

# 虚拟地理环境的认知研究框架初探

贾奋励, 张威巍, 游雄

信息工程大学 地理空间信息学院, 河南 郑州 450052

**摘 要:** 作为新一代地理分析工具, 虚拟地理环境对于增强人类地理认知、分析解决地理问题方面具有显著优势。目前虚拟地理环境的基本框架、实现技术均有较多论述与成果。但在虚拟地理环境的认知研究方面尚缺乏有效指导。为提高虚拟地理环境构建的科学性, 本文通过对虚拟地理环境现有概念的分析, 提出从系统论角度进行虚拟地理环境认知研究的观点; 并对虚拟地理环境的认知与地理认知、地图认知等相近概念进行了对比分析。从现实环境与虚拟环境间的相似性入手建立了虚拟地理环境的认知研究框架, 该框架从思维相似、感觉相似、几何相似、特性相似和离散相似 5 个方面探讨了虚拟地理环境认知研究目前的着眼点, 并将思维相似作为虚拟地理环境认知研究的重点与难点。该框架将虚拟地理环境的认知问题置于一个更广泛背景中进行研究, 一方面体现了虚拟地理环境所具有的地理实验研究新平台的作用, 另一方面重点强调了人的作用, 对深入开展虚拟地理环境的研究具有重要意义。

**关键词:** 虚拟地理环境 现实地理环境 系统论 认知研究框架 认知模式

**中图分类号:** P208

**文献标志码:** A

**引用格式:** 贾奋励, 张威巍, 游雄. 2015. 虚拟地理环境的认知研究框架初探, 19(2): 179–187

Jia F L, Zhang W W and You X. 2015. Cognitive research framework of virtual geographic environment. *Journal of Remote Sensing*, 19(2): 179–187 [DOI: 10.11834/jrs.20154013]

## 1 引 言

20 世纪 90 年代中后期, 在计算机技术、仿真技术、遥感技术、地图学、地理学等领域的综合交叉中, 虚拟地理环境作为一个新兴的研究领域, 由中国科学家首次提出, 随后的十余年蓬勃发展, 在中国形成规模不小的研究队伍, 并得到国际认可。在这十余年中, 虚拟地理环境的理论与框架(林琨和龚建华, 2002; 林琨等, 2003, 2010; 林琨和朱庆, 2005; 林琨和徐丙立, 2007; 龚建华等, 2010; 闫国年, 2011) 得到深入研究, 并已形成了双核心(地理数据库和地理模型库)、四组件(数据组件、建模和仿真组件、交互组件和协同组件) 结构的共识(Lin 等, 2013a, 2013b)。技术方面, 虚拟地理环境的建模与可视化(高俊等, 1999; 陈刚, 2000; 舒娱琴, 2004)、协同交互(刘锐和杨卫军, 2009; 周洁萍等, 2005; Wen 等, 2013) 等进展迅速, 成果已在空气污染分析(Xu 等, 2011, 2013)、全球变化研究(Lin 等,

2013b)、军事态势推演(张良, 2010) 等方面得到应用。但在虚拟地理环境的基础理论方面, 如地理语义、时空数据的统一表达模型、虚拟地理环境的表达与交互方法等方面尚缺乏富有针对性的、科学的、可操作性强的理论指导, 特别是虚拟地理环境认知理论的薄弱, 限制了其进一步发展。

虚拟地理环境的认知通过对人的地理认知规律与虚拟地理环境本质及构建方法的综合研究, 可提高其在获得地学知识方面的可用性(usability)、功效性(efficiency)、公正性(equity) 及收益性(profitability) (Montello, 2009)。对虚拟地理环境的认知的研究一方面可以指导虚拟地理环境的构建, 另一方面也可对地理认知、遥感信息的地理分析与建模等提供方法指导与技术支持。

目前, 中国在遥感领域已取得相当突破, 遥感平台的精确定位与数据获取能力大大提升。但其在提供完整的地理分析与建模方案方面, 难以满足既快又准的时空决策需求。基于虚拟地理环境可

收稿日期: 2014-01-24; 修订日期: 2014-05-28; 优先数字出版日期: 2014-06-05

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划) (编号: 2013AA12A202); 国家自然科学基金(编号: 41101437, 41271393, 41371382)

第一作者简介: 贾奋励(1976—), 女, 博士, 现从事虚拟地理环境、作战环境仿真的理论和应用研究。E-mail: imjerry76@foxmail.com

以充分挖掘多源遥感信息的地理分析与建模应用模式,深度融合“图像级”的遥感信息与“知识级”的专家经验和地理模型,从而显著提升复杂地理问题求解能力。

## 2 虚拟地理环境的认知

作为多学科交叉、多技术支撑的新型研究领域,虚拟地理环境具有典型的多重性格。正因为如此,有关虚拟地理环境认知研究的框架问题始终困扰着研究人员。本文拟通过对不同视角下虚拟地理环境概念的分析,探讨看待虚拟地理环境的基本视角,确定其认知特点,从而为确定虚拟地理环境的认知研究框架奠定基础。

