

认知地图的地理学研究进展与展望

何诗^{1,2,3}, 阴劼^{1,2,3*}

(1. 北京大学城市规划与设计学院, 广东 深圳 518055; 2. 北京大学城市与环境学院城市与区域规划系, 北京 100871;
3. 自然资源部陆表系统与入地关系重点实验室, 北京大学深圳研究生院, 广东 深圳 518055)

摘要: 认知地图作为人对人地关系复杂系统进行抽象化和秩序化的内在表征, 是个体空间行为决策、空间认知与空间规划的理论基础, 也是地理学的重要研究领域之一。论文通过 CiteSpace 文献学分析方法并结合经典文献回顾, 从多学科视角系统梳理认知地图 1948—2020 年共 70 余年的发展脉络与研究热点。研究认为, 认知地图在地理学的学科发展过程中扮演了重要角色, 特别是在认知空间与城市意象、空间扭曲与空间偏好、空间知识与决策行为等方面丰富了地理学内涵。近期与地理学有关的认知地图跨学科研究出现 3 大转向: 大数据时代重新定义认知空间与城市意象的数字转向, 以特定群体或事件的空间偏好为切入点的情感转向, 以第一人称视角解译空间知识与决策行为的神经转向。最后指出认知地图空间分析的地理学在跨学科融合发展中的角色与应用前景。

关键词: 认知地图; 文献学分析; 多学科视角; 数字转向; 情感转向; 神经转向

1948 年, 心理学家 Tolman^[1]在《人与鼠的认知地图》中指出, 老鼠在迷宫中能迅速找到路线是因为其脑中存在认知地图。此后, 认知地图逐步走入学者的视野。认知地图强调大脑内部发生过程的优势有效弥补了行为主义过分关注环境刺激的不足, 并在心理学领域开启应用认知地图探索大脑中编码空间信息的方法。自 20 世纪 50 年代起, 认知地图的概念被不断丰富拓展。历史地理学家 Kirk^[2]认为人的行为根植于行为环境(感知空间)而非实体空间; 社会学家 Boulding^[3]出版专著《意象》, 提出意象是个体经验汇集并组织的对世界的思想; 经济与心理学家 Simon^[4]批判经济学主流思潮中将个体看作完全理性经济人的视角, 他认为个体行为模式的差异性受限于心理层面, 尤其是心理的计算和预测能力。1960 年城市规划学者 Lynch^[5]引入认知地图并将 Boulding 关于意象的概念表征化。他根据受

访者绘制的手绘认知地图具象化脑中的认知地图, 归纳城市意象的五要素(路径、边缘、区域、节点、地标)并应用于探索城市可意象性。自此, 认知地图研究形成了多学科交叉融合的“基因”, 同时将认知地图与行为地理学相结合的研究引起城市规划学界与地理学界的高度反响。

行为地理学的目标是将人类对环境的认知与环境中发生的行为联系起来^[6]。认知地图作为人对人地关系复杂系统进行抽象化和秩序化的内在表征, 包含个体获取、储存、回忆空间的信息, 已成为个体空间行为决策、空间认知与空间规划的理论基础, 是行为地理学的核心研究领域之一^[7]。然而, 自 20 世纪 90 年代以来认知地图在计算机科学、神经科学等学科飞速发展, 但在地理学与城乡规划学中的研究进展相对缓慢。如何借鉴多学科的认知地图研究来深化认知地图的地理学内涵, 促进其地理

收稿日期: 2021-09-03; 修订日期: 2021-11-20。

基金项目: 国家自然科学基金项目(42171201, 41801158); 深圳市高等院校稳定支持计划重点项目(GXWD20201231165807007-20200810223326001); 深圳市自然科学基金项目(JCYJ20190808173611341)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 42171201 and 41801158; Key Project of the Stability Support Program of Shenzhen Higher Education Institutions, No. GXWD20201231165807007-20200810223326001; Shenzhen Municipal Natural Science Foundation, No. JCYJ20190808173611341.]

第一作者简介: 何诗(1992—), 女, 福建福州人, 博士生, 主要从事城市意象研究。E-mail: herpoetry@pku.edu.cn

*通信作者简介: 阴劼(1971—), 男, 山西运城人, 副教授, 主要从事城乡规划学研究。E-mail: yinjie@pku.edu.cn

引用格式: 何诗, 阴劼. 认知地图的地理学研究进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(1): 73-85. [He Shi, Yin Jie. Cognitive map research in the field of geography: A review and prospect. Progress in Geography, 2022, 41(1): 73-85.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2022.01.007

学应用分析,是地理学学科发展当前亟需思考的问题。在应用上,为了满足人民日益增长的美好生活需要和对品质空间的向往,优化城市空间结构、促进生活空间宜居适度成为迫切需求。了解不同学科认知地图的研究热点与发展脉络,借鉴多学科交叉融合的新技术与新方法,捕捉人对城市的认知地图,分析人对城市环境要素和空间关系的认知,能更深入了解人是如何理解空间以及空间如何影响人的认知和行为,对进一步认识与分析人地关系意义重大。

因此,有必要归纳已有认知地图的多学科研究,并展望多学科视角下认知地图的地理学未来发展方向。目前地理学者多侧重于从本学科或与心理学结合梳理认知地图的研究进展^[7-9],缺乏多学科交叉融合的认知地图研究视角与系统综述。本文首先回顾了跨学科的认知地图核心文献,归纳认知地图在不同学科的研究热点与发展脉络;其次,梳理与地理学密切相关的认知地图研究进展;最后,思考跨学科的认知地图研究对地理学的启发与应用前景,以期促进认知地图在地理学的相关研究领域再繁荣,同时为跨学科认知地图研究提供引领性的地理学视角。

1 认知地图的多学科发展脉络

认知地图研究的主要学科界定以“Web of Science”核心数据库为数据来源,以认知地图常用的英文表达方式“cognitive map”“mental map”“sketch map”“abstract map”“cognitive image”等为关键词搜索文章,获取自1948年首次提出认知地图概念以来直至2020年12月近70多年的认知地图研究性与综述性论文,并去除交叉学科领域的重复文章,最后保留3511篇文献作为数据分析基础(表1)。梳理发现,认知地图研究可被归纳为4大领域:计算机科学与工程学、心理学与神经科学、商业经济学与管理

学、地理学与城乡规划学。为了解认知地图长时间尺度的发展脉络,并考虑到多学科认知地图研究文献的广度,从2个方面对文献进行梳理。一方面,文章采用文献关系与可视化分析工具 CiteSpace 5.7 R5 软件^[10]对不同领域的认知地图文献学数据进行系统回顾、聚类与关键词分析;另一方面,将数据分析结果结合相关经典文献,概述多学科认知地图的发展脉络、研究热点以及在地理学中的研究进展。

1.1 认知地图的多学科分类界定

随着不同学科对于认知地图概念的引入,认知地图的研究逐渐具有强大的交叉学科基础,但也因此缺乏统一的概念界定。Tolman^[11]首次提出“认知地图”(cognitive map)术语,用以解释老鼠在迷宫中迅速找到路线的原因。认知地图最初可类比为神经系统的黑匣子,黑匣子中包含对于周围物质环境的认知,能指导动物在复杂物质环境中的寻路行为。目前对于认知地图的定义较为多样,大体可归纳为2类:地图类与图谱类。地图类(map)认知地图的定义与Tolman实验中的认知地图具有最多的共性,多来自于心理学与神经科学,后续应用于地理学与城乡规划学。定义强调认知地图的地图属性与蕴含的空间信息,认为认知地图是个体对其日常空间物质环境的空间信息和属性信息进行获取、储存、回忆和编码^[11],储存着日常物质环境相关的区位信息^[12],可帮助人们对人地关系复杂体进行简化和秩序化。也有学者将其比作内化的地理信息表征^[13],用于指导现实空间环境的行为决策。地图类认知地图侧重于“视觉”感知,呈现方式多为二维或三维、抽象或扭曲的几何空间要素与结构,常体现距离和位置空间特性。地图类的认知地图存在于大脑之中,常见的外在化表现形式为手绘地图。

