引用格式：秦昆,林珲,胡迪,等.空间综合人文学与社会科学研究综述[J].地球信息科学学报,2020,22(5):912-928. [Qin K, Lin H, Hu D, et al. A review of spatially integrated humanities and social sciences[J]. Journal of Geo-information Science, 2020,22(5):912-928.] **DOI:** 10.12082/dqxxkx.2020.200232

空间综合人文学与社会科学研究综述

秦　昆[1],林　珲[2*],胡　迪[3],许　刚[1*],张晓祥[4],卢宾宾[1],叶信岳[5]

1. 武汉大学遥感信息工程学院,武汉 430079; 2. 江西师范大学地理与环境学院,南昌 330022; 3. 南京师范大学地理科学学院,南京 210023; 4. 河海大学水文水资源学院,南京 210098; 5. 美国新泽西理工大学计算机学院,纽瓦克 07102,美国

A Review of Spatially Integrated Humanities and Social Sciences

QIN Kun[1], LIN Hui[2*], HU Di[3], XU Gang[1*], ZHANG Xiaoxiang[4], LU Binbin[1], YE Xinyue[5]

1. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University,Wuhan 430079, China; 2. School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 3. School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 4. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 5. Department of Information Systems, New Jersey Institute of Technology, Newark 07102, USA

Abstract: Humanities and social sciences are undergoing the transformation of quantification and spatialization. The Geographical Information Science (GIS), with powerful functions of spatial data management, spatial analysis and geo-visualization, has been widely used in humanities and social sciences in the era of big data, resulting in an emerging inter-disciplinary field that is Spatial Integrated Humanities and Social Sciences (SIHSS). SIHSS can provide new comprehensive solutions to practical problems that are difficult to solve in a single discipline. Since the first forum on spatially integrated humanities and social sciences was held at the Chinese University of Hong Kong in 2009, this new inter-discipline has developed vigorously and achieved significant progress. We comprehensively summarized the progress of this new field on the tenth forum, held at Wuhan University in 2019. GIS has been fully integrated with humanities and social sciences, including philosophy, history, literature, art, sociology, economics, politics, and management science. On the one hand, scholars and experts in the field of GIS are actively expanding their research fields to provide spatial and visualization technologies for scholars in fields of humanities and social sciences. On the other hand, scholars in fields of humanities and social sciences are actively learning GIS technologies and bringing spatial thinking into their research. Meanwhile, some open platforms, codes, and tools customized for scholars in fields of humanities and social sciences are constantly emerging. In this paper, based on a comprehensive summary of the recent progress of SIHSS, we first investigated the thought and framework of the research on SIHSS, and then introduced the progress in each detailed direction of SIHSS, including history integrated GIS, literature

收稿日期：2020-05-11；**修回日期**：2020-05-20.

基金项目：国家重点研发计划项目(2017YFB0503604)；国家自然科学基金项目(41471326)。[**Foundation items:** National Key Research and Development Program of China, No.2017YFB0503604; National Natural Science Foundation of China, No.41471326.]

作者简介：秦　昆(1972—)，男，湖北随州人，博士，教授，主要研究方向为时空大数据分析、空间综合人文学与社会科学。E-mail: qink@whu.edu.cn

***通讯作者**：林　珲(1954—)，男，江西南昌人，博士，教授，欧亚科学院院士，研究方向为虚拟地理环境、空间综合人文学与社会科学。E-mail: huilin@cuhk.edu.cn。许　刚(1992—)，男，安徽舒城人，博士，博士后，研究方向为城市土地扩张和复杂城市系统、空间综合人文学与社会科学。E-mail: xugang@whu.edu.cn

integrated GIS, linguistics integrated GIS, GIS and philosophy, human dynamics, human geography, politics GIS and, GIS and management science, spatial econometrics, geo- computation for social science, spatial social networks and spatial interaction networks, geography of crime, geography of public health, etc. We also summarized methodologies for the research on SIHSS, including spatial thinking, cognitive psychology and spatial cognition, spatial visualization and virtual geographic analysis, and GIS platform development, etc. Finally, we proposed research directions of SIHSS in the future, including further improving the research framework and developing new methods of SIHSS, combining perspectives of map, data, spatial analysis and visualization, developing online platforms and promoting open data and open source tools, further expanding the application of GIS in humanities and social sciences, and strengthening education and training on SIHSS. We conclude that GIS is about to play an increasingly important role in humanities and social sciences and SHISS will also achieve greater advancement and achievement.

Key words: Spatially Integrated Humanities and Social Sciences (SIHSS); spatially integrated humanities; spatially integrated social sciences; spatial thinking; spatial visualization; spatial cognition; spatiotemporal analysis; geo-computation for social science

***Corresponding author:** LIN Hui, E-mail: huilin@cuhk.edu.cn; XU Gang, E-mail: xugang@whu.edu.cn

摘要:地理信息科学与哲学、历史、文学、艺术、社会学、经济学、政治学、管理学等人文学与社会科学进行了全面的深度融合。一方面,地理信息科学领域的学者积极拓展研究领域,为人文学与社会科学领域的学者提供空间化、可视化的技术手段;另一方面,人文学与社会科学领域的学者积极学习和掌握地理信息技术,在研究中积极引入空间思维和空间可视化方法。同时,一些适用于人文学与社会科学研究者的开放平台、代码和工具不断涌现。本文在对空间综合人文学与社会科学的最新进展进行全面总结的基础上,探讨了空间人文学与社会科学研究的思路和框架,并分别对该框架各分支的研究进展进行了梳理和评述,包括:历史GIS,文学GIS,语言学GIS,GIS与哲学、人类动力学、人文地理学等;以及GIS与政治学及国际关系学,GIS与管理学、空间计量经济学、社会地理计算、空间社会网络与空间交互网络、犯罪地理学、健康地理与公共卫生学等。接着,本文对空间综合人文学与社会科学的研究方法进行了分析,包括:空间思维与空间计量、认知心理学与空间认知、空间可视化与虚拟地理分析、平台研发等。最后,对空间综合人文学与社会科学研究的关键问题和未来发展方向进行了展望。

关键词:空间综合人文学与社会科学;空间综合人文学;空间综合社会科学;空间思维;空间可视化;空间认知;时空分析;社会地理计算

1 引言

地理信息科学(Geographical Information Science, GIS)自20世纪60年代提出至今,得到了蓬勃发展,已经在多个学科领域得到了广泛深入的应用。在当前大数据时代,人文学科(Humanities)和社会科学(Social Sciences)的发展更加注重定量化和空间化。地理信息科学以其强大的空间数据管理、空间分析和地图可视化功能有效地支撑了大数据时代的人文学和社会科学研究,有力地推动了空间综合人文学和社会科学(Spatial Integrated Humanity and Social Sciences, SIHSS)这一新兴学科交叉领域的快速发展。空间综合人文学和社会科学可以为单一学科难以解决的实际问题提供新的综合解决方案。地理信息科学在为人文学和社会科学提供空间化、可视化技术手段的同时,也拓展了自身的研究和应用领域,而这些多学科应用又促进了地理信息科学、技术与方法的发展。随着地理信息科学和时空大数据技术的持续发展,可以更精细地研究人文学和社会科学问题,地理信息科学与技术在人文学和社会科学研究中也将发挥越来越重要的作用。

空间综合人文学和社会科学是一个年轻且富有活力的交叉学科领域。1999年,美国地理信息分析中心(The National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA)成立了空间综合社会科学研究中心(Center for Spatially Integrated Social Science, CSISS),旨在推动地理空间分析在社会科学中的应用。2004年,Goodchild等出版了学术专著《Spatially Integrated Social Science》[1]。2006年,林珲等发表了综述论文《空间综合人文学与社会科学研究进展》[2],开启了空间综合人文学与社会科学

研究的新方向。2009年,香港中文大学举办了第一届空间综合人文学与社会科学论坛。2010年,论文集《空间综合人文学与社会科学研究》[3]出版。2019年,武汉大学举办了第十届空间综合人文学与社会科学论坛。自2009年举办首届空间综合人文学与社会科学论坛至今,空间综合人文学与社会科学得到了蓬勃发展。

本文在对空间综合人文学与社会科学的最新进展进行全面总结的基础上,探讨了空间综合人文学与社会科学的研究思路和框架,并分别对该框架的各分支进展进行了梳理和评述;然后对空间综合人文学与社会科学的研究方法进行了分析;最后,本文展望了空间综合人文学与社会科学的未来发展和研究方向。

2 空间综合人文学与社会科学的研究框架

人文学是关于人类内心世界的学问,包括哲学、历史、文学、语言学、新闻学、艺术学等。社会科学是研究人类社会的各种社会现象的学科,包括:经济学、政治学、社会学、法学、管理学等。随着学科的发展和交融,还出现了一些人文学与社会科学融合的交叉学科,如政治地理学、人文地理学等。空间综合人文学是指从地理空间的角度整合、表达多种人文信息,使得来自不同领域的学者可以使用地理空间信息技术分析和探讨人文问题[2-3]。空间综合社会科学是在社会科学领域中,引入空间思维,强调空间概念,探索空间形态与过程。空间概念包括地理位置、区域、距离、尺度等。综合是指从空间、时间的角度组织研究资料,围绕数据库、数据模型和相关技术设计研究方法[2-3]。考虑到学科交叉融合,人文学与社会科学的界限逐渐模糊,有些研究方向属于地理信息科学、人文学、社会科学三者的交叉融合,这些研究方向可称之为空间综合人文社会学。空间综合人文学与社会科学的研究框架如图1所示。