### 2.1 虚拟地理环境的概念分析

目前,国内看待虚拟地理环境主要有两种视角,即地理学的视角和地图学的视角。

(1) 地理学视角:虚拟地理环境(VGE)最初由地理学和地理信息学者提出,旨在通过集成虚拟环境和地理学以研究现实地理环境及赛博空间的现象与规律(林琨和龚建华,2002;林琨等,2003,2010;林琨和朱庆,2005;林琨和徐丙立,2007;龚建华等,2010;闫国年,2011)。从地理学研究手段的角度,虚拟地理环境是一个可用于模拟和分析复杂地学过程与现象,支持协同工作、知识共享和群体决策的集成化虚拟地理实验环境与工作空间。虚拟地理环境需要提供对于地理过程时空变化以及人地相互作用机制的表达,包括对地理过程时空模型的表示、组织、管理、可视化以及有关人类行为的表达、管理与知识提取并辅助决策等功能(林琨等,2010)。

(2) 地图学视角:20世纪90年代中期,高俊院士及其团队将虚拟现实技术引入地图学,并开创了战场环境仿真这一新的学科领域。其认为虚拟地理环境是地图在信息时代最具有潜力和最有效的形式,并将虚拟地理环境定义为:以数字地图为基础,运用虚拟现实技术来构建的多尺度、可量算、可交互、逼真的地理环境。它既是一项技术,也是一种产品。作为一项技术,服务于战场感知、城市规划等多种应用。作为一种产品,可纳入测绘产品体系(游雄,2002)。

上述两种视角并不矛盾,但都存在一定的片面性。如地理学的视角侧重于将虚拟地理环境作为

探索地理规律的工具与实验平台,但该平台与人之间如何相互作用,尚未得到深入阐述;地图学的视角侧重于将虚拟地理环境作为空间认知工具,着重探讨其表达方式、交互方式等,但对虚拟地理环境所具有的地理规律探索能力缺乏深入认识。

### 2.2 虚拟地理环境的系统论视角

虚拟地理环境是一种以用户为中心、最接近人类自然的交流方式与表达形式的综合表意系统(林琨等,2010)。称其为环境,意在强调认知主体与客观环境之间通过虚拟环境来探索二者之间的作用力与反作用力,而这正是系统论的视角(图1)。

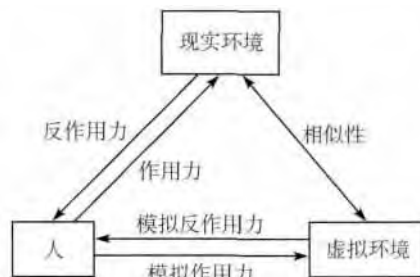


图1 虚拟地理环境的各要素及其关系

Fig. 1 Relationship between the elements in the virtual geographic environment

一方面,通过逼真再现真实地理环境并提供辅助空间决策功能;同时模拟那些在真实世界里难以发生或者难以重现的、以及人们只有抽象概念而难以直接感知的空间现象和地理过程,如地下结构的可视化、复杂时空现象(如台风演进、洪水淹没、大气污染等)的仿真、历史过程的反演以及未来发展的推演(林琨等,2010),可以深刻地表达、分析并研究环境对人类社会的影响。另一方面,通过将人类行为模型纳入虚拟环境之中,与环境模型进行综合运算,可以清晰地反映人类活动与环境演化的关系。显然,研究虚拟地理环境的认知问题,应该从系统论的角度,探索虚拟地理环境系统中各个要素及其关系。

从系统论的角度,虚拟地理环境系统是由人、计算机生成的虚拟环境和现实环境所构成的复杂系统。其中,人是虚拟环境的构建者、使用者,在虚拟地理环境系统中起主导作用;现实环境是虚拟环境构建的模板、样本,其所蕴涵的规律性是构建虚拟环境的基础,也是使用虚拟环境需探索的对象;虚拟环境是运用计算机技术、仿真技术等,在计算机中构建的现实环境的模型。

### 2.3 关于虚拟环境认知的分析

认知就是认识,指人类认识客观事物,获得知识的活动,包括知觉、记忆、学习、言语、思维和问题解决等过程(王寅,2011)。虚拟地理环境通过计算机构造出的虚拟环境,以人类视觉体验为主要手段,结合听觉、触觉等体验为用户提供服务。由于虚拟环境所具有的动态性与交互性,用户一改以往使用其他工具的旁观者角色,得以“进入”虚拟环境,与虚拟环境形成相互影响的统一体,从而在极大程度上提高用户的认知体验。目前,无论是地理模型的综合应用还是遥感影像潜在信息的挖掘,都无法完全借助于计算机实现,专家知识的引入对于提高异构地理模型自适应连接、遥感影像的理解和识别等都具有重要的价值。

而用户在虚拟环境中的认知体验,与在现实环境中的体验既存在相同点,也存在不同点。相同点为:借助于各类外设,虚拟环境形成类似现实的3维空间,用户可以用与现实生活中相同的交互方式与虚拟环境进行交互、感知与认知;不同点为:虚拟环境能够超越时空的限制,使用户可以从不同角度不同侧面、按照不同的分类分级算法、使用不同的可视化方法、采用不同的交互手段探索虚拟环境的整体与部分、过去现在与未来。这种认知延伸了人类感觉通道,即感受现实所感受不到的,了解以前未能了解的,进而得出以前未能得出的结论。虚拟地理环境所能带来的这种体验性,使其具有基于体验哲学的情境化认知特点,特别是当虚拟环境具有深切的沉浸感、临场感,用户就能更为深刻地了解虚拟地理环境所表达的内容,也更容易与用户的认知模式相吻合。