图谱类(image、schemata、graph、representation、configuration)认知地图的定义被广泛应用于除地理学之外的学科,尤其是计算机科学与工程学、商业经济学与管理科学。此处的认知地图不再局限于在地理空间上的地图属性,弱化了人与空间环境的互动关系,认为认知地图是个体对特定领域认识与理解的图形化表达^[14-15],是获取隐性知识的可行技术手段^[16]。图谱类认知地图没有突出与感知器官的关联,文字信息和图像信息可通过图形或抽象的概念命题形式被储存起来。图谱类认知地图并不强调认知地图是大脑中的内在表征,在应用上既有将其等同于手绘地图,也有将认知地图视为一种研

表1 认知地图在主要领域的文献数量

Tab.1 The number of publications on cognitive map in various disciplines

类别	文献数量/篇	占比/%
计算机科学与工程学	1134	32.30
心理学与神经科学	1406	40.05
商业经济学与管理科学	561	15.98
地理学与城乡规划学	410	11.68
总计	3511	100.00

究方法与手段。

1.2 认知地图的多学科发展脉络与研究热点

自20世纪40年代末认知地图的概念提出以来,50年代认知地图的研究首先在心理学与神经科学、计算机科学与工程领域发展。在心理学与神经科学领域,认知地图主要应用于大脑中编码空间信息的探索。随着电子计算与人工智能的出现,认知地图开始在计算机科学与工程领域和模糊逻辑、神经网络、图论结合。60年代随着Lynch^[5]引入认知地图解释城市意象,同时伴随着地理学行为转向背景下的行为地理学的发展,认知地图对人地关系复杂体简化和秩序化、并指导人的行为和决策的优势逐渐凸显,成为地理学和城乡规划学科研究的重要领域。70年代认知地图被引入管理学^[14],不同于地理学和心理学地图类认知地图概念侧重于个体和日常空间环境的互动关系,管理学的认知地图更偏向于图谱类,强调对某一特定领域认识的图形化描述。70年代末,随着实验与发展心理学家从人工实验室研究转向日常生活行为研究,心理学领域的认知地图迎来发展的小高峰并逐渐同地理学与城乡规划学联系紧密。90年代以后,随着大数据

时代技术与理论的发展,认知地图在计算机科学与工程学、心理学与神经科学、商业经济学与管理科学、地理学与城乡规划学这4大领域进入迅速发展阶段。其中基于Web of Science文献学数据分析发现,计算机科学与工程学、心理学与神经科学发展速度最快,地理学与城乡规划学发展速度相对较为平缓(图1)。

进一步结合CiteSpace软件对1948—2020年“Web of Science”关于认知地图的核心文献摘要进行关键词分析(表2)。研究发现模糊认知图作为模拟复杂系统的方法,是认知地图热度最高的研究领域,在计算机科学的人工智能、理论方法、信息系统、软件工程等方向被广泛应用。大脑中有关认知的细胞或单元(海马体、位置细胞)、老鼠、空间与地方是主要的研究对象。研究内容主要集中于通过感知或认知理解人的记忆、路径集成方式、在空间中导航的方法、决策行为等。对4大领域的认知地图发展脉络与关键词进一步分析发现各学科认知地图的研究热点。

(1) 侧重模拟人脑认知方式并转化为数字模型的计算机科学与工程学。计算机科学与工程学中

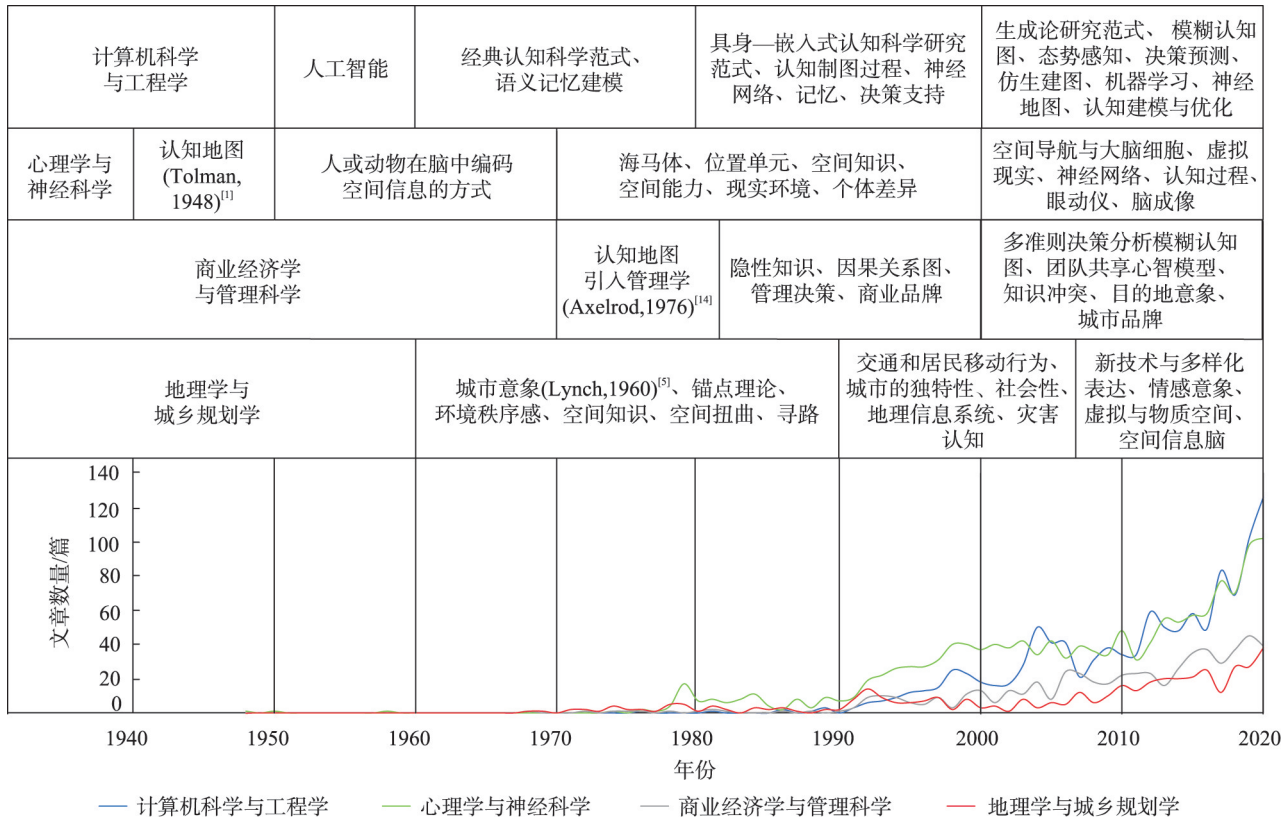


图1 不同学科的认知地图研究在不同时期的发展脉络与文章数量

Fig.1 The number of articles and development of cognitive map research in various disciplines during different time periods

表2 认知地图在4大领域研究中排名前15的关键词
Tab.2 Top 15 keywords of cognitive map research in four disciplines

排名	计算机科学与工程学	心理学与神经科学	商业经济学与管理科学	地理学与城乡规划学
1	模糊认知图	认知地图	认知制图	认知地图
2	认知地图	记忆	模型	地理
3	模型	导航	模糊认知图	知识
4	系统	海马体	认知地图	空间
5	知识	表征	管理	记忆
6	管理	路径集成	系统	地方
7	设计	空间记忆	知识	认知制图
8	预测	老鼠	决策	感知
9	导航	信息	地图	信息
10	算法	位置细胞	框架	扭曲
11	信息	方向	策略	地理信息系统
12	神经网络	知识	影响	城市
13	认知制图	环境	组织	环境
14	决策	个体差异	认知	草图
15	网络	模型	满意	模型