在人文学与社会科学领域引入空间概念和空间思维,利用遥感技术(RS)、地理信息系统技术(GIS)、全球导航定位系统技术(GNSS)、分布式传感器网络技术,以及虚拟现实与可视化技术、空间分析与时空大数据分析技术等为人文学、社会科学提供空间化、可视化的技术手段和平台。通过学科交叉融合,产生了一系列的学科分支或新的研究方向。例如:地理信息科学与经济学交叉融合产生了空间计量经济学,与政治学融合产生了地缘政治学,与社会学结合产生了社会地理计算,与文学结合产生了文学GIS,与语言学结合产生了语言学GIS、语言地理,与历史学结合产生了历史GIS,与艺术学结合产生了艺术GIS等。空间综合人文学和社会科学的初衷是借助并发挥好GIS的技术优势,但关键仍在于把握人文学和社会科学自身研究问题的核心和本质。空间综合人文学与社会科学的研究方法包括:① 空间思维与空间计量方法;② 认知心理学与空间认知;③ 空间可视化与虚拟地理分析;④ 平台研发等。需要根据具体问题选择合适的研究方法。

3 空间综合人文学的研究进展

随着时空大数据、移动互联网技术,以及地理信息科学与技术的发展,数据越来越丰富、技术门

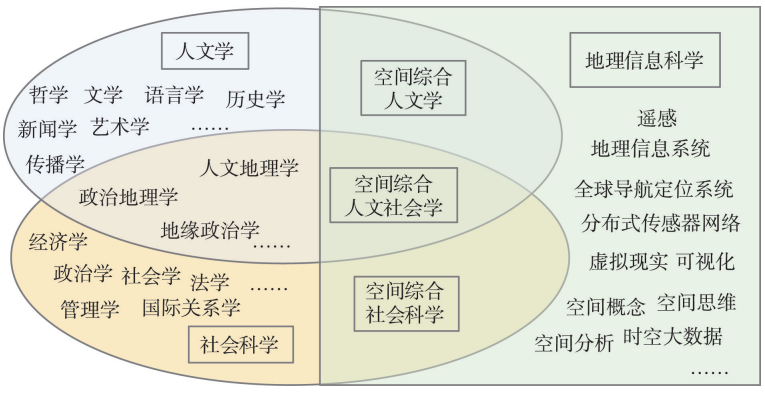

图1 空间综合人文学与社会科学的研究框架

Fig.1 Framework of spatial integrated humanities and social sciences

槛越来越低,越来越多的人文学者开始尝试引入新的技术与方法进行人文学研究。地理信息科学与人文学交叉融合的研究方向近年来取得了长足的进展,同时产生了一些新的研究方向。以下从6个方面介绍空间综合人文学的研究进展。

3.1 历史GIS

GIS的应用主要集中在历史学的专门史学科,在历史地理学中的应用最为广泛和深入,在社会史、谱牒学、方志学和人物研究等方面也有相关研究。梳理历史时期水系、交通、政区、居民地等基础地理要素的演变,结合历史地图、遥感影像与现代地名地址进行对位,建立历史地理时空框架,是历史GIS的研究基础。对于具体的历史问题,通过地理环境、人物、事件的历时分析和共时空间分析以及两者的结合,辅助发现历史演变规律,重现历史场景,是历史GIS研究的核心价值所在。

美国、英国、比利时等国相继建立了国家历史地理信息系统[4]。在我国,历史GIS已取得了丰富的成果,正史、方志、家谱与GIS结合研究正在逐步展开。主要有中华文明之时空基础架构(Chinese Civilization in Time and Space, CCTS)、中国历史地理信息系统(China Historical Geographic Information System, CHGIS)和中国社会科学综合地理信息系统服务平台(CASSGIS)等。时间上主要涉及中国历史时期,空间上以中国为范围,地图数据主要来源于各种历史地图集,技术架构均为WebGIS。CHGIS建立了一套中国历史时期连续变化的基础地理信息库。CCTS和CASSGIS强调汉学、社会科学信息和研究成果的时空整合。通过对正史文本的解析、重构与时空定位,建设了以时间、地点、人物、事件和场景五大要素为基础的正史GIS[5]。通过对《读史方舆纪要》[6]中地名信息进行提取、解析和空间定位,建立了具有地理坐标的历史地名数据库,提出了建立明清民居和祠堂谱系管理信息系统的设想[7],构建了以时间参照数据库和古今地名数据库为基础的统一时空框架,研发了华夏家谱GIS[8-9]。

近年来,区域性和专题性地理信息系统逐渐涌现。例如,建立了六朝建康历史地理数据库,研制了以超媒体电子地图为界面的网络历史地理信息系统[10]。建立了古佛山镇的空间和属性数据库,实现了历史文化景观的数据获取与处理、空间查询和分析、专题图表显示和输出[11]。建设了丝绸之路沿线生态环境、土地利用、交通商贸、城址城市、民族宗教、文化传播等专题的丝绸之路历史地理信息系统[12]。

3.2 文学GIS

GIS在文学中的应用主要包括2个方面:① 利用GIS研究文学作品中与空间有关的地名、地点、人物活动等,实现文学作品中空间的定位和认知;② 文学作品信息和文学作家活动的空间分析。

对文学作品中的时空信息进行GIS空间化整合,可以实现对文学作品的多维情节表达,有利于挖掘作品中的空间模式[13]。GIS应用于文学研究的目标不只是重建过去,更重要的是确定其中的因果联系、了解当时的社会和文化[14]。如利用GIS研究作家在农村和城市的创作历程,对其作品中关于空间的表述进行文本空间化和地图可视化表达[15];对作品《神曲》中与位置或地名有关的人名、建筑物等定位在遥感影像和电子地图上,帮助读者直观地理解作品所描写的中世纪城市环境,增强读者对文字描述的空间认知感[16];利用GIS对描写英格兰湖区的旅行诗集中的空间描述进行了可视化表达[17];研发中国文学历史地理综合信息系统平台,并以《三国演义》和"唐代文学"等古典文学为例进行成果展示[18]。

在文学作品信息和文学作家活动的空间分析方面,提出将文学史料集成化、数字化和可视化,建设中国文学数字化地图平台,推动文学地理学研究[19]。开发了中国学术地图发布平台,发布了大量文学作家的空间分布地图和行迹地图[20]。提出了整合空间叙事理论的数字模型框架,将中国古典小说《李娃传》文本和作者的时空信息提取并融合到框架中,帮助读者重新理解经典叙事及其语境[21]。整理了唐宋时期作家和作品数据,并与地图结合,开发了唐宋文学编年地图系统[22]。

3.3 语言学GIS

GIS在语言学领域的应用主要表现在利用GIS辅助方言分析和方言GIS平台建设方面。前者将GIS作为一种从时空角度分析语言数据的辅助工具,后者以动态平台方式实现方言数据的共享和集成。

在GIS辅助方言分析方面,GIS侧重于方言成片比较、方言历史关系、方言接触方式、方言差异与地理要素的关系等问题的分析研究[23]。运用历史语言学的比较分析与GIS空间分析相结合的方法,

分析了山西境内晋语区与中原官话区接壤地带的混合方言的形成原因[24]。结合GNSS和GIS技术研究族群杂居的语言地理微观分布，为区域方言多样性研究提供了新思路和新方法[25]。利用空间插值方法生成台语变化趋势面，分析认为广西—贵州交接带很可能是台语民族起源地[26]。将文学与地理相结合的集刊《中国语言地理》[27]已于2017年出版了第一集。

在方言GIS平台方面，已初步建设了陕西方言地理信息系统、汉语方言地理信息系统、中国历史方言地理信息系统[28]等，为方言的共时与历时、定性与定量分析研究提供了方言资料和分析平台。方言地理底图、方言GIS数据模型、地图投影方式和比例尺等方面还有待进一步研究，以进行方言资源的交换、共享与整合[9]。设计了基于GIS和网络技术藏语方言数据共享的服务平台框架，旨在促进藏语方言资源的数字化、信息化与共享[29]。

3.4 GIS与哲学

哲学作为关于世界观的学说，是理论化、系统化的世界观，是自然知识、社会知识、思维知识的概括和总结，是世界观和方法论的统一。地理信息科学与哲学交叉融合的研究主要体现在2个方面：① 借助地理信息技术辅助哲学研究；② 将哲学理论与方法引入地理信息科学研究中，研究探索地理信息科学研究的新理论和新方法。