由于个人经验、知识背景等的差异性,不同用户在虚拟地理环境中感受、理解、获得的知识是不同的。因此,需要以情境为基本的分类方法,构建出能够实现智能化情境感知的虚拟地理环境,可以最大程度符合特定用户的认知习惯、消除多用户协同工作中理解的差异性,避免出现歧义。特别是一些对认知产生重要影响的因素,如时间及其限制、环境的变化、行为的目的等,都应该作为情境要素,成为构建个性化虚拟地理环境的基本条件。

同时,由于在虚拟地理环境中,用户的感受体验是通过各种人机交互手段实现的。当各种空间信息传感器不协调时,用户会产生感觉不协调,从而对表达内容的理解,甚至产生仿真疾病。

### 2.4 虚拟地理环境的认知研究与地图认知、地理认知的关系

作为从地图演化而来的地理空间认知工具,虚拟地理环境的认知研究与地理(空间)认知、地图空间认知联系密切(图2)。二者的研究成果是虚拟地理环境认知研究的重要基础。

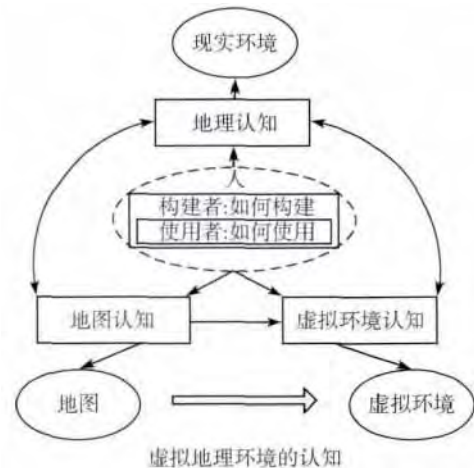


图2 虚拟地理环境的认知与相关概念的关系

Fig.2 Cognition of virtual geographic environment

地理(空间)认知是人类如何逐步理解地理空间,进行地理分析和决策,包括地理信息的知觉、编码、存储以及解码等一系列信息过程。虚拟地理环境依靠计算机生成的虚拟环境使用户获得对地理空间事物与现象规律性的认知。因此,地理(空间)认知研究成果是虚拟地理环境的认知研究的重要基础。反之,通过虚拟地理环境的探索,可以加深对地理环境的认知。

地图空间认知理论是由中国地图学家高俊院士提出(高俊,1992),并对地图感受与地图设计的实验方法(高俊,1984)、3DGIS条件的空间认知问题(高俊,2000)等进行了研究,奠定了地图空间认知理论框架。基于该框架,陈毓芬(2000)、万刚(2006)等都对地图的空间认知理论进行了研究或扩展,取得了许多成果。然而虚拟地理环境与传统地图存在很大差异,特别是动态表达、深度交互的特点为传统地图所不具备,需要根据传统地图认知研究成果建立新的框架与内容体系。

从系统论的角度,虚拟地理环境的认知不仅包括对构成该系统的各要素的认知,还需包括对要素之间相互关系的认知,因此虚拟地理环境的认知较地理认知、地图认知、虚拟环境认知等涵义更加广

泛,内容更加丰富。

### 3 虚拟地理环境的认知研究框架

基于系统论视角,虚拟地理环境所呈现的虚拟环境非现实环境的再现,也不等同于现实环境,二者存在相似关系。这种相似并非简单的几何相似、机械复制,而是在环境演化规律、人与环境相互作用规律上的相似。同时为了加深使用者对虚拟地理环境所表达规律性的理解,虚拟地理环境的表达方式应与认知主体的认知模型与认知规律同构。用户在虚拟地理环境中的体验、推理、知识获取过

程等与在现实地理世界中是一致的,因此用户在现实地理环境中获得的经验可以作用于虚拟地理环境,而从虚拟环境中获得的经验可以作用于现实环境。而虚拟地理环境的构建者,不仅要知晓虚拟地理环境使用者的认知特点、方式等,还要将这些知识具化到虚拟地理环境构建的技术中,解决诸如表达方式、交互方式等虚拟地理环境的构建问题。基于此,本文从现实环境与虚拟环境的相似性角度构建了虚拟地理环境的认知研究框架(图3)。

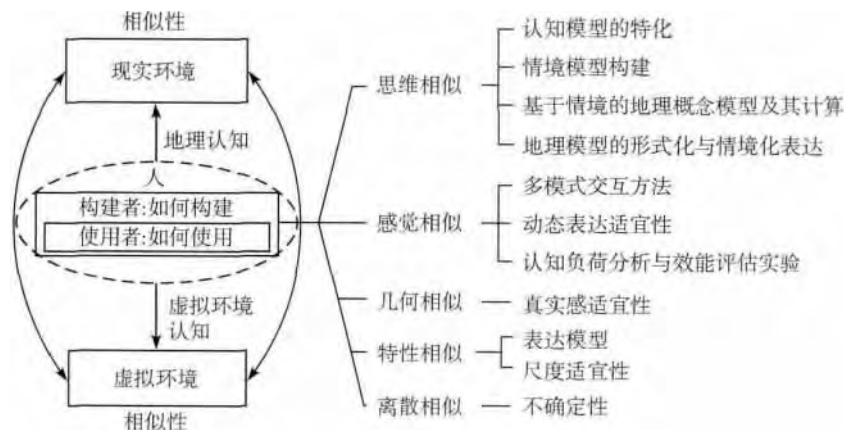


Fig. 3 Framework of cognitive research on virtual geographic environment

#### 3.1 思维相似

思维相似是构建符合人类认知的虚拟地理环境的基础,也是虚拟地理环境认知研究的重点与难点。人对现实环境的认知过程在经过互动体验,即通过感觉、知觉形成表象之后,主要经过意象图式、范畴、概念到意义这一过程。本文所提出的4个研究方面与这4个过程具有对应关系(图4)。

