时空实体的描述越来越深入,用户对时空实体的认知也从表面走向立体、从孤立走向关联、从被动走向主动、从观察走向交互。

(2)全空间信息系统对多粒度时空对象的展示、分析、探索并辅助决策的过程正对应了人类认知过程的“感知→表象→记忆→思维”的心理进程,符合人类的认知特点。

事实上,不同的认知主体在不同的任务目的、空间尺度、观察视角下,获得的空间认知将有所差异,即空间认知是多元化的。而空间的表达却要求尽可能的客观,全空间信息系统的表达旨在真实客观地描述现实世界,以满足不同领域用户的应用需求。

4 结语

全空间信息系统将现实世界抽象为由各种不同粒度的动态实体组成的模拟世界,从而通过构建多粒度时空对象,实现对现实世界(从微观到宏观)的更细化的抽象与建模,在信息空间中建立与现实世界相映射的数字世界。作为地理信息系统研究的新一代平台,全空间信息系统旨在以接近人类认知世界的自然方式来反映现实世界所包含的物理空间、社会空间及其信息空间,相比于以往空间表征方式,其认知与表达具有新的内容和特征。

全空间信息系统突破了传统的地理信息空间的范畴,其研究领域扩展到了微观和宇宙空间,空间认知的研究领域也从传统的地理空间认知拓展到全空间认知。本文从地理空间认知与表达各发展阶段的特点与不足出发,分析了全空间信息系统认知的特点,认为全空间信息系统是地图和GIS在大数据时代的拓展和延伸,其对对象的认知功能在认知的广度、深度以及认知主体3个方面都进行了拓展细化;指出全空间系统的表达是一种全空间全息的表达,至少包括展示性表达、分析性表达、探索性表达3个层次。全空间信息系统认知与表达的研究内容广泛、研究难度大,不仅是全空间认知理论本身,如何将其用于指导全空间信息系统的其他方面研究也同样困难重重,本文只是对全空间信息系统认知与表达问题进行了初步探索,而要真正搞清全空间条件下,人机物的空间认知规律,并以符合人类认知自然世界最自然的方式进行表达,还需要做更多的探索和实践。

参考文献(References):

- [1] 高俊, 万刚. 地图的空间认知与认知地图学[A]. 中国测绘学会制图专业委员会, 中国地图出版社地图科学研究所. 中国地图学年鉴 1991[C]. 北京: 中国地图出版社, 1992. [Gao J, Wan G. The map spatial cognition and cognitive cartography[A]. Cartography committee of Chinese Society of Surveying and Mapping, SinoMaps Press Science Research Institute. Chinese Cartography Yearbook 1991[C]. Beijing: SinoMaps Press, 1992.]
- [2] 王家耀. 理论地图学[M]. 北京: 解放军出版社: 2000. [Wang J Y. Theoretical cartography[M]. Beijing: People's Liberation Army Publishing House, 2000.]
- [3] 陈毓芬. 电子地图的空间认知研究[J]. 地理科学进展, 2001, 20(s1): 65-70. [Chen Y F. Spatial cognition research on electronic maps[J]. Process in Geography, 2001, 20(s1): 65-70.]
- [4] 万刚, 高俊, 游雄. 虚拟地形环境仿真中的若干空间认知问题[J]. 测绘科学, 2005, 30(2): 48-50. [Wan G, Gao J, You X. Several spatial cognition problems in virtual terrain environment simulation[J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30(2): 48-50.]
- [5] 周成虎, 华一新等. 地理学科发展报告(地图学与地理信息系统)[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014: 129-146. [Zhou C H, Hua Y X, et al. Report on development of geography (Cartography and GIS)[M]. Beijing: Science and Technology of China Press, 2014: 129-146.]
- [6] 周成虎. 全空间地理信息系统展望[J]. 地理科学进展, 2015, 34(2): 129-131. [Zhou C H. Prospects on pan-spatial information system[J]. Process in Geography, 2015, 34(2): 129-131.]
- [7] 万刚, 高俊, 刘颖真. 基于阅读实验方法的认知地图形成研究[J]. 遥感学报, 2008, 12(2): 339-345. [Wan G, Gao J, Liu Y Z. Research on cognitive map formation based on reading experiment [J]. Journal of Remote Sensing, 2008, 12(2): 339-345.]
- [8] 王家耀. 地图科学 60 年进展[M]. 北京: 测绘出版社, 2010, 30-40. [Wang J Y. Process in geography for 60 years[M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2010: 30-40.]
- [9] 杨乃. 基于空间认知的三维地图设计若干问题研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2010. [Yang N. Study on several issues of 3D map design based on spatial cognition[D]. Wuhan: Wuhan University, 2010.]
- [10] 杨致远. 从空间表征到文化实践: 对电子地图的批判性反思[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2015, 21(4): 209-214. [Yang Z Y. From spatial representation to cultural practice: A critical reflection on the net electronic map[J]. Journal of Central South University of Technology (Social Science), 2015, 21(4): 209-214.]
- [11] 凯瑟琳·加洛蒂, 著. 吴国宏, 译. 认知心理学——认知科学与你的生活[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 129-146. [Kathleen M. Galotti, writes. Wu G H, translates. Cognitive psychology: in and out of the laboratory[M]. Beijing: China Machine Press, 2015: 129-146.]
- [12] 华一新, 赵军喜, 张毅. 地理信息系统原理[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 9-17. [Hua Y X, Zhao J X, Zhang Y. Principle of GIS[M]. Beijing: Science Press, 2012: 9-17.]
- [13] 马荣华, 黄杏元. GIS 认知与数据组织研究初步[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2005, 30(6): 539-543. [Ma R H, Huang X Y. Preliminary study on GIS cognition and data organization[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(6): 539-543.]
- [14] 华一新. 全空间信息系统的核心问题和关键技术[J]. 测绘科学技术学报, 2016, 33(4): 332-335. [Hua Y X. The core problems and key technologies of pan-spatial information system[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2016, 33(4): 332-335.]
- [15] 钟业勋, 朱重光, 魏文展. 地图空间认知的数学原理[J]. 测绘科学, 2005, 30(5): 11-12. [Zhong Y X, Zhu C G, Wei W Z. The mathematical principle of cognition in map space [J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30(5): 11-12.]
- [16] 高俊, 龚建华, 鲁学军, 等. 地理信息科学的空间认知研究(专栏引言)[J]. 遥感学报, 2008, 12(2): 148. [Gao J, Gong J H, Lu X J, et al. Research on spatial cognition of geographic information science (Column Introduction) [J]. Journal of Remote Sensing, 2008, 12(2): 148.]
- [17] 林琨, 黄凤茹, 鲁学军, 等. 虚拟地理环境认知与表达研究初步[J]. 遥感学报, 2010, 14(4): 822-838. [Lin H, Huang F R, Lu X J. Preliminary study on virtual geographic environment cognition and representation[J]. Journal of Remote Sensing, 2010, 14(4): 822-838.]
- [18] 艾廷华. 对空间数据多尺度表达有关问题的思考[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2005, 30(5): 377-382. [Ai T H. Key issues of multi-scale representation of spatial data[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(5): 377-382.]