“模糊认知图”的排名高于“认知地图”，“模型”排名第3位。模糊认知图旨在将专家知识通过算法整合到模型中并进行建模，使决策者借鉴使用在导航等领域或通过认知计算的方法预测可能发生的行为^[17]。其中神经网络是模拟大脑神经结构进行信息处理的重要模型。总体上看，计算机科学与工程学侧重计算机模拟人脑的认知方式，与心理学、神经科学融合紧密。通过借鉴认知心理学的概念、理论，将人类对于空间的认知模型和语义模型转化为数学或逻辑模型。

(2) 侧重分析认知制图过程中大脑变化与神经机理的心理学与神经科学。心理学与神经科学中，“海马体”“位置细胞”等大脑内部的空间要素以及空间要素与记忆、路径集成、导航等关系是其关注的焦点，同时注重个体差异也是心理学研究特色之一。总体上看，心理学与神经科学认为认知地图是心理的内在表征，注重认知制图过程中大脑变化与神经机理，侧重通过情绪和人格特征等影响因素分析认知与行为。

(3) 侧重通过认知地图分析隐性知识、情感偏好的商业经济学与管理科学。商业经济学与管理科学中，排名第一的关键词是“认知制图”，其次是模型、模糊认知图以及认知地图。可见，不同于其他学科，该学科更关注认知地图的过程性分析。通过了解认知制图的全过程，帮助决策者交流或梳理知识、框架的合理性，并对影响因素与满意度进行

研究。总体上看，商业经济学与管理科学侧重于将图谱类认知地图作为反思思维和解决问题的工具和手段，侧重认知过程的研究，通过认知地图的分析让隐性知识显性化，多应用于运筹学、战略管理、风险决策以及知识管理等。也有部分学者将地图类认知地图应用于空间选址决策与旅游情感偏好。

(4) 侧重分析认知过程中人与环境互动关系的地理学与城乡规划学。地理学和城乡规划学领域中地理、空间、地方、认知制图、城市、环境、GIS、距离、寻路等关键词出现的频次相对较高，说明地理学与城乡规划学领域重视认知地图的“地图”特性，注重人与空间、地方的相互关系。总体上看，地理学和城乡规划学认为认知地图是心理的内在表征，侧重认知地图进行外在化的表征形式，注重在认知过程中人与环境的互动关系。

2 认知地图在地理学中的研究进展

认知地图在地理学中的研究一开始便具备跨学科基础，尤其是与心理学的交叉融合。对于空间信息在人脑中增减、重排、融会、变通的过程，地理学家尤其受到心理学激进意象理论的影响。激进意象理论认为，感知过程将信息缩减到简单且有组织的形态，被用于类似地图的形式呈现，从而实现对外部世界的描述^[11]。因此，认知地图在地理学领域的应用在一开始便与地图类认知地图紧密相

连。作为对地理学区位理论中将人视为完全理性经济特质的批判,行为地理学强调人的主体性,关注人类行为的心理层面。但不同于心理学与神经科学关注大脑中认知所在区域与细胞,地理学更关注人的认知地图外在表征结果及其行为的影响。从20世纪60年代开始,地理学家借鉴并发展了认知地图的概念,并应用于城市意象、锚点理论、空间秩序感、空间扭曲、寻路等相关研究。80年代,心理学由人工实验室研究转向日常生活行为研究,地理学与心理学的交叉融合更为紧密,并主要应用于个体层面的行为决策、小尺度的城市规划与设计。2000年至今,地理信息系统开始受到更多的关注,带动了地理学与地理空间信息科学的结合,通过地理信息系统与大数据分析,推动地理学中情感意象研究的新潮流。与此同时,地理学开始较多同“计算机科学与工程学”结合,运用混合式的空间认知模型等辅助空间行为决策的研究,协助控制现实世界中的不确定和模糊因素,并主要体现在大数据支撑下的智能空间认知。部分商业经济学与管理科学的研究者,借鉴行为地理学中关于有限理性人的理论,强调空间选址决策与偏好的非经济方面的作用^[18-19],对于城市意象的相关研究也启发“商业经济学与管理科学”对于城市品牌的思考^[20]。

地理学中的认知地图发展不仅吸取了不同学科的经验,也促使行为地理学、城乡规划学、地理信息系统3个分支的交叉融合,共同构成地理学中研究认知地图的3大领域。认知地图研究范围广泛,因此本文没有详尽无遗地归纳认知地图的研究,而是提取可能对未来地理学与认知地图融合更有启发性的地图类认知地图的3个方面进行梳理归纳。第一,认知空间与城市意象的研究,将大脑所形成的认知地图进行外在化的表现,从而探索人对实体空间的认知要素与认知结构;第二,空间扭曲与空间偏好的研究,比较认知空间与实体空间的差异性以及形成的空间扭曲、空间偏好;第三,空间知识与决策行为的研究,借鉴认知科学的概念与方法,通过空间知识是什么、从哪里产生、如何产生等方面进一步理解与解释空间行为的发生。

2.1 基于认知地图的认知空间与城市意象理解

个体的空间行为是基于对环境的认知和理解,因此,地理学研究的重要领域之一是人在心理认知层面对于地理事物的理解。其中一个重要的研究视角是从认知空间与城市意象出发,分析易被人认知到的地理要素和组织结构。如果说Tolman^[1]的老

鼠寻路实验启发地理学与个体心理环境相结合,Lynch^[5]的《城市意象》则启发地理学将个体心理环境与外部地理环境相联系。Lynch将认知地图进行外在表征化表达,通过归纳城市意象五要素,帮助建设符合人认知的具有结构和个性、可读性、可意象性的城市。

部分学者对于Lynch的城市意象五要素提出再思考。Golledge^[21]认为原有的城市意象五要素更多关注二维空间的物质信息,他重新将城市意象要素划分为点、线、面、表面,在点要素中涵盖了Lynch提出的标志概念,在表面要素中新增建筑物高度、人口密度等属性。Silva^[22]从城市历史保护的应用角度出发认为城市意象要素可根据时间划分为核心要素和外围要素。五要素中的标志由于多为城市中最具特色且最具可意象性的要素,成为高频的研究对象,广泛应用于规划、旅游、遗产保护等方面。中国拥有几千年的城市建设历史并形成独特的空间认知方式,保存至今的中国古代方志城池图与对应的文字阐述蕴含着古人独特的城市意象与认知地图^[23],中国传统城市具有独特的意象元素,如山、水、庙宇、衙门^[24-26]。

在城市意象要素的组织结构方面,Appleyard^[27]进一步发展Lynch提出的路径主导型、空间主导型的城市意象组织方式,将序列型(路径主导型)地图又分为段、链、支或环和网4种亚类型,将空间型(区域主导型)分为散点、马赛克、连接和格局4种亚类型。Couclelis^[28]将地标主导型的空间结构应用于环境秩序感的塑造,认为地标被用作锚点进行组织时,将帮助或支配其他特征的定位。也有学者认为色彩是影响空间模式感知的主导因素^[29]。Golledge等^[11]在《空间行为的地理学》一书中详细介绍了G. Zannaras对城市空间的物质形态结构与意象构建的关系分析,Zannaras提出现实环境的结构会影响人们在头脑中构成城市意象的方式,认为扇形结构最有益于人们组织和利用区位。也有学者发现,随着时间变化,对于城市空间的认知将经历联接发展阶段、邻里描绘阶段、等级秩序阶段^[30]。Westerveld等^[31]将口述史与GIS方法结合,通过建立拓扑GIS模型,解释大屠杀幸存者如何进行空间组织。在中国古代认知地图研究中,少数学者从古籍文本语义的拓扑关系或方志城池图中发现认知地图的类型、结构与秩序^[24,32-33]。总体来看,目前对于城市意象组织结构的研究多集中在辨析城市意象要素的主导性和城市意象结构的等级性,但对于各