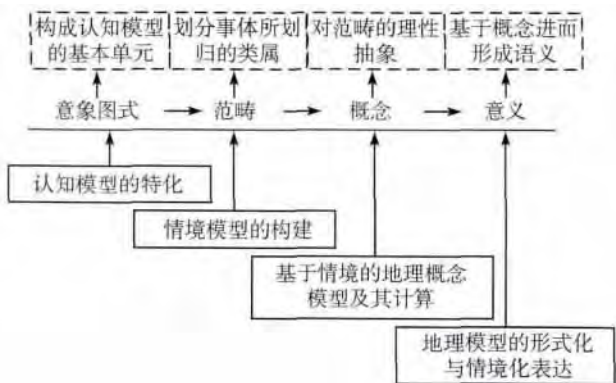


Fig. 4 Research on similarity of thinking

#### (1) 人的认知模型在地理空间认知中的特化

近几十年来,认知科学的研究已经对人类认知的基本模式有所了解,如命题模型、意向图模型、隐喻模型、转喻模型等,但这些模型大多较为泛化。与其他内容相比,地理空间具备其独特性,如位置、方位的感知、距离的感知等。需要将人的基本认知模式与地理空间的特点相结合,构建地理空间的认知模型。该模型将对虚拟地理环境的构建方式起到根本性的指导作用。

#### (2) 虚拟地理环境的情境模型构建

从概念上讲,虚拟地理环境一经产生即被赋予协同工作、知识共享和群体决策的任务。互联网与移动互联网的广泛渗透,使得虚拟地理环境的这一使命更加重要。诚如前文所述,虚拟地理环境的认知是基于体验哲学的情境化认知,其基础是建立开放式的情境模型。情境是情景与语境的结合体,其表征了现实世界的情形和话语可被理解的背景知识。可以说,情境是人类认知模型的特化,其能够为虚拟地理环境的信息处理、图形表达与交互提供

依据。然而,由于认知模型的开放性与关联性,不存在一成不变的情境模型。虚拟地理环境情境模型的构建,更多的是建立一种情境描述的开放式框架,使之能够随人类认知特点的发展做出相应调整。

### (3) 基于情境的地理概念模型及其计算

概念的形成是人类认知从具体进入抽象的第一步,是人们进行判断和推理的基本要素,概念经词汇化变成语义。地理空间特征是具有一定地理概念特征的地理实体(杜冲等 2010)。其概念受到地理特征所属的类型、文化环境等非空间属性的影响,同时也受到个体认知差异的影响。因此,构建统一的地理概念模型是不必要的,也是不可能的。应该根据情境,构建不同的地理概念模型,并在这些模型之间建立关联关系,从而为不同领域、不同主体间的数据与知识共享奠定基础。

为实现不同情境下地理概念模型的相互关联与转化,需要进行概念的逻辑计算。由于概念无法符号化,彻底的形式化尝试注定是行不通的,因此地理概念计算是建立在范畴及其关联性基础上、基于认知地图(cognitive map)或知识地图等方式进行的定性性与定量化结合的计算。

### (4) 地理模型的形式化与情境化表达

地理问题错综复杂,涉及多个学科、多个领域,需要将不同领域的地理模型、研究人员、数据等集成在一起,将抽象的地理数据转换成直观易解的图形、图像,迅速地建立不同数据之间的空间联系和物理关系,以达到研究的目的(李爽和姚静 2005)。因此,首先要将地理模型形式化,使计算机可识别、理解;为实现多模型的交互,需要对不同模型进行描述形式的统一。同时,为使研究者的图形图像思维能力和想象力得到充分发挥,需要建立典型地理模型情境化方法,将研究人员的知识、经验的积累、感知和认知能力全面得到调动、协调,进而发现新的规律和知识。

## 3.2 感觉相似

感觉相似是产生沉浸感的重要因素,也是虚拟地理环境区别于其他空间认知工具的关键。

### (1) 虚拟地理环境的多模式交互方法

虚拟地理环境通过模拟人的感觉通道实现沉浸感(图5虚框所示),使用户获得与现实环境相似的体验。目前,视觉、听觉的模拟已经具有较好效果,触觉和运动觉的模拟还有一定差距。然而即便在视觉和听觉模拟中,还有许多问题值得深入探

讨。例如,动态视觉变量的确定和选择、左右眼视差的利用以及多渠道(视、触、听)不协调感觉等问题。特别是在多种显示模式下,如手持式系统、桌面系统、沉浸式系统等,以及新型交互方式,如手势、语音、体感等方式在虚拟地理环境中的可用性问题,值得深入探讨。