在基于地理信息技术的哲学研究方面，Elmar-Holenstein致力于东西方哲学思想在时空中的产生和传播研究，出版了专著《哲学地图：思想的场所和路径》[30]，研究了哲学思想的地理分布，创新性地将哲学史扩展到空间维度。利用地图可视化来展现哲学流派的发展演变是一种独特的、令人兴奋的空间思维方式，可以利用地理信息技术来追踪各种哲学思想的发展历史，展现哲学家生活的各个时代。关子尹等[2]在对Elmar哲学地图的分析基础上，运用地理信息技术和空间分析方法，通过数据库和图形的结合，以便更好地反映哲学思想间的相互联系和影响，从而揭示哲学思想传播的规律。

在引入哲学理论与方法的地理信息科学新理论、新方法研究方面，相关学者逐步引入一些哲学理论和方法进行地理信息科学与技术方法研究，以丰富地理信息科学的理论。地理信息科学的核心议题就是时间和空间问题。时空研究在科学史上是一个经典的问题，无论是宏观的天体运行三大定律，或是中观的移动轨迹数据分析，还是微观的基因、行为和环境之间的关系，本质上都是一个时间和空间的哲学问题。GIS很大程度上反映的是时间和空间的关系。1970年，Tobler提出了“地理学第一定律”，也称为空间相关性定律。2003年，Goodchild[31]总结提出“地理学第二定律”，也称为空间异质性定律。地理学第一定律反映静态的时空观，研究不同空间对象之间的关系；地理学第二定律是一种动态的时空观，研究同一对象在空间上和时间上同时发生的变化，更为关注地理过程。本体是一个哲学命题，将本体理论引入地理信息科学领域发展了地理本体，提出了基于地理本体的空间信息多级网格方法[32-33]。尺度是地理信息科学领域研究的一个哲学问题，各国学者对尺度问题进行了大量的研究[34]。

3.5 GIS与人类动力学

人类行为是一种纷繁复杂的现象，能够全面深刻地认识自身行为特征一直是人们不懈努力的方向。在移动和大数据时代，高频的人类互动将人类社会数字化成动态的实时系统，以精细的空间、时间和数字分辨率为底色，我们有机会洞察现实世界和虚拟世界中何时何地发生了什么情况。人类动力学是一门跨学科研究领域，旨在探讨微观的人地关系叙事机制、模式以及人类行为跨物理世界和虚拟世界的相互作用。人员和信息的轨迹和流动性分析是此类研究的核心[35]。

人类动力学由统计物理学发起并推动[36]，该方向由于其理论和应用上的双重价值，很快吸引了数学、系统科学、统计力学、非线性科学、地理信息科学等领域科学家的大量关注和积极研究[37]。在统计物理与复杂性科学领域，分析了人类行为时空特性的统计力学方法，分析了人类行为的时间特性、空间特性以及人类行为的统计分析方法[38]。人类动力学在舆情、公共健康、疾病防治、交通规划、呼叫服务、信息推荐等方面具有重要应用价值。在不同空间尺度上分析不同人群的行为，对于城市规划和当地经济发展至关重要。

在地理信息科学领域，人类动力学研究吸引了众多学者的关注，成为近年来的研究热点。通过远程和市民感知获得的地理空间大数据急剧增加。不同来源的数据集提供了前所未有的详细程度，以及人们在不同时空分辨率下的活动记录。这些数

据集的异构结构与近乎实时的可用性相结合,为人文学与社会科学应用对整合数据提出了独特的挑战和机遇。目前研究主要集中于利用时空大数据分析方法,对出租车轨迹、手机信令数据等进行分析和挖掘,从地理多元流的角度展开多元空间交互网络挖掘方法和应用研究[39]。城市人群活动可以划分为现实空间活动、网络空间活动、和社交空间活动,引入人类动力学理论可以发展一系列的城市人群活动时空GIS分析方法[40]。开展移动地理学分析[41]、研究人群活动的移动性、聚散性、功能性和适应性等[42]。通过在推文中搜索特定的关键字来快速识别实时的客户购物行为,从而刻画经济地理环境和市场结果的精细动态。

3.6 GIS与人文地理学

人文地理以探究人–地关系为核心,重点研究领域包括城镇化、城市和区域规划、土地管理、乡村振兴、旅游开发等[43-44]。人文地理传统研究方法以文献调查、实地考察、问卷访谈等为主。随着人–地关系日益复杂以及所需处理数据的空间范围、时序跨度的显著增长,传统方法已经无法满足现实需求。GIS为人文地理研究提供了丰富的技术手段,当前人文地理研究普遍使用了GIS技术[45-47]。人文地理研究使用GIS技术可以归纳为以下3个方面。① 数据存储与管理。数据是研究的前提,人文地理研究普遍涉及具有空间位置的数据。GIS以其强大的空间数据存储和管理功能被广泛用于构建人文地理研究的空间数据库,如土地调查数据库等。② 空间分析与建模。空间分析与建模可以支撑人文地理研究领域的优化选址、热点区域分析等。③ 可视化与制图。GIS的可视化表达和制图功能可以清晰、动态地展示人文地理研究对象及分析结果。

4 空间综合社会科学的研究进展

近年来,越来越多的社会科学领域的学者开始尝试利用大数据、人工智能、地理信息科学与技术等新的技术和手段来研究社会科学问题,GIS与社会科学的交叉融合呈现了蓬勃发展的态势,以下从7个方面介绍空间综合社会科学的研究进展。

4.1 GIS与政治学及国际关系学

GIS技术目前在政治活动中的运用主要表现为监测选举活动、提供决策支持等。GIS可以辅助选举活动中相关策略和计划的制定和及时调整,辅助选举委员会制定选区分区方案,有助于将地图数据和人口统计数据联合用于选举活动中,促进人口统计数据的有效使用。利用GIS可以直观地表现各选区或各州、市、县选票的地域分异强度,并清楚地呈现投票行为的地域差异形态。例如,美国加利福尼亚州Alameda地区的注册选民在2008年总统大选投票中通过使用Registrar of Voters在线GIS系统,简化了投票过程并提高了精准度;美国洛杉矶县利用GIS对选举过程进行自动制图展示[48];利用WebGIS研究加拿大、墨西哥、秘鲁、阿根廷、危地马拉、哥斯达黎加等国的媒体对于其选举过程的影响[49];利用WebGIS对2004年澳大利亚联邦选举中的投票过程进行动态地图展示[50]。运用遥感影像分析方法和生物地理学理论,结合GIS软件分析了本·拉登最可能的藏身之处[51]等。

21世纪以来的国际关系错综复杂、瞬息万变,给世界的经济、安全、外交等带来了深刻变化。国际关系研究具有复杂性、及时性、时空性等特点,迫切需要时空大数据分析技术为其提供新的思路和技术手段。基于GDELT的大众媒体数据,为分析国际关系提供了丰富的数据源。利用时空大数据分析技术和复杂网络理论,对GDELT数据进行网络化挖掘并进一步分析国际关系,为大数据时代的国际关系探索提供了一个新的视角[52]。国际关系研究正从国家间的关系研究转向日益开放和多元化的网络空间关系研究。社会网络分析已经成为国际关系研究领域的一种新的社会结构研究范式[53-54]。从地理视角探究国家间各种关系的地缘政治,与社会网络分析对“关系”的关注非常吻合。可以借助社会网络分析方法研究中国的地缘政治环境[55]。将社会网络分析方法与空间分析方法结合,构建空间交互网络,从地理分析和社会分析的双重视角开展国际关系的网络化挖掘[52]。利用时空大数据分析技术进行国际关系分析,需要综合应用社会科学、地理信息科学的理论和方法进行跨学科的综合研究。在大数据时代,国际关系、政策制定等社会科学逐步向计算社会科学方向发展[56]。社会感知已经成为理解社会经济环境的一种新方法[57]。

4.2 GIS与管理学

管理学是研究管理规律、探讨管理方法、建构

管理模式、取得最大管理效益的学科。管理学研究现有条件下，如何通过合理的组织和配置人、财、物等因素，提高生产力的水平。GIS在管理学中的应用主要体现在公共管理、空间决策支持等方面。

公共管理以社会公共事务作为管理对象，一般包括公共资源（自然资源等）、公共项目、和社会问题（教育、医疗等）。公共管理包括行政管理、社会医学与卫生事业管理、教育经济与管理、社会保障和土地资源管理等。当前公共管理研究具有定量化和空间化的科学趋势，GIS以其强大的空间信息处理能力在公共管理中发挥越来越重要的作用[26]。GIS与公共管理学的结合主要体现在2个方面[58]：① 利用GIS技术研究公共管理问题。② 基于GIS搭建公共管理信息平台。随着公共管理信息化建设的需要，越来越多的公共管理部门建立了基于GIS的公共管理信息平台，如城市公共交通调度运营平台、城市水务管理系统等。