要素如何组织形成空间结构以及如何形成城市意象的过程探讨较少。

2.2 基于认知地图的空间扭曲与空间偏好分析

Tobler^[34]提出地理学第一定律:“一切事物都与其他事物相关,但近距离的事物比远距离的事物更相关”。这种距离不仅指地理距离、经济距离等,还包括心理层面的认知距离。受到所处地理环境、熟悉程度、个体特征与偏好等因素的影响,个体认知地图与实体空间存在差异,这种差异体现了不同程度的空间扭曲与空间偏好。常见的空间扭曲包括对于空间大小、形状、距离和方向的认知偏差。关于空间扭曲的研究一部分侧重于与心理学结合,分析空间扭曲产生的过程,包括如何编码、存储和使用地理知识、做出判断的位置并从个人空间推理过程发现导致空间扭曲的原因^[35-37];另一部分研究关注实体空间与认知空间之间的差距,并试图通过一系列的系数与计算方法,例如二维相关系数、误差系数、扭曲系数等来反映认知地图的扭曲程度^[8]。

空间扭曲在一定程度上反映了空间偏好。早期的空间偏好研究受到地形图等值线的启发,要求受访者按空间偏好对研究区进行排序,给予不同偏好区域特定的加权分数,从而得到包括群体喜恶的偏好意象图^[38]。很长一段时间里,空间偏好的研究多以问卷或访谈的方式获取数据^[39-40],随着大数据和机器学习的方法进入空间感知研究领域,空间偏好研究呈现逐渐繁荣的趋势,多与情感意象、环境风险感知结合,分析个体或群体在日常生活中对于城市的感知与偏好以及在极端事件中的行为与情感。认知地图研究通过锚点理论^[41],以及人对于地方的情感意象^[42],反复验证了地方依恋的重要性。Garbarino^[43]以战乱中的儿童为研究对象,发现战争带来的持续威胁感与脆弱感影响儿童的认知构建,这种恐惧感的认知地图又会使儿童产生偷窃、哭泣等行为。相关自然灾害的研究强调人是有限理性的观点,认为人在面对突发自然灾害的时候,空间认知可能会受到个体性格、回忆时效性、地方的情感依恋等因素的影响,从而导致错误行为的发生。Kwan^[44]将口述的时空轨迹通过GIS地理空间分析投影到实体空间并加入情感表达,再现美国穆斯林女性在“9·11”恐怖袭击后对城市空间的认知地图与情感表达。空间扭曲与空间偏好研究引申出来的地方依恋、安全感、恐惧感、象征意义等话题,充分表达出人类的情感,这不仅是行为地理学与认

知地图关注的热点话题,也对整个人文地理学影响深远^[45]。

2.3 基于认知地图的空间知识与决策行为研究

在地理学中,空间知识包括对人与环境关系和相关基本概念的认识,例如感觉、知觉、思维、学习、记忆^[46],以及从基本概念中衍生出的高级概念,如排列、组织、层次、距离等地理关联^[47],从而进一步理解与解释空间分布、空间关系、空间决策与选择行为。长期以来,空间知识研究工作聚焦于“是什么”“从哪里产生”,将人们对于复杂空间形态的认知用简明的空间知识进行表达,从而增加我们对于地方与空间的理解。研究者对空间认知的尺度变换^[48]、感知的维度^[49]、参照系^[50]、距离效应^[51]等开展了大量研究。2000年以后,随着大数据与信息技术的迅速发展,面对海量的空间数据,国内外研究者在空间知识的获取、表达与应用方面的研究迅速增加,并将空间知识与地理信息系统、人工智能领域结合,探索文本类空间知识的表达^[52]、空间数据挖掘与知识发现^[53-54]、地理知识数据化与形式化^[55]等问题,使得空间知识进一步数字化、概念化。

另一部分学者关注空间知识“如何产生”“如何影响行为”的研究。主要包括在微观尺度空间知识如何形成认知地图、认知地图如何影响选择和行为背后的决策过程。包括在旅行行为^[56]、住房选择^[57]、犯罪地点的选择^[58]等方面的应用。计算机科学与地理学在寻路决策过程的研究相融合,并发展出寻路的人工智能模型。一方面构建静态空间任务环境,另一方面模拟个体完成任务的认知结构与认知过程^[11]。也有相关学者结合心理学、地理学、商业经济学的相关理论,认为认知地图作用于对世界和地方的态度和观点,从而影响对于国家或者城市的到访行为、消费行为等^[59]。除了研究个体的认知地图如何影响空间行为之外,地理学还与商业经济学与管理科学领域结合,用于分析部门的空间决策行为^[18-19],此时的认知地图突破地图类认知地图的地理空间限制,更偏向图谱类认知地图的定义。

3 多学科融合支持下认知地图的地理学发展方向

从已有文献来看,地理学中关于认知地图的研究内容主要集中于认知空间与城市意象、空间扭曲与空间偏好、空间知识与决策行为。相比于其他学

科从20世纪90年代至今的飞速发展,地理学与城乡规划学科发展相对缓慢,如何进一步借鉴跨学科认知地图研究助力地理学的发展值得思考。自90年代以来,地理学的重大变化之一是计算机辅助制图与数字地图的发展。它不仅为呈现人类认知地图的外在表征提供多维、动态与交互的可视化视角,而且在理解地理空间信息方面为人类的空间认知提供更为全面、生动与多功能的科学工具^[60]。结合当前认知地图跨学科融合以及行为地理学的发展趋势,本文结合计算机辅助制图与数字地图的空间认知工具,提出认知地图研究在地理学的3个发展方向,包括:①大数据时代与“计算机科学与工程学”中的机器学习、大数据追溯技术结合重定义认知空间与城市意象的数字转向;②以特定群体或事件的空间偏好为切入点,应用于旅游、日常环境的评估、灾害地图等领域以及“商业经济学与管理科学”等学科的情感转向;③与“心理学与神经科学”结合,通过脑成像、眼动追踪技术理解“第一人称”视角的空间认知过程、实时情感,并应用于人工智能、虚拟现实仿真等领域的神经转向。

3.1 大数据时代重新定义认知空间与城市意象的数字转向

手绘地图法是认知地图最经典的研究方法。该方法虽然给予受访者较大的反映认知空间的自由度,但较难进行有关元素的相互关系、形态、序列和整体性的研究。同时手绘地图法受到受访者能力与教育水平、图纸大小、冗杂的绘图统计等因素的影响较大^[22]。面对传统认知地图外在表征方法的局限性,大数据时代以计算机为核心的信息和通信技术(information and communication technology, ICT)飞速发展带来的不仅是工具和技术的改进,也影响着地理学与“计算机科学与工程学”的融合,探索虚实空间交互背景中城市意象的认知要素与结构的数字转向。

在大数据时代中随着ICT的普及,人们除了通过一手经验获取空间知识之外,还能通过移动智能终端获取大量的经验,这深刻改变着居民的空间认知要素。例如,电子导航的普及可能让居民的认知地图中道路要素的重要性降低。同时受到抖音等社交媒体宣传,部分地物因其被宣传的意蕴而成为标志性要素。ICT不仅充当着居民的信息“收集器”,也让居民扮演着“传感器”的角色。每个人都可以移动互联设备扮演“传感器”的角色贡献