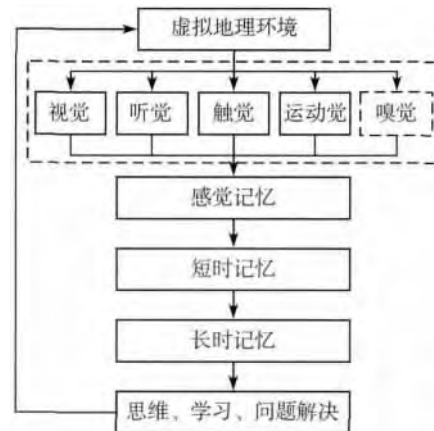


图5 虚拟地理环境的感知通道

Fig.5 Sensing channel in virtual geographic environment

### (2) 虚拟地理环境动态表达适宜性问题

虚拟地理环境能够提供动态表达,这对于表达时空过程是一种非常有效的方法。但考虑到人类主要以视网膜上呈现的视觉信息行事,这样产生的知觉空间与数学家和物理学家所考虑的空间不同,知觉空间的上下维度、左右维度和纵深维度,具有不同的示能性。与上下和左右两个方向相比,纵深方向上能提供的信息少了很多(Ware 2009)。经实验证明(万刚 2006):在3维空间中导航比在2维空间中困难很多;在3维空间中寻找一个好视角的代价总是比2维空间中高。这使我们不得不审视现实地理环境中的动态现象与过程与虚拟地理环境中动态表达间的映射问题。特别是当过程较为复杂、充满未被发现的模式时,目前简单的按时序重现的方式该如何改造,使之具有更强的分析能力。

### (3) 虚拟地理环境的认知负荷分析与效能评估实验研究

认知负荷理论 CLT(Cognitive Load Theory)是由澳大利亚的认知心理学家约翰·斯威勒(John Sweller)于20世纪80年代提出的,该理论从认知资源分配的角度考察学习和问题解决(曹娟 2011)。其认为认知负荷就是将特定工作加之于学习者认知系统时产生的负荷。认知负荷理论是基于人脑工

作记忆的有限性发展起来的,其基本观点(曹娟, 2011)可以概括为3点:(1)人的认知系统由工作记忆和长时记忆组成,工作记忆容量有限,仅能处理一部分信息;(2)学习过程就是将信息转化为图式储存在长时记忆中,通过重组信息元素,可以把低水平图式合并成高水平图式,长时记忆就是用这种方法来构建知识,并降低工作记忆容量的;(3)如果学习者所要加工的信息容量超出了学习者工作记忆所能加工的信息容量,那么学习将是无效的。

与传统的地理空间认知工具相比,虚拟地理环境直观而形象。然而,用户在虚拟地理环境中进行地理认知时,这种直观形象是否会带来信息冗余、注意力分散、认知迷航等问题?如果存在,该如何解决?由于人类认知的黑箱效应,通过实验分析研究虚拟地理环境的认知效能是解决上述问题的较好方法。常用的认知实验方法可分为主观和客观两种类型,而每一类又包括直接和间接两种,如生理测量法、行为测量法、脑活动测量法、自我报告法等。需要根据虚拟地理环境自身的特点,设计、实施具有明确目标与任务、要素单一、科学合理客观的认知实验,避免目前以问卷调查为主、多影响因素混合的实验方法。

### 3.3 几何相似——虚拟地理环境真实感适宜性问题

虚拟地理环境究竟应该在多大程度上与现实地理环境保持一致,始终困扰着虚拟地理环境的研究者。孟立秋(2006)将虚拟地理环境分为仿真虚拟地理环境和非仿真虚拟地理环境,并指出仿真虚拟地理环境可以看做是非仿真虚拟地理环境的一个特例。事实上,上述问题是虚拟地理环境表达在真实感与非真实感之间的适宜性问题。真实感表达可以使用户建立与现实地理世界的直观对比,提高亲和力和沉浸感;而非真实感表达可以使用户透过表象看到地理对象其他方面的特征,提高虚拟地理环境表达的信息量。

虚拟地理环境具有直观形象性、接近真实自然的感知与交互性和集成性(林琚等, 2010)。由于人类认知所运用的模式匹配特点,虚拟地理环境表达应该思考如何突出所表达对象的特征,以及在3维乃至4维的显示中怎样的符号更具有系统性、语义自明性。

近年来出现的基于语义进行符号设计制作的

研究(田江鹏等, 2012, 2013)将语义模型与符号系统相统一,进而实现不同情境下虚拟地理环境符号的自动生成与计算,是一种将现实地理环境与虚拟地理环境之间进行关联的有益尝试。因此,虚拟地理环境应该视使用目的不同,寻求真实感与非真实感表达之间的平衡点,并进而明确哪些要素使用真实感表达,真实到怎样的程度;哪些要素采用非真实感表达,其与地理对象应该在哪些方面保持特征相似。

### 3.4 特性相似

地理事物、现象在不同尺度上具有不同特性。因此,虚拟地理环境认知研究需要将尺度作为重要的研究内容。同时,在虚拟地理环境的时域和空域变化过程中,如何自适应展现这些特征,需要将表达方式抽象化并形式化,构建虚拟地理环境的表达模型。

#### (1) 虚拟地理环境的尺度适宜性问题

尺度在地理学、地图学、建筑学、景观学乃至人文社会科学中都处于非常基础而又本质的地位。一方面,虚拟地理环境创造了一个时域和空域可变的虚拟世界,人可沉浸其中,超越其上,进出自如,交互作用。这样一个时空尺度变化的地理认知工具对人类以往的感觉经验提出了考验,由尺度产生的若干感觉不协调问题也应运而生,如场景变化的速率、立体图像间的视差等都对虚拟地理环境的认知产生重要影响。另一方面,虚拟地理环境目前已发展到以数据库和模型库为核心的双核心体系,以解决动态地理过程的研究和表达,地理过程本身的尺度性以及地理过程与虚拟地理环境各构件间的尺度适宜性成为重要研究内容。