GIS在管理学中应用的另外一个重要方面是提供空间决策支持。常规决策的基本策略是将决策问题分解为小的、可理解的部分进行分析，并以一种逻辑方式集成各个部分以产生一个有意义的方案。空间决策主要是调控在地理空间上发生的事件，如空间优化、城市规划、区域发展规划、公共设施选点、交通网络分析及环境规划与管理等。这些问题的解决方案是由决策者或领域专家在专业领域知识和经验的启发下，在分析大量的空间和非空间信息的基础上得到的[59]。空间决策利用GIS的“图形建模方法”，以可视化的图形方式提供空间决策支持，应用空间分析手段对空间数据进行处理变换，提取隐含于空间数据中的事实与关系，并以图形和文字的形式进行表达。空间多准则分析模型是最常用的空间决策模型。Carver[60]早在1991年将多准则评价模型集成到地理信息系统中。1999年出版的专著《GIS and Multicriteria Decision Analysis》[61]，以及2015年出版的专著《Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science》[62]是本领域的里程碑性成果。空间显式多准则分析方法是空间决策支持的未来重要发展方向[63]。

4.3 空间计量经济学及遥感经济学

空间计量经济学（Spatial Econometric）将空间计量方法引入经济学领域。1979年出版的《Spatial Econometric》[64]全面论述了空间计量经济学的研究对象、研究内容和基本模型，标志着空间计量经济学作为一门学科而诞生。随后，得到了经济学领域、地理信息科学领域相关学者的广泛关注和积极研究。在经济学领域，空间计量经济学成为计量经济学的一个全新研究领域，为区域和城市经济学研究提供了可靠思路与方法[65]。在地理信息科学领域，空间计量经济学强调采用空间自相关性统计量度量空间对象的空间自相关性，并进一步用空间计量方法进行建模。1988年出版的著作《Spatial Econometric: Methods and Models》对空间经济学的理论、方法和应用进行了系统的阐述[66]。2004年出版的《Advances in Spatial Econometric: Methodology, Tools and Applications》[67]进一步总结了空间经济学的研究进展。空间经济学的一个新的研究方向是在高性能计算CyberGIS环境下开发空间经济学的工具[68]。

近年来，遥感与地理信息技术在经济学领域的应用不断拓展，逐步形成了一个新的学科分支“遥感经济学”。例如，夜光遥感影像在经济分析、经济评估等领域得到了很好的应用[69-70]。多源遥感影像在经济学领域已经得到了充分的应用[71]。

4.4 社会地理计算

大数据时代的来临，为计算社会科学（Computational Social Science）提供了前所未有的机遇。无所不在的网络使社会的联系越来越紧密。正在向智慧社会方向发展的大数据时代的计算社会科学具有复杂性、自适应性、社会交互性和时空性等特点，从社会数据、信号、情报到社会智慧的转化及量化是智慧社会的核心目标。计算社会科学利用先进的计算技术、信息技术和智能技术等定量分析方法，研究复杂的人类行为及社会运行，既体现了日趋复杂的人类活动和网络社会所提出的迫切现实需求，也促进了计算机技术及多学科交叉所产生的新方法、新工具的快速发展。数据密集型时代的到来，对社会科学的实证研究具有极其重要的意义。计算社会科学正在从单纯的数据驱动向理论与数据双向驱动方向发展。单纯的数据驱动存在很大的“被动性”，难以直接满足社会科学研究的需要。计算社会科学需要将理论与数据驱动结合起来形成双向驱动[72]。以现实问题为导向，以社会科学相关领域的理论、知识、经验为基础，提出理论假设和研究框架，然后收集数据，采用合适的分析技术提取信息、挖掘知识，以科学可靠的方式运用数据和知识验证理论假设，从而发现和揭示人类社会的规律。

时空问题是计算社会科学的核心问题之一，社会科学是以“人”为研究对象的学科，同时研究人与地理空间的关系；地理信息科学是以“地理空间”为研究对象的学科，同时研究地理空间与人的关系。二者分别从不同的视角研究“人–地关系”和“地–人关系”。将计算社会科学与地理信息科学进行交叉融合，就衍生出社会地理计算，如图2所示。

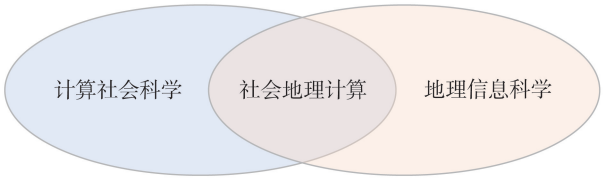

图2　计算社会科学与社会地理计算

Fig.2　Computational social science and geocomputation for social science

关于社会地理计算的概念目前还没有统一的认识。社会地理计算是大数据时代下计算社会科学与地理信息科学的交叉融合，社会地理计算是在遥感、地理信息系统、全球导航定位系统技术等地理信息科学与技术的支持下，从时空观的角度，研究和探讨计算社会科学的时空分析理论和方法，探索社会学、经济学、心理学、法学、政治学、文学、艺术、历史等相关学科与地理相关的模型和算法等。社会地理计算的主要研究方向包括：社会地理计算的理论与方法、社会地理计算的软件平台建设、社会地理计算的案例研究与教程培训等。

4.5 空间社会网络与空间交互网络

社会由许多相互关联的环境组成，个人在空间、时间和网络上相互影响并互动[73]。个人的地理空间和社会约束将限制信息的传播，这种耦合约束涉及每个人的日常行为以及时空流动性。“弱关系的强度”理论指出一个人的弱关系（如萍水相逢的人或者难得见面的人）可能会为你的事业提供更大的支持[74]。由于缺乏便捷的公共交通和高成本的旅行，无法轻易找到工作的工人获得弱关系青睐的机会往往更少。社会和空间上的分离导致弱势群体在社会竞争中越发不利[75]。空间社会网络在城市科学中有3大研究主题：① 社交网络的空间性：将社交互动与社区形态特征联系起来为城市设计提供科学依据；② 社会–空间的协同效应：探索建成环境形式与社会如何相互作用来影响城市绩效；③ 空间和网络综合分析：综合应用网络和时空分析来捕捉城市动态的地理和社会维度[76]。计算社会科学的社会交互性与社会地理计算的空间交互性相互支撑，构成了计算社会科学与社会地理计算的核心关键技术。通过复杂网络科学把社会学与地理学进行连接，迫切需要建立一个理论框架来整合物理空间和社会空间的整体模式以及它们之间的定性和定量关系。需要注意的是：一些算法忽略了社会空间互动和社会联系的丰富性和复杂性。常规的定性方法，例如访谈和实地考察仍能提供坚实的语境。我们不能忽略数据丰富的社区和数据贫乏的社区实际共存在城市与区域中，如果不区分数据的代表性以及偏差，将导致许多扭曲的分析结果[76]。

空间交互网络是与空间社会网络紧密联系的另外一个概念。空间交互网络无处不在，人口迁移、人群出行、交通、贸易、通信、国际关系、社交等网络中存在着人流、商品流、信息流等嵌入地理空间而形成的有向流网络[77-78]。空间交互网络是利用多源数据构建的包括多个主题、多个层次的多元网络，并且具有随时间而不断变化的特征。如何从这些具有多主题、多层次、时变特征的多元空间交互网络中挖掘出时空演变规律，并进行有效的预测分析，进而为领域专家决策提供辅助支持，是一个迫切需要解决的科学问题。多元空间交互网络的各网络内部、层与层之间存在复杂的相互依赖关系，利用复杂网络、结构模式识别理论与方法，可以挖掘和识别其中的小世界、无标度、集群等复杂网络结构特征，为进一步的时空演变与预测分析提供基础。单一网络难以准确全面地表达事物之间复杂的交互作用，必须构建多层交互网络来捕捉层内、层间关系，多层复杂网络构建与分析是复杂网络领域的研究热点之一[79-80]。复杂网络科学是空间交互网络分析的重要理论基础。空间交互网络研究的难点和未来研究方向集中于多元空间交互网络和时序多元空间交互网络。

4.6 犯罪地理学

犯罪行为具有一定的时空分布规律，呈现出某种时间或空间的聚集性，这些规律与自然、人文、地理环境密不可分。GIS为犯罪制图、犯罪热点探测、犯罪时间序列分析、犯罪空间分布分析、犯罪路径分析、犯罪建模、犯罪预测、犯罪预防等研究提供了新的工具和方法。机器学习成为当前犯罪热点预测的主流方法。例如，在随机森林预测模型中，加入城中村范围、路网密度及POI密度3个代表性的协变量可以进一步提高模型的精度[81]。

一系列犯罪地理学分析的GIS软件工具应运而生。例如，CrimeStat提供系统聚类、犯罪时空分析、K均值聚类、局部空间自相关分析等功能；GeoDa支持犯罪专题地图制作、全局和局部空间自相关分析等功能；SatScan提供了犯罪空间、时间和时空热点探测模型，包括泊松模型、伯努利模型、时空排序模型、有序模型、指数模型等。

基于密度估计、空间自相关、全局移动窗口、网格方法、结构性犯罪分类算法的犯罪热点探测方法不断出现并得到了广泛应用。例如，基于美国马萨诸塞州土地利用和建筑物数据，采用分区密度专题制图的方式，制作了当地入室盗窃犯罪的热点专题图[82]。利用密度估计和专题制图等方法研究了美国马里兰州巴尔的摩市2000年的犯罪分布形态，制作了犯罪热点地图[83]。利用犯罪专题地图方式研究了犯罪热点的空间变化[84]。综合应用3D可视化技术、虚拟地理环境技术和GIS专题制图技术，研究了犯罪热点的多维时空制图方法[85]。