地理空间信息,这些信息包含行为数据、认知数据、个体社会经济属性等。Liu等^[61]提出社会感知的概念,用此概括个人层级得到的广大地理空间数据并提出相关的分析方法。Liu等^[62]基于移动行为留下的带有地理坐标的图像,通过大数据轨迹追溯技术重新定义Lynch的城市意象要素:线条、集群、密集区域和稀疏区域。Zhang等^[63-64]基于复杂网络方法提取互联网网页内容,提出在多元全球化背景下理解全球城市等级和全球地理空间认知的网络视角。Huang等^[65]比较大数据(社交媒体)与小数据(基于问卷调查表和手绘地图法)得出的城市意象要素,认为在“边缘”和“节点”的界定上二者得出的城市意象有差异。北京大学阴劼团队结合社会网络分析等方法(图2),尝试通过古代图绘史料、方志文本回答中国古代的城市意象要素与结构^[24,33]。大数据时代以计算机为核心的ICT发展大幅提高了认知地图外在表征形式的多样化与立体感,替代了采集时间长、样本量有限的传统认知地图外在表征工作,将带有地理坐标的行为数据与相应的基于个体主观拍摄得到的照片相结合,使得认知地图能够实时化、动态化、规模化展现。一方面,城市环境的空间认知要素在大数据时代中被重新定义,并以更量的方式重新表达。大数据时代带来的工具和技术改进有效弥补了传统手绘地图方法难以表达认知要素联系与结构的不足。另一方面,认知地图的数字转向赋予规划决策者更全面、灵活、动态地了解城市意象,为自下而上的城市规划与治理提供更多信息。但伴随着城市意象的数字转向仍面临着信息可信度的质疑,如在社交媒体上夸张的签到行为数据与个体拍摄的图片可能受到商业动机的影

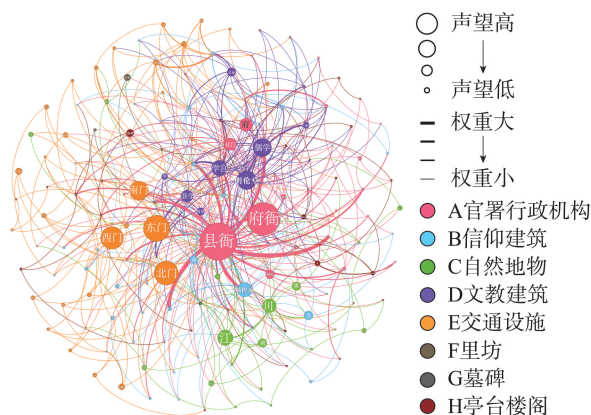


图2 基于浙江省清代方志的认知结构地图^[33]

Fig.2 Cognitive structural map based on local chronicles of the Qing Dynasty in Zhejiang Province

响^[66];带有地理坐标的行为数据与相应的基于个体主观拍摄得到的照片往往过多由年轻人产生,而老年人和低收入群体比重可能偏低^[67];使用机器自动拍摄的街景照片被直接等同于居民的认知等问题。

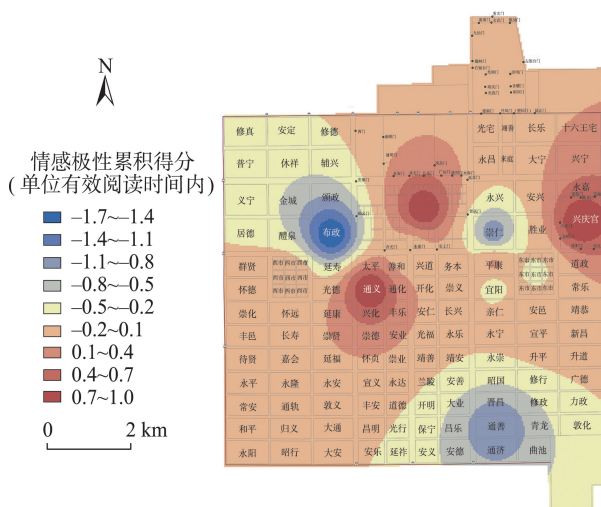
3.2 以特定群体或事件的空间偏好为切入点的情感转向

情感与满意度在解释认知与行为方面具有重要作用,它影响着人们的空间决策与行为^[68],也影响居民的健康与对空间的评价。随着近年来多学科交叉视角对于情感的重视度不断提高以及文化理论研究的“空间转向”,情感的空间性问题也在多学科中得到重视^[69]。在地理学领域,随着定性GIS把复杂的情感和时空交互结合研究的深化,探索图像、文本、定性访谈在地理空间技术介入下的认知地图构建形式,一方面帮助揭示更多社会特定群体的空间偏好,另一方面被应用于日常环境的评估、特定事件的预防与紧急救援。

在表达个体或群体的情感意象方面,商业经济学与管理科学的部分学者借鉴基于认知的城市意象概念,用以分析基于认知、情感、意动相结合的旅游目的地意象,尝试回答与游客忠诚度、旅游行为相关的话题^[70-71]。在空间人文的发展方面,认知地图与文字计算方法结合,在进一步再现空间描述的体验性、社会与权力的解释性的同时纳入更多叙事文本(图3),实现宏观层面上的城市多元时空叙事^[72-73]。部分学者还将认知地图应用于研究不同性别^[74]、儿童^[75]、学生^[76]、同性恋^[77]、穆斯林女性^[44]等群体在特定空间的认知与情感经历;在日常环境的评估、特定事件的预防与紧急救援方面,麻省理工学院麻省理工学院媒体实验室“城市脉搏”项目使用志愿者“街景得分”结合机器学习方法,对数千张行为活动留下的带有地理坐标的图像进行打分,以此测量美国城市在不同地理位置的安全感、等级感和独特性^[78]。北京大学柴彦威团队提出参与式灾害地图与风险感知地图在信息收集、地图制作、提高居民的防灾意识与共享意识等方面的优势,提倡将其应用于新冠肺炎疫情精准防控以及兼顾日常与非日常情境中的安全生活圈构建^[79-80]。部分学者将Facebook、Twitter等社交媒体的灾害地图应用于居民对灾害的感知、响应与恢复阶段研究^[81-83]。

3.3 以“第一人称”视角解译空间知识与决策行为的神经转向

部分学者认为过度解读建构符号和文化掩盖



注:唐长安平面GIS数据底图由陕西师范大学提供。

图3 在空间叙事文本中不同坊里单位的情感地图^[73]

Fig.3 Emotional maps of different square units in spatial narrative texts

了人的本能反应和生物性,他们结合心理学与神经科学的研究前沿与技术,转向强调人的本能不仅是客观,也与精神相关,例如与幸福感、个人的能力关联。“神经转向”便是在“人类是非理性的”的后现代语境下提出的,以人的神经系统为主体,致力于理解其结构和功能如何工作以及如何影响行为实践和获得心智的能力,强调人的身体、情感、“非理性”的主体性地位^[84]。

一方面,使用神经科学中大脑成像、眼动追踪技术等客观、科学的方法,有助于进一步理解“第一人称”视角的世界。例如让受访者走在城市街道上,使用移动脑电图形成面向环境的心理地理,从而评估社区设计的效果^[85]。通过追踪被试的眼球运动,发现本土节庆的参与者与外界“他者”对空间的凝视存在显著的瞳孔放缩反应差异,地方的情感因素在人观看的过程中发挥着作用^[84]。也有研究通过眼动追踪技术分析地图中的颜色、形状、大小等对于认知的影响,从而辅助地图制图学的发展^[86-87]。通过借鉴心理学和神经科学上的移动脑电图、眼动仪等工具,将人的生理反应与实体空间和对地方的情感进行联系,从而获取研究者的即时感受,可有效克服研究者主观因素的干扰。与心理学、神经科学结合的认知地图神经转向研究也将进一步促进城市设计评估、健康、空间医学、公共卫生等领域的发展。另一方面,认知地图的神经转向与计算机科学结合。随着地图认知理论的不断深化,认知地图的