因此,虚拟地理环境的尺度适宜性问题处于认知研究中基础而重要的位置,需要从维度、类别、组成因素等方面进行研究(林琚, 2012),而其中语义尺度由于其复杂性成为尺度适宜性研究中重点和难点。

#### (2) 虚拟地理环境的表达模型构建

表达模型是指通过研究所表达事物和现象的本质与规律,在分析数据的类型、特征以及可视化的形态、结构、元素与属性等的基础上,针对不同应用情境,建立信息需求、数据处理方式与表达方式、人机交互方式间的组合关系,进而采用形式化描述语言对其进行规范化描述,从而为软件实现提供基础。

就虚拟地理环境而言,目前强调渲染一个接近现实的地球表面所需的技术途径,而对表达方式、人机交互方法缺乏系统的、抽象的研究。就未来而言,虚拟地理环境更多的应该是对地理现象与过程的抽象或不可见属性信息的可视化(美国国家科学院国家研究理事会,2011)。迫切需要从人的认知模式出发,梳理现有的可视化与人机交互方式中的规律性与构成要素,为进一步探索新的表达方式提供依据。例如,Ware(2009)等对座头鲸水下行为可视化的研究表明仅仅是将鲸鱼移动过程以任意速率进行3维回放,无法使研究人员有效的发现鲸鱼的行为模式。其原因在于人们在3维回放中对模式的记忆能力有限,而且对运动模式的识别和记忆不如对空间图案的记忆那样好。而将鲸鱼轨迹转换为3维带状轨迹使得对鲸鱼行为模式的识别更加迅速。由此可见,对于认知模式的研究及其应用,可以改善、创造更适合某项任务的表达方式和交互方式,这对提升虚拟地理环境在分析、决策方面的作用具有重要意义。

### 3.5 离散相似——虚拟地理环境的不确定性问题

前文已提到,地理数据库和地理模型库是虚拟地理环境的核心。而这二者均已离散的地理数据为基础。虚拟地理环境试图将运用技术手段将离散的数据连续化呈现,如采用时空插值技术、动画技术等,给用户带来连续的时空感知,进而做出决策。但是这样的数据与表达能否给用户带来正确的认知与决策,如何描述数据和表达方式存在的可能误差,并将误差可视化表达出来,值得深入探讨。这一方面,在目前的虚拟地理环境研究中尚显薄弱。

## 4 结 语

虚拟地理环境不是现实地理环境的简单复制,而适合人类认知的建模和表达方式尚需探索。本文从虚拟地理环境的概念分析出发,提出应从系统论的角度看待虚拟地理环境,从而将其认知研究扩展到更为基础与深入的方面,并从相似性的5个方面指出了虚拟地理环境认知研究的若干方面。目前的研究较为分散,需要开展系统性、有针对性的研究,以促进虚拟地理环境作为实验平台与辅助决策工具在参与国家重大决策、应急灾害救援与评估等方面的应用。

## 参考文献(References)

- Cao J. 2011. Virtual Learning Environment Design Based on Cognitive Load Theory. Ji'nan: Shandong Normal University: 12-14 (曹娟, 2011. 基于认知负荷理论的虚拟学习环境设计. 济南: 山东师范大学: 12-14)
- Chen G. 2000. A Research on Multi-resolution Surface Description and Real-time Rendering for Virtual Terrain Environment. Zhengzhou: Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University: 18-92 (陈刚, 2000. 虚拟地形环境的层次描述与实时渲染技术的研究. 郑州: 解放军信息工程大学测绘学院: 18-92)
- Chen Y F. 2000. Research on Map Spatial Cognition Theory. Zhengzhou: The PLA Information Engineering University: 26-45 (陈毓芬, 2000. 地图空间认知理论的研究. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学: 26-45)
- Du C, Si W L and Xu J. 2010. Querying and reasoning of spatial relations based on geographic semantics. Journal of Geo-Information Science, 12(1): 48-55 (杜冲, 司望利, 许珺, 2010. 基于地理语义的空间关系查询和推理. 地球信息科学学报, 12(1): 48-55) [DOI: 10.3724/SP.J.1047.2010.00048]
- Gao J. 1984. The Experiment Methods of Map Perception and Map Design. Lecture of New Technology of Cartography. Beijing: China Surveying and Mapping Academy (高俊, 1984. 地图感受与地图设计的实验方法. 北京: 中国测绘学会)
- Gao J. 1992. The spatial cognition of map and cognitive cartography // The Anthology of GAO Jun Academician. Beijing: Surveying and Mapping Press: 219-225 (高俊, 1992. 地图的空间认知与认知地图学//地图学寻迹——高俊院士文集. 北京: 测绘出版社: 219-225)
- Gao J, Xia Y J, You X and Shu G. 1999. VR Application in Geographic Environment Simulation. Beijing: PLA Publishing House: 84-315 (高俊, 夏运均, 游雄, 舒广, 1999. 虚拟现实在地形环境仿真中的应用. 北京: 解放军出版社: 84-315)
- Gao J. 2000. The Spatial Cognition Problem in 3D GIS. Chengdu: The 6th GIS Symposium (高俊, 2000. 3D GIS 条件下的空间认知问题. 成都: 第六届GIS大会发言)
- Gong J H, Zhou J P and Zhang L H. 2010. Study progress and theoretical framework of virtual geographic environments. Advances in Earth Science, 25(9): 915-926 (龚建华, 周洁萍, 张利辉, 2010. 虚拟地理环境研究进展与理论框架. 地球科学进展, 25(9): 915-926)
- Lü G N. 2011. Geographic analysis-oriented virtual geographic environment: framework, structure and functions. Science China Earth Sciences, 54(5): 733-743 (闰国年, 2011. 地理分析导向的虚拟地理环境: 框架、结构与功能. 中国科学: 地球科学, 41(4): 549-561) [DOI: 10.1007/s11430-011-4193-2]
- Li S and Yao J. 2005. The multi-dimension data model of virtual geographic environments and its expression in geographical processes. Geography and Geo-Information Science, 21(4): 1-5 (李爽, 姚静, 2005. 虚拟地理环境的多维数据模型与地理过程表达. 地理与地理信息科学, 21(4): 1-5)
- Lin H and Gong J H. 2002. On virtual geographic environments. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 31(1): 1-6 (林珏, 龚建华,