犯罪建模、犯罪时间序列分析、犯罪空间分布分析的空间分析方法包括：空间回归、空间分布描述性分析、样方分析、距离分析、空间聚类分析、元胞自动机等。例如，利用探索性空间数据分析方法制作了暴力犯罪热点地图，并利用空间联立方程模型研究了犯罪建模中模型参数的时间序列稳定性问题[86]。利用空间回归模型研究了毒品交易市场的空间分布与暴力犯罪之间的相关关系[87]。基于日常出行理论和元胞自动机的犯罪模拟模型，模拟犯罪事件和犯罪空间形态[88]。利用犯罪地理学、犯罪经济学、社会解组、日常出行、理性选择等犯罪理论与方法，发现了犯罪率与失业率、受教育程度、就业便捷度和收入不均度、贫富差距、移民比例、家庭婚姻状态、无亲属关系的合住户比例、警方执法力度等社会经济因子、自然环境因子之间具有相关关系。

基于GIS的犯罪空间分析的目的是发现犯罪的空间和时间规律、发现犯罪决定因子、准确预测犯罪行为发生概率、最终实现犯罪预防。随着犯罪统计数据的开放性日益增强，空间数据挖掘方法的日益成熟，未来在犯罪空间分析，尤其是犯罪预测方面将迎来更长远的进步，从而更有效实现犯罪预防的目标。

4.7 健康地理与公共卫生学

GIS在分析疾病空间分布规律与社会人文、自然环境的关系中具有核心作用，是疾病预防和干预决策支持系统的关键技术。

利用GIS可以研究疾病的时空分布规律。例如，在时间规律方面，通过对美国马里兰地区1993—1998年的莱姆关节炎疾病案例的空间分析，发现该疾病有按照邮政编码分布的时空分布趋势[89]。通过对鼠疫时空分布的研究，确立了鼠疫病情的评价指标，为鼠疫的有效控制提供了依据[90-91]。通过对手足口病监测数据进行统计计算、空间分析和可视化，阐明了手足口病疫情的时间分布特征与动态变化规律[92]。在空间规律方面，对不同区域间、城市与乡村间人的碘摄取量的空间分析，划定了碘缺乏疾病易发生人群的地域分布[93]。根据1973—1992年美国加州普鲁氏菌病案例的时空分布研究，发现该疾病的发生风险与西班牙后裔对于牛奶的消费习惯相关[94]。通过分析广州市SARS感染者的家庭住址空间化信息，发现了不同SARS感染人群传播中心的异质性及其变化规律[95]。

GIS在研究疾病发生的危险因子和病因方面具有优势，对疾病和疫情的时空传播过程可进行有效的分析、模拟和预测。例如，将遥感数据和环境数据结合，利用GIS空间分析方法帮助人们理解大范围疾病传播的时空动力学机制[96]。结合GIS和RS技术研究发现土壤和植被状况等环境因素决定了血吸虫疾病的流行率[97]。基于地理探测器确定了导致山西省和顺县神经管畸形病的环境危险因子[98]。利用GIS和遥感技术对血吸虫病的时空传播流行进行了定量模拟，提出了疾病传播的时空动态概念模型[99]。运用GIS预测模型对江苏省不同区域血吸虫病流行程度的可能性和正确性进行预测研究[100]。开发了SARS时空分析系统[101]。通过“两步移动搜寻法”计算诊所医生的就医可达度和病患的就医便捷度等指标，实现了医疗资源的空间优化和公平配置[102]。运用GIS技术研究美国伊利诺伊州的看访家庭医生与癌症监测设施的方便程度，发现就医便捷度极大地影响了病情的发现和癌症的诊断[103]。基于GIS和空间可达性指标、空间可达性模型对兰考县乡级以上卫生院的空间布局进行评估分析[104]。利用泰森多边形方法研究了上海浦东新区的医疗服务可达性问题[105]。

2019年底至2020年初，新型冠状病毒感染肺炎（简称“新冠肺炎”，COVID-19）在全球蔓延，成为威胁群众安全和社会稳定的重大公共卫生事件。

国内外的地理信息科学学者从不同的角度展开了相关研究，积极为防控“新冠肺炎”贡献力量[106-108]。

5 空间综合人文学与社会科学的研究方法

空间综合人文学与社会科学作为一个学科交叉融合的新的研究方向，需要总结一套研究方法。以下从空间思维与空间计量分析、认知心理学与空间认知、空间可视化与虚拟地理分析、空间综合人文与社会分析平台研发4个方面介绍空间综合人文学与社会科学的方法体系。

5.1 空间思维与空间计量分析

在人文学、社会科学的相关研究中贯彻空间思维和空间概念，是进行空间人文学与社会科学研究的关键。空间思维方法提供了解释世界的逻辑，提供了建立好的模型序列和一系列用来可视化、分析和综合不同信息来源的工具。空间概念正在为人文学、社会科学领域的研究者逐步接受。在人类的知识体系中，各种现象除了时间先后及相互因果联系以外，在空间上是如何体现的，如何利用这些资料有效地组织这些信息，成为人文学与社会科学研究需要解决的一个关键问题。

自20世纪60年代以来，现代地理学以理论和量化研究为主要标志，将人作为理性个体，在地理学研究中关注地理要素的同时，发掘地理现象与过程中人的作用[109-110]。这种关注于量化研究的空间思维在多个相关领域推广，尤其在人文学、社会科学的相关研究中[111]。地理空间思维的贯彻与空间计量分析技术的应用在人文学、社会科学领域的研究逐步被广泛接受[1]。在进行空间综合人文学与社会科学研究时，空间思维方法提供了解释人地关系的基础逻辑，以量化模型分析和空间可视化实现信息的综合分析。

目前，人文学与社会科学领域的空间计量分析实践多集中于3个层次：① 采用基于直观空间度量的可视化分析等空间数据探索性数据分析技术[112]；② 基于全局统计分析模型的空间模式与关系分析，如空间面板分析[113]、空间交互模型[114]等；③ 强调关于空间位置变化而导致的空间异质性或非平稳性特征局部建模技术，如地理加权回归分析[115]、局部空间自相关指数[116]等技术。总之，通过将统计分析方法向空间维、时间维扩展，进而推动空间计量理论与方法在人文社会科学领域应用是一种重要趋势。

5.2 认知心理学与空间认知

心理学是一门研究人类心理现象及其影响下的精神功能和行为活动的科学。认知心理学是心理学的一个分支，研究人的高级心理过程，主要是认知过程，如注意、知觉、表象、记忆、思维和语言等。空间认知是认知心理学与地理信息科学的学科交叉新方向，研究人们如何理解地理空间、进行地理分析和决策，包括地理知觉、地理表象、地理概念化、地理知识的类型等。地理学家引入心理学的研究成果发展出空间认知理论。空间认知理论也称为认知地图理论，这种理论认为空间的位置学习和其它类型学习本质上是不同的。空间认知实际上是对空间环境的一种拓扑表达，这种表达并不取决于观察点，即有机体在环境中学习之后，在不同角度上都能顺利地识别目标位置。例如，从不同模型的对比与分析入手，结合空间认知行为、神经系统科学和认知心理学的有关研究成果，对空间认知模式进行了研究[117]。2008年发表的地理信息科学的空间认知研究专栏，通过一系列文章分别就认知地图形成过程、地理语言认知、模糊地物要素认知与空间分布、心象地图可视化表达、地理知识可视化地图，以及旅游者地理空间认知模式等进行了探讨[118]。尺度对人口地图空间分异规律的认知具有重要影响[119]。眼动跟踪方法作为地图视觉认知研究的重要手段之一，为地图视觉认知研究的定量化、实用化提供了有力支撑[120]。

5.3 空间可视化与虚拟地理分析

由于人对于社会与环境的认识主要还是通过视觉来获得，以空间可视化、虚拟现实和增强现实技术为基础的虚拟地理环境，可以丰富人文学和社会科学的研究方法。虚拟地理环境就是通过虚拟环境技术，构建符合自然法则和社会法则的数字空间。在自然法则方面，虚拟地理环境对应真实地理参考系统与地理现象规律，在社会法则方面，虚拟地理环境对应于人和人群的行为方式。

虚拟地理环境对于人文学与社会科学研究的意义还在于它对于现实环境的超越，包括3个层次上的意义。① 重建与推演历史场景。从2010年上海世博会的中国馆中展示的《清明上河图》，到日本

立命馆大学的矢野桂司教授的“虚拟京都“[121],让人们直观地了解和分析中国古代汴京与日本京都的生活场景与节日民俗。从2003年“非典肺炎”到2020年的“新冠肺炎”的公共卫生事件,二维和三维场景的动态模拟都有助于我们分析和宣传公共卫生知识[122]。② 模拟未来情景。对于收集人们对于城市设计的问卷调查和社会心理学研究来说,采用虚拟城市和小区的景观设计,可以促进人们与设计者的交流与互动,更容易达至社会共识[123]。③ 亲身参与。通过跨越真实环境与虚拟环境的增强现实手段,克服时间与空间的限制,将真实事件与虚拟空间结合,亲身体验与展开研究。