发展与人脑空间认知过程仿真联系紧密,并被应用于人类行为建模^[88]、无人驾驶^[89]、智能机器人、虚拟环境仿真、作战环境学等领域^[90]。

4 结论与展望

认知地图具有多学科“基因”,其跨学科的研究在不断深化,了解相关学科对认知地图的研究进展有利于进一步梳理认知地图在不同领域的内涵与外延,及其推动行为地理学发展的意义。本文基于Web of Science核心数据库搜集认知地图的近70多年相关文献,并应用CiteSpace软件进行分析。研究发现,认知地图的定义可分为地图类与图谱类2种类型,主要集中在4大领域:计算机科学与工程学、心理学与神经科学、商业经济学与管理科学、地理学与城乡规划学。20世纪90年代以后,随着相关数据丰富以及分析技术的发展,认知地图研究发展迅速,其中计算机科学与工程学、心理学与神经科学发展速度最快,地理学与城乡规划学发展速度相对较为平缓。在不同的领域认知地图的研究侧重点不同:计算机科学与工程学侧重计算机模拟人脑的认知方式;心理学与神经科学侧重认知制图过程中大脑的变化机理以及影响因素;商业经济学与管理科学侧重通过认知过程将隐性知识显性化;地理学与城乡规划学侧重通过认知地图的外在空间表征分析认知过程中人与环境的互动关系。

认知地图在地理学中的应用是人本主义与行为主义思潮中地理学的重要研究方向。其在强调对个体主观性思考的同时,也采用定量研究方法探索人是如何理解空间以及空间如何影响人的认知和行为。与地理学有关的地图类认知地图研究主要集中在认知空间与城市意象、空间扭曲与空间偏好、空间知识与决策行为3个方面。目前地理学领域显现认知地图跨学科融合的新趋势:大数据时代重新定义认知空间与城市意象的数字转向、以特定群体或事件的空间偏好为切入点的情感转向、以“第一人称”视角解译空间知识与决策行为的神经转向。

结合认知地图在不同领域的研究进展,本文为未来与地理学有关的认知地图研究热点集中但不限于以下方面的跨学科融合发展:第一,将认知地图研究与“计算机科学与工程学”等领域更深入结合,探索大数据时代ICT的发展带来的居民认知

与行为的转变,并应用于自下而上的城市规划与治理;第二,立足实验设计与大数据研究方法,结合多尺度、跨尺度行为空间,探索不同人群的认知地图形成、演变规律、空间扭曲与空间偏好,应用于日常与非日常情境中的环境评估、预测、响应与恢复;第三,更深入地引入心理学与神经科学基于认知制图过程的方法,探索人对于城市空间结构认知的形成、发展、动态变化以及对行为的决策机制,并应用于人工智能、仿真系统等领域。

参考文献(References)

- [1] Tolman E C. Cognitive maps in rats and men [J]. *Psychological Review*, 1948, 55(4): 189-208.
- [2] Kirk W. Historical geography and the concept of the behavioural environment [J]. *Indian Geographical Journal*, 1951, 25: 152-160.
- [3] Boulding K E. The image: Knowledge in life and society [M]. Ann Arbor, USA: University of Michigan Press, 1956.
- [4] Simon H A. A behavioral model of rational choice [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1955, 69(1): 99-118.
- [5] Lynch K A. The image of the city [M]. Cambridge, USA: MIT Press, 1960.
- [6] Lloyd R. Learning spatial prototypes [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1994, 84(3): 418-440.
- [7] 柴彦威, 塔娜. 中国行为地理学研究近期进展 [J]. *干旱区地理*, 2011, 34(1): 1-11. [Chai Yanwei, Ta Na. Recent progress of behavioral geographic research in China. *Arid Land Geography*, 2011, 34(1): 1-11.]
- [8] 王茂军, 柴彦威, 高宜程. 认知地图空间分析的地理学研究进展 [J]. *人文地理*, 2007, 22(5): 10-18. [Wang Maojun, Chai Yanwei, Gao Yicheng. The progress of geographical study on the spatial analysis of cognitive map. *Human Geography*, 2007, 22(5): 10-18.]
- [9] 陶伟, 任建造. 国内人文地理学的空间认知研究进展 [J]. *华南师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 52(5): 1-10. [Tao Wei, Ren Jianzao. Progress in domestic research on spatial cognition in human geography. *Journal of South China Normal University (Natural Science Edition)*, 2020, 52(5): 1-10.]
- [10] Chen C M. Science mapping: A systematic review of the literature [J]. *Journal of Data and Information Science*, 2017, 2(2): 1-40.
- [11] 雷金纳德·戈列奇, 罗伯特·斯廷林. 空间行为的地理学 [M]. 柴彦威, 曹小曙, 龙韬, 等译. 北京: 商务印书馆, 2013. [Golledge R G, Stimson R J. *Spatial behavior: A*

- geographic perspective. Translated by Chai Yanwei, Cao Xiaoshu, Long Tao, et al. Beijing, China: The Commercial Press, 2013.]
- [12] Schmidt B, Redish A D. Navigation with a cognitive map [J]. *Nature*, 2013, 497: 42-43.
- [13] Golledge R G. Time and space in route preference [R]. California, USA: University of California Transportation Center, 1993.
- [14] Axelrod R. Structure of decision: The cognitive maps of political elites [M]. Princeton, USA: Princeton University Press, 2015.
- [15] Spicer D P. Linking mental models and cognitive maps as an aid to organizational learning [J]. *Career Development International*, 1998, 3(3): 125-132.
- [16] Lenz R T, Engledow J L. Environmental analysis units and strategic decision-making: A field study of selected 'leading - edge' corporations [J]. *Strategic Management Journal*, 1986, 7(1): 69-89.
- [17] Jetter A J, Kok K. Fuzzy cognitive maps for futures studies: A methodological assessment of concepts and methods [J]. *Futures*, 2014, 61: 45-57.
- [18] Musolino D, Mariotti I. Mental maps of entrepreneurs and location factors: An empirical investigation on Italy [J]. *The Annals of Regional Science*, 2020, 64(3): 501-521.
- [19] Musolino D, Meester W, Pellenbarg P. The mental maps of Italian, German and Dutch entrepreneurs: A comparative perspective [J]. *The Annals of Regional Science*, 2020, 64(3): 595-613.
- [20] Wäckerlin N, Hoppe T, Warnier M, et al. Comparing city image and brand identity in polycentric regions using network analysis [J]. *Place Branding and Public Diplomacy*, 2020, 16(1): 80-96.
- [21] Golledge R G. Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes [M]. Baltimore, USA: Johns Hopkins University Press, 1999.
- [22] Silva K D. Mapping meaning in the city image: Towards managing the imageability of urban cultural landscapes [M]. Milwaukee, USA: The University of Wisconsin-Milwaukee, 2004.
- [23] 余定国. 中国地图学史 [M]. 姜道章, 译. 北京: 北京大学出版社, 2006. [Yu Dingguo. The history of Chinese cartography. Translated by Jiang Daozhang. Beijing, China: Peking University Press, 2006.]
- [24] 阴劼, 徐杏华, 李晨晨. 方志城池图中的中国古代城市意象研究: 以清代浙江省地方志为例 [J]. *城市规划*, 2016, 40(2): 69-77, 93. [Yin Jie, Xu Xinghua, Li Chenchen. City image of ancient Chinese cities shown in the city maps of local chronicles: A case study on chronicles of Zhejiang Province in the Qing Dynasty. *City Planning Review*, 2016, 40(2): 69-77, 93.]
- [25] 曹越皓, 杨培峰, 龙瀛. 基于深度学习的城市意象认知方法创新与拓展: 以重庆主城区为例 [J]. *中国园林*, 2019, 35(12): 90-95. [Cao Yuehao, Yang Peifeng, Long Ying. The innovation of city image cognitive method based on deep learning: A case study of Chongqing main district. *Chinese Landscape Architecture*, 2019, 35(12): 90-95.]
- [26] 张晓虹. 旧秩序衰解前的内陆重镇: 晚清西安城市意象解读 [J]. *陕西师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2010, 39(4): 129-137. [Zhang Xiaohong. An inland key city in prior of the decline of the old system: An interpretation of the metropolitan image of Xi'an in the late Qing Dynasty. *Journal of Shaanxi Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 2010, 39(4): 129-137.]
- [27] Appleyard D. Styles and methods of structuring a city [J]. *Environment and Behavior*, 1970, 2(1): 100-117.
- [28] Couclelis H, Golledge R G, Gale N, et al. Exploring the anchor-point hypothesis of spatial cognition [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 1987, 7(2): 99-122.
- [29] Klippel A, Hardisty F, Li R. Interpreting spatial patterns: An inquiry into formal and cognitive aspects of Tobler's first law of geography [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2011, 101(5): 1011-1031.
- [30] Golledge R G. Learning about urban environment [M]// Carlstein T, Parkes D, Thrift N J. *Timing space and spacing time Vol. 1: Making sense of time*. London, UK: Edward Arnold, 1979.
- [31] Westerveld L, Knowles A K. Loosening the grid: Topology as the basis for a more inclusive GIS [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2021, 35 (10): 2108-2127.
- [32] 王林忠. 《梦粱录》中的南宋临安城市认知 [D]. 杭州: 浙江大学, 2006. [Wang Linzhong. City cognition of Hangzhou during South Song Dynasty. Hangzhou, China: Zhejiang University, 2006.]
- [33] 陈莹莹. 古代方志文本的认知地图构建方法研究: 以浙江省清代方志为例 [D]. 北京: 北京大学, 2021. [Chen Yingying. Generate cognitive maps with local chronicles text: Case study of Zhejiang Qing Dynasty local chronicles. Beijing, China: Peking University, 2021.]
- [34] Tobler W R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region [J]. *Economic Geography*, 1970, 46 (S1): 234-240.
- [35] Stevens A, Coupe P. Distortions in judged spatial relations [J]. *Cognitive Psychology*, 1978, 10(4): 422-437.