2002. 论虚拟地理环境. 测绘学报, 31(1): 1-6 [DOI: 10.3321/j.issn:1001-1595.2002.01.001]
- Lin H, Gong J H and Shi J J. 2003. From maps to GIS and VGE-A discussion on the evolution of the geographic language. Geography and Geo-Information Science, 19(4): 18-23 (林琨, 龚建华, 施晶晶. 2003. 从地图到地理信息系统与虚拟地理环境——试论地理学语言的演变. 地理与地理信息科学, 19(4): 18-23) [DOI: 10.3969/j.issn.1672-0504.2003.04.005]
- Lin H and Zhu Q. 2005. The linguistic characteristics of virtual geographic environments. Journal of Remote Sensing, 9(2): 158-165 (林琨, 朱庆. 2005. 虚拟地理环境的地理学语言特征. 遥感学报, 9(2): 158-165)
- Lin H and Xu B L. 2007. Some thoughts on virtual geographic environments. Geography and Geo-Information Science, 23(2): 1-7 (林琨, 徐丙立. 2007. 关于虚拟地理环境研究的几点思考. 地理与地理信息科学, 23(2): 1-7)
- Lin H, Huang F R, Lu X J, Hu M Y, Xu B L and Wu L. 2010. Preliminary study on virtual geographic environment cognition and representation. Journal of Remote Sensing, 14(4): 822-838 (林琨, 黄凤茹, 鲁学军, 胡明远, 徐丙立, 武磊. 2010. 虚拟地理环境认知与表达研究初步. 遥感学报, 14(4): 822-838)
- Lin H. 2012. Scale Adaptability of Virtual Geographic Environments. Zhengzhou: The 5th Virtual Geographic Environments Annual Meeting (林琨. 2012. 虚拟地理环境的尺度适宜性问题. 郑州: 第五届虚拟地理环境学术年会)
- Lin H, Chen M and Lu G N. 2013a. Virtual geographic environment: a workspace for computer-aided geographic experiments. Annals of the Association of American Geographers, 103(3): 465-482 [DOI: 10.1080/00045608.2012.689234]
- Lin H, Chen M, Lu G N, Zhu Q, Gong J H, You X, Wen Y N, Xu B L and Hu M Y. 2013b. Virtual geographic environments (VGEs): a new generation of geographic analysis tool. Earth-Science Reviews, 126: 74-84 [DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.001]
- Liu R and Yang W J. 2009. Geographical CVE: theory and framework. Bulletin of Surveying and Mapping, (10): 28-31 (刘锐, 杨卫军. 2009. 协同虚拟地理环境理论与框架. 测绘通报, (10): 28-31)
- Meng L Q. 2006. Some theoretical concerns along with the development of cartographic technologies. Journal of Zhengzhou Institute of Surveying and Mapping, 23(2): 89-100 (孟丽秋. 2006. 地图学技术发展中的几点理论思考. 测绘科学技术学报, 23(2): 89-100)
- Montello D R. 2009. Cognitive research in GIScience: recent achievements and future prospects. Geography Compass, 3(5): 1824-1840
- Shu Y Q. 2004. Research on Generation of Virtual Forest Environments based on the Law of Stand Growth. Wuhan: Wuhan University: 1-5 (舒娱琴. 2004. 基于林分生长规律的虚拟森林环境的构建研究. 武汉: 武汉大学: 1-5)
- The National Academy of Sciences, National Research Council. 2011. Understanding the Changing Planet-Strategic Directions for the Geographical Sciences. Beijing: Science Press: 118-127 (美国国家科学院国家研究理事会. 2011. 理解正在变化的星球-地理科学的战略方向. 北京: 科学出版社: 118-127)
- Tian J P, Jia F L, Xia Q and Wu J B. 2012. Design method of the semantic-driven hierarchical map symbols. Journal of Geo-Information Science, 14(6): 736-743 (田江鹏, 贾奋励, 夏青, 吴金兵. 2012. 语义驱动的层次化地图符号设计方法. 地球信息科学学报, 14(6): 736-743)
- Tian J P, Jia F L and Xia Q. 2013. Research on 3D symbol design based on linguistic methodology. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 42(1): 131-137 (田江鹏, 贾奋励, 夏青. 2013. 依托语言学方法论的三维符号设计. 测绘学报, 42(1): 131-137)
- Wan G. 2006. A Study on the Theory and Technology in Construction Humanoid Virtual Geographic Environment. Zhengzhou: The PLA Information Engineering University: 30-32 (万刚. 2006. 适人化虚拟地理环境的构建理论与技术研究. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学: 30-32)
- Wang Y. 2011. Cognitive Linguistics. Shanghai: Shanghai Foreign Language Education Press: 1-8 (王寅. 2011. 认知语言学. 上海: 上海外语教育出版社: 1-8)
- Ware C. 2009. Visual Thinking for Design. Beijing: China Machine Press: 148-149 (Ware C. 2009. 设计中的视觉思维. 北京: 机械工业出版社: 148-149)
- Wen Y N, Chen M, Lu G N, Lin H, He L and Yue S S. 2013. Prototyping an open environment for sharing geographical analysis models on cloud computing platform. International Journal of Digital Earth, 6(4): 356-382 [DOI: 10.1080/17538947.2012.716861]
- Xu B L, Lin H, Chiu L S, Hu Y, Zhu J, Hu M Y and Cui W N. 2011. Collaborative virtual geographic environments: a case study of air pollution simulation. Information Sciences, 181(11): 2231-2246 [DOI: 10.1016/j.ins.2011.01.017]
- Xu B L, Lin H, Gong J H, Tang S, Hu Y, Nasser I A and Jing T. 2013. Integration of a computational grid and virtual geographic environment to facilitate air pollution simulation. Computers & Geosciences, 54: 184-195 [DOI: 10.1016/j.cageo.2012.09.031]
- You X. 2002. The battlefield environment simulation based on VR. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 31(1): 7-11 (游雄. 2002. 基于虚拟现实技术的战场环境仿真. 测绘学报, 31(1): 7-11)
- Zhang L. 2010. Research on the Representation of Battlefield Situation by 2D Symbols in 3D Display Environment. Zhengzhou: Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University: 19-29 (张良. 2010. 三维显示环境下战场态势的二维符号表达方法研究. 郑州: 解放军信息工程大学: 19-29)
- Zhou J P, Gong J H, Chen Z and Du W. 2005. Study on collaborative virtual geographic environment system for multi-user interaction and communication. Geography and Geo-Information Science, 21(5): 33-37 (周洁萍, 龚建华, 陈铮, 杜蔚. 2005. 协同虚拟地理环境中多用户交流交互模式及实现. 地理与地理信息科学, 21(5): 33-37) [DOI: 10.3969/j.issn.1672-0504.2005.05.008]