5.4 空间综合人文与社会分析平台研发

打造适合于空间综合人文学与社会科学研究的软件平台、数据平台、应用展示平台是重要的基础性工作,也是建立地理信息科学与人文学、社会科学交叉融合的重要桥梁与纽带。例如,ArcGIS软件提供了地图故事StoryMaps模块,以更加丰富和启发性的地图可视化功能进行展示,针对人文学、社会科学研究推出了更具灵活性与适应性的展示方式。作为美国空间综合社会科学研究中心以及武汉大学-芝加哥大学联合研究的重要任务之一,Geoda软件的开发与不断完善,为空间人文学与社会科学研究提供了一个基础的空间统计与可视化平台;SimplyAnalytics能够便捷地对美国社会人口和经济状况进行分析与地图可视化;R软件平台中的GWmodel[124-125]提供了丰富的地理加权建模技术,并被频繁应用于人文学与社会科学的相关研究中[126-127]。

此外,在历史GIS研究过程中,多个系统被开发应用。复旦大学和哈佛大学联合发布了CHGIS,建立了一套中国历史时期连续变化的基础地理信息库,主要提供历史地名查询、历史地图浏览和历史地图矢量数据下载等功能。浙江大学发布了学术地图发布平台,收集并展现了大量的历史名人轨迹;“丝绸之路历史地理信息开放平台”构建了包括生态环境、交通商贸、城市遗址的丝绸之路专题数据库。武汉大学研发的“空间综合人文社会分析平台”提供了行为轨迹和社交网络的在线展示功能。

6 空间综合人文学与社会科学的十个研究问题

2009年至今的10年间,空间综合人文学与社会科学取得了长足发展,汇聚了国内外众多学者的积极参与,已经成为一门新兴的交叉学科。本文尝试性地将空间综合人文学与社会科学研究的关键问题及未来发展方向总结为以下10个方面。

(1)空间综合人文学与社会科学研究框架的完善。空间综合人文学与社会科学作为一个地理信息科学与人文学、社会科学的学科交叉融合新方向,其研究框架的理论体系、方法体系和应用体系还需要进一步完善。

(2)时空大数据时代的空间综合人文学与社会科学研究方法。时空大数据时代的到来,为空间人文学与社会科学研究提供了丰富的数据源,同时也提出了新方法、新手段的要求。

(3)地图视角。从文本到地图,从文字描述到赋予地理位置,并进行基于地图的空间展示,重视空间综合人文学与社会科学背后的地图空间化。

(4)数据视角。从数据库到知识库,重视空间综合人文学与社会学科学背后的行业知识管理,构建空间综合人文学与社会科学的各种数据库,彻底扭转“数据在中国,而数据库在国外”的现象。

(5)时空分析视角。从数据描述到数据分析,重视空间综合人文学与社会科学背后的时空分析理论与方法,重视空间计量方法的研究与应用,建立共同的学术基础

(6)可视化视角。人对于社会与环境的认识主要通过视觉获得,以可视化、虚拟现实和增强现实技术为基础的虚拟地理环境,可以为人文学与社会科学提供空间可视化展示的平台和手段。

(7)在线平台研发。研制空间综合人文学与社会科学的在线软件,为相关学者的研究提供一个便捷的在线平台。

(8)开放数据和开源工具。提供开放数据和开源工具,供多学科领域的空间综合人文学与社会科学研究者共享和协同研究。

(9)应用领域拓展。进一步启发思路、开拓创新,积极拓展空间综合人文学与社会科学新的应用领域,如网络舆情分析、情感计算,以及地理信息科学在人工智能领域的应用等。

(10)教育与培训。加强空间综合人文学与社会科学的教育和培训,开设相应的本科生课程和研究生课程,开展相关培训,培养空间综合人文学与社会科学研究的新生力量。

7 总结与展望

空间综合人文学与社会科学近年来得到了蓬勃发展,在理论、方法、应用等方面得到了全面研究,越来越多的地理信息科学、人文学、社会科学的学者涌入该研究领域。本文探索了空间综合人文学与社会科学的研究框架,从地理信息科学与人文学、社会科学交叉融合的角度,设计了研究框架。随后分别介绍了空间综合人文学、空间综合社会科学的研究进展,包括:历史GIS、文学GIS、语言学GIS、GIS与哲学、人类动力学、人文地理学、GIS与政治学及关系关系学、GIS与管理学、空间计量经济学与遥感经济学、社会地理计算、空间社会网络与空间交互网络、犯罪地理学、健康地理与公共卫生学等。接着介绍了空间综合人文学与社会科学的研究方法,包括空间思维与空间计量、认知心理学与空间认知、空间可视化与虚拟地理分析、以及空间综合人文社会分析平台研发等。空间综合人文学与社会科学已经成为一个学科交叉融合的新方向,其研究框架、理论体系、方法体系和应用体系还需要不断完善,可以分别从地图视角、数据视角、时空分析视角、空间可视化视角等多种视角展开研究,迫切需要研制空间综合人文学与社会科学的在线平台,提供开源数据和开源工具,为相关学者研究提供一个便捷的共享平台。空间综合人文学与社会科学研究一个方面在众多领域呈现百花齐放的状态,同时也必将走向综合和集成。同时,可以将人工智能、大数据、物联网,以及地学信息图谱、格网地图等新理论、新方法逐步引入空间综合人文学与社会科学领域,逐步丰富和完善空间综合人文学与社会科学研究的理论与方法体系。

致谢:感谢参加第十届空间综合人文学与社会科学论坛的鲍曙明、蔡晓兵、关美宝、何捷、简锦松、姬东鸿、刘仁义、刘信陶、罗教讲、苗长虹、沈体雁、翁子扬、王法辉、王艳东、王兆鹏、萧红、徐磊青、徐永明、应申、张箭飞、张萍、赵耀龙、朱欣焰等学者的讨论!感谢研究生王妮满协助整理参考文献!感谢李德仁院士、马费成教授、龚健雅院士的指导和帮助!

参考文献(References):

[1] Goodchild M F, Janelle D G. Thinking spatially in the social sciences[M]//Spatially Integrated Social Science. NewYork: Oxford University Press, 2004.

[2] 林珲,张捷,杨萍,等.空间综合人文学与社会科学研究进展[J].地球信息科学,2006,8(2):30-37. [Lin H, Zhang J, Yang P, et al. Research progress of spatially integrated humanities and social science[J]. Journal of Geo-information Science, 2006,8(2):30-37.]

[3] 林珲,赖进贵,周成虎.空间综合人文学与社会科学研究[M].北京:科学出版社,2010. [Lin H, Lai J G, Zhou C H. Research on spatially integrated humanities and social sciences[M]. Bejing: Science Press, 2010.]

[4] Jiang N, Hu D. GIS for history: An overview[C]//Huang B. Comprehensive Geographic Information Systems. Oxford: Elsevier, 2018:101-109.

[5] 马青,许盘清,曾志雄,等.历史地图优化表达与设计方法——以前四史地图集为例[J].南京师范大学学报:工程技术版,2013,13(2):54-60,73. [Ma Q, Xu P Q, Zeng Z X, et al. Presentation and design methods of history map-take the Front-Four-History atlas as example[J]. Journal of Nanjing Normal University (Engineer and Technology), 2013,13(2):54-60,73.]

[6] 刘龙雨,胡迪.《读史方舆纪要》数据库建设中地名解析的原则与方法[J].江苏科技大学学报(社会科学版),2014,14(4):29-34. [Liu L Y, Hu D. Principles and methods of geographical names in construction of DushiFangyuJiyao database[J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology (Social Science Edition), 2014,14(4):29-34.]

[7] 陈述彭,黄翀.文化遗产保护与开发的思考[J].地理研究,2005,24(4):489-498. [Chen S P, Huang C. Perspectives on the cultural heritage conservation and development[J]. Geographical Research, 2005,24(4):489-498.]

[8] 闾国年,陈旻,温永宁,等.华夏家谱GIS平台构建研究[C]//空间综合人文学与社会科学研究.北京:科学出版社,2010:114-118. [Lv G N, Chen M, Wen Y N, et al. Research on the construction of Sino-family-tree GIS[C]// Spatially integrated humanities and social science. Beijing: Science Press, 2010:114-118.]

[9] 胡迪,温永宁,闾国年,等.基于GIS的家谱资源整合集成研究[J].人文地理,2012,27(1):50-53. [Hu D, Wen Y N, Lu G N, et al. GIS-based family tree resources integration [J]. Human Geography, 2012,27(1):50-53.]

[10] 陈刚.超媒体地理信息技术在六朝建康历史地理研究中的应用刍议[J].南京晓庄学院学报,2004,20(3):41-46. [Chen G. A talk on the application of hypermedia geographic information technology in the research of historical geography in Jiankang in the Six Dynasties[J]. Journal of Nanjing Xiaozhuang College, 2004,20(3):41-46.]

[11] 李凡,符国强,齐志新.佛山历史文化地理信息系统设计和实践的探讨[J].佛山科学技术学院学(自然科学版),2009,27(2):59-64. [Li F, Fu G Q, Qi Z X. Design and practice of historical cultural geographic information sys-

tem of Foshan[J]. Journal of Foshan University (Natural Science Edition), 2009,27(2):59-64.]