- [36] Tversky B. Distortions in memory for maps [J]. *Cognitive Psychology*, 1981, 13(3): 407-433.
- [37] Friedman A, Brown N R. Reasoning about geography [J]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2000, 129(2): 193-219.
- [38] Gould P. *Becoming a geographer: Space, Place, and Society* [M]. Syracuse, USA: Syracuse University Press, 1999.
- [39] Cresswell T. The crucial 'where' of graffiti: A geographical analysis of reactions to graffiti in New York [J]. *Environment and Planning D: Society and Space*, 1992, 10(3): 329-344.
- [40] Montello D R, Goodchild M F, Gottsegen J, et al. Where's downtown? Behavioral methods for determining referents of vague spatial queries [J]. *Spatial Cognition & Computation*, 2003, 3(2/3): 185-204.
- [41] Zia A, Norton B G, Metcalf S S, et al. Spatial discounting, place attachment, and environmental concern: Toward an ambit-based theory of sense of place [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2014, 40: 283-295.
- [42] Spencer C, Dixon J. Mapping the development of feelings about the city: A longitudinal study of new residents' affective maps [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 1983, 8(3): 373-383.
- [43] Garbarino J. *Children and the dark side of human experience: Confronting global realities and rethinking child development* [M]. New York, USA: Springer, 2008.
- [44] Kwan M-P. From oral histories to visual narratives: Representing the post- September 11 experiences of the Muslim women in the USA [J]. *Social & Cultural Geography*, 2008, 9(6): 653-669.
- [45] Gold J R. Behavioral geography [M]// Kobayashi A. *International encyclopedia of human geography*. Amsterdam, Netherland: Elsevier, 2020: 283-292.
- [46] Montello D R. *Handbook of behavioral and cognitive geography* [M]. Northampton, USA: Edward Elgar Publishing, 2018.
- [47] Golledge R G. The nature of geographic knowledge [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2002, 92(1): 1-14.
- [48] Montello D R, Golledge R G. Scale and detail in the cognition of geographic information [R]. An NCGIA- Varenius Meeting. Santa Barbara, USA, 1998.
- [49] Monmonier M. *How to lie with maps* [M]. 3rd Edition. Chicago, USA: University of Chicago Press, 2018.
- [50] Longley P A, Goodchild M F, Maguire D J, et al. *Geographical information systems: Principles and technical issues* [M]. New York, USA: John Wiley&Sons Ltd., 1999.
- [51] Morrill R L. The distribution of migration distances [J]. *Papers of the Regional Science Association*, 1963, 11: 73-84.
- [52] 刘瑜, 张毅, 田原, 等. 广义地名及其本体研究 [J]. *地理与地理信息科学*, 2007, 23(6): 1-7. [Liu Yu, Zhang Yi, Tian Yuan, et al. On general place names and the associated ontology. *Geography and Geo-Information Science*, 2007, 23(6): 1-7.]
- [53] Koperski K, Han J W. Discovery of spatial association rules in geographic information databases [C]// Egenhofer M J, Herring J R. *Advances in spatial databases: Proceedings of the 4th international symposium*. Berlin, Germany: Springer, 1995: 47-66.
- [54] 李德仁, 王树良, 李德毅. *空间数据挖掘理论与应用* [M]. 北京: 科学出版社, 2006. [Li Deren, Wang Shuliang, Li Deyi. *Theory and application of spatial data mining*. Beijing, China: Science Press, 2006.]
- [55] 马蔼乃. 地理知识的形式化 [J]. *测绘科学*, 2001, 26(4): 8-12, 2. [Ma Ainai. Formalization of geographical knowledge. *Science of Surveying and Mapping*, 2001, 26(4): 8-12, 2.]
- [56] Weston L, Handy S. Mental maps [M]// Hensher D A, Button K J, Haynes K E, et al. *Handbook of transport geography and spatial systems*. Bingley, UK: Emerald Group Publishing Ltd., 2004: 533-545.
- [57] Kitchin R M, Blades M, Golledge R G. Relations between psychology and geography [J]. *Environment and Behavior*, 1997, 29(4): 554-573.
- [58] Curtis A, Curtis J W, Ajayakumar J, et al. Same space-different perspectives: Comparative analysis of geographic context through sketch maps and spatial video geonarratives [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2019, 33(6): 1224-1250.
- [59] Phillips W J, Asperin A, Wolfe K. Investigating the effect of country image and subjective knowledge on attitudes and behaviors: US Upper Midwesterners' intentions to consume Korean food and visit Korea [J]. *International Journal of Hospitality Management*, 2013, 32: 49-58.
- [60] 高俊. 数字化时代地图学的诠释 [J]. *地图*, 2003(3): 5. [Gao Jun. An interpretation of cartography in the digital age. *Map*, 2003(3): 5.]
- [61] Liu Y, Liu X, Gao S, et al. Social sensing: A new approach to understanding our socioeconomic environments [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2015, 105(3): 512-530.
- [62] Liu L, Zhou B L, Zhao J H, et al. C-IMAGE: City cognitive mapping through geo-tagged photos [J]. *GeoJournal*, 2016, 81(6): 817-861.