## Cognitive research framework of virtual geographic environment

JIA Fenli , ZHANG Weiwei , YOU Xiong

*Institute of Geo-Spatial Information Information Engineering University , Zhengzhou 450052 , China*

**Abstract:** As a next generation geographic analysis tool , Virtual Geographic Environments ( VGEs ) have remarkable predominance in enhancing human cognition of the geographic world and in solving geographic problems. Most studies currently focused on VGE structures and technologies. However , research productions on basic theory , such as geographic semantics and data representation models , are few. In particular , the weakness of VGE cognitive theory has restrained the further development of VGEs. VGE cognition attempts to improve the usability , efficiency , equity , and profitability of VGEs with geo-knowledge obtained through the synthesized research of human geographic cognition rules , as well as the VGE nature and building methods. This research provides not only an effective guide to VGE construction but also theoretical and methodological guidance to the geographic cognition , geographic analysis , and modeling of remote sensing information. This article reviews several understandings of VGEs and suggests that cognition research on VGEs should be derived from the perspective of system theory to contribute to the future scientific development of VGEs. From this perspective , VGEs are complex systems of human environments , virtual environments created by computers , and realistic environments. The differences between the cognition of VGEs and other similar concepts are discussed to draw their clear boundaries. Geographic and map cognition are important bases of VGE cognition , but developing a new cognitive research framework of VGEs in reference to VGE characteristics are necessary. Thus , a cognitive research framework is developed from similarities that include thinking , perception , geometry , characteristic , and discreteness similarities in both realistic and virtual environments. Thinking similarity is the emphasis and the difficulty of VGE cognitive research. It is also the basis of building VGEs that are consistent with human cognition. The course of human cognition is through image schema , category , conception , and meaning. Thus , thinking similarity should include the specialization of human cognition models on geographic environments , context model building of VGEs , computer model of geographic concepts , and formalization and contextualized representation of geographic models. Perception similarity is an important factor in generating immersion and is a key to distinguishing VGEs and other spatial cognition tools. Thus , the multi-modal interaction , dynamic representation adaptability , cognitive load , and work efficiency experimentation of VGEs should be studied. VGEs should balance realistic representation and non-realistic representation , which is called realistic representation adaptability to geometry similarity. Given the multi-scale characteristic and scale dependence of both the geographic process and study method , characteristic similarity should include multiple-scale adaptability and representation of formalization models. VGE uncertainty is produced when discrete geographic data are translated into a continuous spatial-time process representation , which is lacking in VGE research. Based on the above framework , VGE cognitive research is placed in its wider context. The function of the geographic experiment platform of VGEs and human function in VGEs is also emphasized. This study has a large significance in deepening VGE research.

**Key words:** virtual geographic environment , geographic environment , system theory , cognitive research framework , cognitive mode