[12] 张萍.丝绸之路历史地理信息系统建设的构想及其价值与意义[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2016,45(1):5-11. [Zhang P. Proposition of construction of historical geographical information system about the Silk Road and its value and significance[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2016,45(1):5-11.]

[13] Staley D J. Finding narratives of time and space[C]//Sinton D S, Lund J J. Understanding place: GIS and mapping across the curriculum. Redlands, CA: Esri Press, 2007:35-48.

[14] Bodenhamer D J. Creating a landscape of memory: The potential of humanities GIS[J]. International Journal of Humanities and Arts Computing, 2007,1(2):97-110.

[15] Travis C. Abstract machine Geographical Information Systems (GIS) for literary and cultural studies: Mapping Kavanagh[J]. International Journal of Humanities and Arts Computing, 2011,4:17-37.

[16] Hamilton L I. Virtual cities GIS as a tool for the analysis of Dante's comedian[J]. Pedagogy, 2013,13(1):115-123.

[17] Cooper D, Gregory I N. Mapping the English lake district: A literary GIS [J]. Transactions of the Institute of British Geographers, 2011,36(1):89-108.

[18] 周丙锋,周文业,赵文吉.中国历史地理数字化应用平台研究[J].测绘科学,2008,33(4):199-202. [Zhou B F, Zhou W Y, Zhao W J. Study on digital application platform of historical geography[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008,33(4):199-202.]

[19] 王兆鹏.建设中国文学数字化地图平台的构想[J].文学遗产,2012,2:131-133. [Wang Z P. The idea of the construction of digital map platform of Chinese literature[J]. Literary Heritage, 2012,2:131-133.]

[20] Xu Y, Lewis B, Guan W W. Developing the Chinese academic map publishing platform[J]. International Journal of Geo-Information, 2019,8(12):567.

[21] Ma Z, He J, Liu S. Representation of the spatio-temporal narrative of The Tale of Li Wa[J]. Plos One Public Library of Science, 2020,15(4):e0231529.

[22] 王兆鹏,王艳.唐代诗歌版图的静态分布与动态变化——基于《唐宋文学编年系地信息平台》的数据分析[J].中南民族大学学报(人文社会科学版),2020,40(1):102-106. [Wang Z P, Wang Y. Static Distribution and dynamic change of Tang poetic maps: data analysis based on chronicle information platform for Tang and Song literature[J]. Journal of South-Central University for Nationalities (Humanities and Social Sciences), 2020,40(1):102-106.]

[23] 张维佳.方言研究与方言视图的数字化[J].中国语文研究,2004(2):77-89. [Zhang W J. Digitization of dialectology and dialect maps[J]. Studies in Chinese linguistics, 2004(2):77-89.]

[24] 沈力,冯良珍,中野尚美.用GIS手段解读混合方言的成因——以灵石高地为例[J].语言教学与研究,2011(5):30-39. [Shen L, Feng L Z, Zhong Ye S M. Explaining the origin of mixture dialects with GIS: The case of Lingshi highland[J]. Language Teaching and Linguistic Studies, 2011(5):30-39.]

[25] 郑锦全.语言学——结合人文关怀与社会应用的学科[J].暨南大学(哲学社会科学版),2005,27(5):94-98. [Zheng J Q. Linguistics: A discipline of humanities concerns and technology application[J]. Journal of Jinan University (Philosophy and Social Sciences), 2005,27(5):94-98.]

[26] 王法辉.社会科学和公共政策的空间化和GIS的应用[J].地理学报,2011,66(8):1089-1100. [Wang F H. Spatially-integrated social sciences and GIS: A personal perspective [J]. Acta Geographical Sinica, 2011,66(8):1089-1100.]

[27] 萧红.中国语言地理(第一集)[M].武汉:崇文书局出版社,2017. [Xiao H. Geography of Chinese language (episode 1)[M]. Wuhan: Chongwen Publishing House, 2017.]

[28] 张义.基于MAPGIS的中国历史方言地理信息系统(CHDGIS)设计与实现[D].武汉:华中科技大学,2006. [Zhang Y. Design and realization of CHDGIS based on MapGIS[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006.]

[29] 刘颖,赵耀龙,杨锦,等.方言地理信息系统与藏语方言信息化[J].热带地貌,2019,40(1):6-11. [Liu Y, Zhao Y L, Yang J, et al. Dialect geographic information system and Tibetan dialect informationization[J]. Tropical Geomorpholoy, 2019,40(1):6-11.]

[30] Holenstein E. Philosophie-Atlas: Orte und Wege des Denkens[M]. Zürich :Ammann, 2004.

[31] Goodchild M F. The validity and usefulness of laws in geographic information science and geography[J]. Annals of the Association of American Geographers, 2004,94(2):300-303.

[32] 李德仁,崔巍.地理本体与空间信息多级网格[J].测绘学报,2006,35(2):143-148. [Li D R, Cui W. Geographic ontology and SIMG[J]. Acta Geodaeticaet Cartographica Sinica, 2006,35(2):143-148.]

[33] 崔巍,汤世明,李荣,等.用地理本体和相对高程识别遥感对象的方法研究[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2013,37(4):695-698. [Cui W, Tang S M, Li R, et al. A method of identifying remote sensing object by

using geo-ontology and relative elevation [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2013,37(4):695-698.]

[34] 李志林,王继成,谭诗腾,等.地理信息科学中尺度问题的30年研究现状[J].武汉大学学报·信息科学版,2018,43(12):2233-2242. [Li Z L, Wang J C, Tan S T, et al. Scale in geo-information science: An overview of thirty-year development[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan Univerisity, 2018,43(12):2233-2242.]

[35] Shaw S L, Tsou M H, Ye X. Editorial: Human dynamics in the mobile and big data era[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2016,30(9):1687-1693.

[36] Barabasi A. The origin of bursts and heavy tails in human dynamics[J]. Nature, 2005,435:207-211.

[37] 樊超,郭进利,韩筱璞,等.人类行为动力学研究综述[J].复杂系统与复杂性科学,2011,8(2):1-17. [Fan C, Guo J L, Han X P, et al. A review of research on human dynamics [J]. Complex systems and complexity science, 2011,8(2):1-17.]

[38] 周涛,韩筱璞,闫小勇,等.人类行为时空特性的统计力学[J].电子科技大学学报,2013,42(4):481-540. [Zhou T, Han X P, Yan X Y, et al. Statistical mechanics on temporal and spatial activities of human[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2013, 42(4):481-540.]

[39] Song C, Pei T, Ma T, et al. Detecting arbitrarily shaped clusters in origin-destination flows using ant colony optimization [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2019,33(1):134-154.

[40] 萧世伦,方志祥,陈碧宇.城市人群活动时空分析[M].北京:科学出版社,2017. [Xiao S L, Fang Z X, Chen B Y. Time and space analysis of urban crowd activities[M]. Beijing: Science Press, 2017.]

[41] Kwan M P, Schwanen T. Geographies of mobility[J]. Annals of the American Association of Geographers, 2016, 106(2):243-256.

[42] Fang Z, Yang X, Xu Y, et al. Spatiotemporal model for assessing the stability of urban human convergence and divergence patterns[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2017,31(11):2119-2141.

[43] 方创琳,周尚意,柴彦威,等.中国人文地理学研究进展与展望[J].地理科学进展,2011,30(12):1470-1478. [Fang C L, Zhou S Y, Chai Y W, et al. Updated progress and perspectives of the discipline of human geography in China [J]. Progress in Geography, 2011,30(12):1470-1478.]

[44] Liu Y, Li Y. Revitalize the world's countryside[J]. Nature, 2017,548(7667):275-277.

[45] 孙中伟,路紫.我国“人文地理学以信息为对象的研究”:15年发展回顾[J].地球科学进展,2006,21(9):49-54. [Sun Z W, Lu Z. The information-oriented research of human geography in China in the past 15 years[J]. Advances in Earth Science, 2006,21(9):49-54.]

[46] 顾朝林,陈璐.人文地理学的发展历程及新趋势[J].地理学报,2004,59(z1):11-20. [Gu C L, Chen L. New trends of progress in contemporary human geography[J]. Acta Geographica Sinica, 2004,59(z1):11-20.]

[47] 张捷,顾朝林.计算机网络信息空间(Cyberspace)的人文地理学研究进展与展望[J].地理科学,2000,20(4):368-374. [Zhang J, Gu C L. Geographical approach to cyberspace:Review and prospect[J]. Scientia Geographica Sinica, 2000,20(4):368-374.]

[48] Saxena S, Cowles V, Montgomery W. Los Angeles county automated GIS election mapping system[C]//Proceedings of the Seventeenth Annual ESRI User Conference, 1997.

[49] Waters N M, Hansen C V, Sun H. Web-based GIS to explore media influence and election processes[C]//ESRI Users Conference, San Diego, August, 2007:19-24.

[50] Chhetri P, Shyy T, Stimson R. Web-based GIS for mapping voting patterns at the 2004 Australian federal election[J]. Applied GIS, 2007,3(11):1-20.