- [63] Zhang W J, Thill J-C. Mesoscale structures in world city networks [J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2019, 109(3): 887-908.
- [64] Zhang W J, Zhu J C, Zhao P. Comparing world city networks by language: A complex-network approach [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2021, 10(4): 219. doi: 10.3390/ijgi10040219.
- [65] Huang J X, Obracht-Prondzynska H, Kamrowska-Zaluska D, et al. The image of the city on social media: A comparative study using "Big Data" and "Small Data" methods in the Tri-City Region in Poland [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2021, 206: 103977. doi: 10.1016/j.landurbplan.2020.103977.
- [66] Rost M, Barkhuus L, Cramer H, et al. Representation and communication: Challenges in interpreting large social media datasets [C]// Association for Computing Machinery. CSCW '13: Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work. New York, USA, 2013: 357-362.
- [67] 谢永俊, 彭霞, 黄舟, 等. 基于微博数据的北京市热点区域意象感知 [J]. *地理科学进展*, 2017, 36(9): 1099-1110. [Xie Yongjun, Peng Xia, Huang Zhou, et al. Image perception of Beijing's regional hotspots based on microblog data. *Progress in Geography*, 2017, 36(9): 1099-1110.]
- [68] 何诗, 柴彦威, 郭文伯, 等. 基于整日尺度的城市女性休闲满意度及其影响因素: 以西宁市为例 [J]. *经济地理*, 2019, 39(2): 224-231. [He Shi, Chai Yanwei, Guo Wenbo, et al. City women leisure satisfaction and its influencing factors on a daily scale: A case study of Xining City. *Economic Geography*, 2019, 39(2): 224-231.]
- [69] 朱竑, 尹铎. 自然的社会建构: 西方人文地理学对自然的再认识 [J]. *地理科学*, 2017, 37(11): 1609-1616. [Zhu Hong, Yin Duo. Social construction of nature: The re-think of western human geography on nature. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(11): 1609-1616.]
- [70] Styliadis D, Woosnam K M, Tasci A D A. The effect of resident-tourist interaction quality on destination image and loyalty [J]. *Journal of Sustainable Tourism*, 2021. doi: 10.1080/09669582.2021.1918133.
- [71] Otoo F E, Kim S S, Styliadis D. Diaspora tourists' emotional experience [J]. *International Journal of Tourism Research*, 2021, 23(6): 1042-1058.
- [72] 何捷, 袁梦. 数字化时代背景下空间人文方法在景观史研究中的应用 [J]. *风景园林*, 2017(11): 16-22. [He Jie, Yuan Meng. Spatial humanities in landscape history studies in the digital era. *Landscape Architecture*, 2017(11): 16-22.]
- [73] 马昭仪, 何捷, 刘帅帅. 中国古典叙事文学的时空叙事数字模型研究: 以《李娃传》为例 [J]. *地球信息科学学报*, 2020, 22(5): 967-977. [Ma Zhaoyi, He Jie, Liu Shuai-shuai. Digital model of spatio-temporal narratives of Chinese classical narrative literature: A case study on the tale of Li Wa. *Journal of Geo-information Science*, 2020, 22(5): 967-977.]
- [74] Bee B. Who reaps what is sown? A feminist inquiry into climate change adaptation in two Mexican Ejidos [J]. *ACME: An International E-Journal for Critical Geographies*, 2013, 12(1): 131-154.
- [75] Wridt P. A qualitative GIS approach to mapping urban neighborhoods with children to promote physical activity and child-friendly community planning [J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2010, 37(1): 129-147.
- [76] 何诗, 庄科敏. 从手绘地图看初中生的地图素养 [J]. *地理教学*, 2015(14): 17-19. [He Shi, Zhuang Kemin. Examining junior middle school students' map literacy from the perspective of cognitive map. *Geography Teaching*, 2015(14): 17-19.]
- [77] Cieri M. Between being and looking queer tourism promotion and lesbian social space in Greater Philadelphia [J]. *ACME: An International Journal for Critical Geographies*, 2003, 2(2): 147-166.
- [78] Salesses P, Schechtner K, Hidalgo C A. The collaborative image of the city: Mapping the inequality of urban perception [J]. *PLoS One*, 2013, 8(7): e68400. doi: 10.1371/journal.pone.0068400.
- [79] 柴彦威, 许伟麟, 张文佳, 等. 新冠肺炎疫情精准防控的时空行为地理学研究框架 [J]. *地理科学*, 2020, 40(10): 1585-1592. [Chai Yanwei, Xu Weilin, Zhang Wen-jia, et al. A research framework of precise epidemic prevention and control from the perspective of space-time behavioral geography. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(10): 1585-1592.]
- [80] 李彦熙, 柴彦威, 塔娜. 从防灾生活圈到安全生活圈: 日本经验与中国思考 [J/OL]. *国际城市规划*, 2021-03-12 [2021-08-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5583.TU.20210312.1448.005.html>. [Li Yanxi, Chai Yanwei, Ta Na. From disaster precaution life circle to safety life circle: Experience and Inspiration from Japan. *Urban Planning International*, 2021-03-12 [2021-08-20].]
- [81] Middleton S E, Middleton L, Modafferi S. Real-time crisis mapping of natural disasters using social media [J]. *IEEE Intelligent Systems*, 2014, 29(2): 9-17.
- [82] Jamali M, Nejat A, Ghosh S, et al. Social media data and post-disaster recovery [J]. *International Journal of Infor-*

- mation Management, 2019, 44: 25-37.
- [83] Sarma D, Das A, Bera U K. Uncertain demand estimation with optimization of time and cost using Facebook disaster map in emergency relief operation [J]. Applied Soft Computing, 2020, 87: 105992. doi: 10.1016/j.asoc.2019.105992.
- [84] 王敏, 林铭亮, 朱竑. 人文地理学的“神经转向”研究进展及启示 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(7): 1182-1195. [Wang Min, Lin Mingliang, Zhu Hong. Research progress and implication of the "neural turn" in human geography. Progress in Geography, 2020, 39(7): 1182-1195.]
- [85] Aspinall P, Mavros P, Coyne R, et al. The urban brain: Analysing outdoor physical activity with mobile EEG [J]. British Journal of Sports Medicine, 2015, 49(4): 272-276.
- [86] Franke C, Schweikart J. Mental representation of landmarks on maps: Investigating cartographic visualization methods with eye tracking technology [J]. Spatial Cognition & Computation, 2017, 17(1/2): 20-38.
- [87] Göbel F, Kiefer P, Raubal M. FeaturEyeTrack: Automatic matching of eye tracking data with map features on interactive maps [J]. GeoInformatica, 2019, 23(4): 663-687.
- [88] Torrens P M. Moving agent pedestrians through space and time [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2012, 102(1): 35-66.
- [89] 郑南宁. 直觉性AI与无人驾驶 [C]// 第一届中国认知计算与混合智能学术大会. 北京: 国家自然科学基金委员会信息科学部, 2018. [Zheng Nanning. Intuitive AI and unmanned driving. The first Chinese Academic Conference on cognitive computing and hybrid intelligence. Beijing, China: Information Science Department of the National Natural Science Foundation of China, 2018.]
- [90] 罗布·基钦, 马克·布莱兹. 地理空间认知 [M]. 万刚, 曲云英, 陈晓慧, 等译. 北京: 测绘出版社, 2018: 2-122. [Kichin R, Blades M. Geospatial cognition. Translated by Wan Gang, Qu Yunying, Chen Xiaohui, et al. Beijing, China: Surveying and Mapping Press, 2018: 2-122.]

Cognitive map research in the field of geography: A review and prospect

HE Shi^{1,2,3}, YIN Jie^{1,2,3*}

(1. School of Urban Planning and Design, Peking University, Shenzhen 518055, Guangdong, China; 2. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 3. Key Laboratory of Earth Surface System and Human-Earth Relations of Ministry of Natural Resources of China, School of Urban Planning and Design, Peking University Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, Guangdong, China)

Abstract: Cognitive map, as the internal representation of abstracting and ordering the complex system of human-environment relationship, is the theoretical basis of individual spatial behavior decision making, spatial cognition, and spatial planning. It is also one of the important research fields of behavioral geography. This article systematically reviewed the research progress of cognitive map in geography and urban planning, psychology and neuroscience, computer science and engineering, and business economics and management science. It also summarized the definition, research hotspots, and historical development of the cognitive map. Through CiteSpace clustering analysis and reviewing classical literature, it is found that cognitive map research plays an important role in the disciplinary development of behavioral geography, especially in cognitive space and city image, spatial distortion and preference, spatial knowledge, and decision-making behavior. Recently, the interdisciplinary research of cognitive maps related to behavioral geography has three turns: digital turn, emotional turn, and neural turn. Finally, this article identified the role and application prospect of the geography of cognitive map spatial analysis in the development of interdisciplinary integration.

Keywords: cognitive map; bibliometric analysis; interdisciplinary perspective; digital turn; emotional turn; neural turn