[51] Gillespie T, Agnew J, Mariano E, et al. Finding Osama Bin Laden: An application of biogeographic theories and satellite imagery[J]. California Center of Population Research, 2009.

[52] 秦昆,罗萍,姚博睿.GDELT数据网络化挖掘与国际关系分析[J].地球信息科学学报,2019,21(1):14-24. [Qin K, Luo P, Yao B R. Networked mining of GDELT and international relations analysis[J]. Journal of Geo-information Science, 2019,21(1):14-24.]

[53] Hafner-burton E M, Kanler M, Montgomery A H. Network analysis for international relations[J]. International Organization, Cambridge University Press, 2009,63(3):559-592.

[54] 刘慧.国际关系的网络分析研究简评[J].国际观察,2010(6):17-23. [Liu H. Network analysis of international relations[J]. International Review, 2010(6):17-23.]

[55] 潘峰华,赖志勇,葛岳静.社会网络分析方法在地缘政治领域的应用[J].经济地理,2013,33(7):15-21. [Pan F H, Lai Z Y, Ge Y J. Social network analysis in geo-politics studies[J]. Economic Geography, 2013,33(7):15-21.]

[56] Lazer D, Pentland A, Adamic L, et al. Computational Social Science[J]. Science, 2009,323(5915):721-723.

[57] 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.

[58] 汪波.公共管理科学方法创新: GIS方法与公共管理数字化[J].武汉科技大学学报(社会科学版), 2014(2):99-102, 122. [Wang B. Scientific method innovation of public management: GIS method and digitalization of public management[J]. Journal of Wuhan University of Science and Technology (Social Science Edition), 2014(2):99-102, 122.]

[59] 梁怡.人工智能、空间分析与空间决策[J].地理学报, 1997,52(s1):104- 113. [Liang Y. Artifical intelligence, spatial analysis, and spatial decision making[J]. Acta Geographical Sinica, 1997,52(s1):104-113.]

[60] Carver S J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1991,5(3):321-339.

[61] Malczwski J. GIS and multicriteria decision analysis[M]. New York: J. Wiley & Sons, 1999.

[62] Malczwski J, Rinner C. Multicriteria decision analysis in geographic information science[M]. New York: Springer, 2015.

[63] Malczwski J, Jankowski P. Emerging trends and research frontiers in spatial multicriteria analysis[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2020,34(2): 1-26.

[64] Paelinck J H P, Klaassen L H. Spatial econometrics[M]. Farnborough: Saxon House, 1979.

[65] 孙久文,姚鹏.空间计量经济学的研究范式与最新进展[J].经济学家,2014(7):27-35. [Sun J Y, Yao P. Research paradigms and latest progress of spatial econometrics[J]. Economist, 2014(7):27-35.]

[66] Anselin L. Spatial Econometrics[M]. Berlin: Springer, 1988.

[67] Anselin L, Florax R, Rey S J. Advances in spatial econometrics: Methodology, tools and applications[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2013.

[68] Anselin L, Rey S J. Spatial econometrics in an age of Cyber GIScience[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2012,26(12):1-16.

[69] Chen X, Nordhaus W D. Using luminosity data as a proxy for economic statistics[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011,108(21):8589-8594.

[70] Henderson V, Storeygard A, Weil D N. A bright idea for measuring economic growth[J]. American Economic Review, 2011,101(3):194-199.

[71] Donaldson D, Storeygard A. The view from above: Applications of satellite data in economics[J]. Journal of Economic Perspectives, 2016,30(4):171-198.

[72] 罗俊,李凤翔.计算社会科学视角下的数据观[J].吉首大学学报(社会科学版),2018,39(2):17-25. [Luo J, Li F X. Concept of data from the perspective of computational social sciences[J]. Journal of Jishou University (Social Sciences Edition), 2018,39(2):17-25.]

[73] Ye, X, Liu, X. Cities as spatial and social networks[M]. Cham: Springer International Publishing, 2019.

[74] Granovetter M S. The strength of weak ties[J]. The American Journal of Sociology, 1973,347-367.

[75] Zenou Y. Spatial versus social mismatch[J]. Journal of Urban Economics, 2013,74:113-132.

[76] Ye X, Liu X. Integrating social networks and spatial analyses of the built environment[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2018,45(3): 395-399.

[77] Roy J R, Thill J C. Spatial interaction modelling[M]. Berlin: Springer, 2004.

[78] 闫小勇.空间交互网络研究进展[J].科技导报,2017,35(14):15-22. [Yan X Y. Advances in modeling spatial interaction network[J]. Science & Technology Review, 2017, 35(14):15-22.]

[79] Buldyrev S V, Parshani R, Paul G, et al. Catastrophic cascade of failures in interdependent networks[J]. Nature, 2010,463(7291):1025-1028.

[80] 张欣.多层复杂网络理论研究进展:概念、理论和数据[J].复杂系统与复杂性科学,2015,12(2):103-107. [Zhang X. Multilayer Networks Science: Concepts, Theories and Data[J]. Complex Systems and Complexity Science, 2015,12 (2):103-107.]

[81] 柳林,纪佳楷,宋广文.基于犯罪空间分异和建成环境的公共场所侵财犯罪热点预测[J].地球信息科学学报, 2019,21(11):1655-1668. [Liu L, Ji J K, Song G W. Hotspot prediction of public property crime based on spatial differentiation of crime and built environment[J]. Journal of Geo-information Science, 2019,21(11):1655-1668.]

[82] Poulsen E, Kennedy L W. Using dasymetric mapping for spatially aggregated crime data[J]. Journal of Quantitative Criminology, 2004,20(3):243-262.

[83] Harries K. Extreme spatial variations in crime density in Baltimore county, MD[J]. Geoforum, 2006,37(3):404-416.

[84] Badurek C A. Measuring change similarity of spatial entities: the case of the criminal history of place[D]. New York: State University of New York at Buffalo, 2005.

[85] Wolff M, Asche H. Towards 3D tactical intelligence assessments for crime scene analysis[C]//Computational science and its applications- ICCSA 2010. Springer Berlin Heideberg, 2010: 346-360.

[86] He L, Páez A, Liu D, et al. Temporal stability of model parameters in crime rate analysis: An empirical examination [J]. Applied Geography, 2015,58(3):141-152.

[87] Hunt E D, Sumner M, Scholten T J, et al. Using GIS to identify drug markets and reduce drug-related violence [M]// Geography and Drug Addiction. Springer Netherlands, 2008:395-413.

[88] Liu L, Wang X, Eck J, et al. Simulating crime events and crime patterns in RA/CA model[C]//Wang F. Geographic Information Systems and Crime Analysis. Singapore: Idea Group, 2005:197-213.

[89] Sivarajasingam V, Corcoran J, Jones D, et al. Relations between violence, calendar events and ambient conditions [J]. Injury, 2004,35(5):467-473.

[90] 李海蓉,杨林生,王五一,等. 150年来中国鼠疫的医学地理评估[J].地理科学进展,2001,20(1):73-80. [Li H R, Yang L S, Wang W Y, et al. Medical geographical evaluation on 150 years plague epidemic[J]. Progress in geography, 2001,20(1):73-80.]

[91] 杨林生,陈如桂. 1840年以来我国鼠的时空分布规律[J].地理研究,2000,19(3):243-248. [Yang L S, Chen R G. The temporal and spatial distribution of the plague foci since 1840 in China[J]. Geographical Research, 2000,19(3):243-248.]

[92] 别芹芹,邱冬生,胡辉,等.我国手足口病时空分布特征的GIS分析[J].地球信息科学学报,2010,12(3):380-384. [Bie Q Q, Qiu D S, Hu H, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of hand-foot-mouth disease in China[J]. Journal of Geo-information Science, 2010,12(3):380-384.]

[93] Solca B, Jaeggi-groisman S E, Saglini V, et al. Iodine supply in different geographical areas of Switzerland: Comparison between rural and urban populations in the Berne and the Ticino regions[J]. European Journal of Clinical Nutrition, 1999,53(9):754-755.

[94] Fosgate G T, Carpenter T E, Chomel B B, et al. Time-space clustering of human brucellosis, California, 1973-1992[J]. Emerging Infectious Diseases, 2002,8(7):672-678.

[95] 曹志冬,王劲峰,高一鸽,等.广州SARS流行过程的空间模式与分异特征[J].地理研究,2008,27(5):1139-1150. [Cao Z D, Wang J F, Gao Y G, et al. Spatial pattern and heterogeneity risk of severe acute respiratory syndrome epidemic in Guangzhou [J]. Geographical Research, 2008,27(5):1139-1150.].

[96] Rogers D J, Randolph S E. Studying the global distribution of infectious diseases using GIS and RS[J]. Nature Reviews Microbiology, 2003,1(3):231-237.

[97] Bavia M E, Hale L F, Malone J B, et al. Geographic information systems and the environmental risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil [J]. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 1999,60(4):566-572.

[98] 迟文学,王劲峰,李新虎,等.出生缺陷的空间点格局分析[J].环境与健康杂志,2007,24(4):238-241. [Chi W X, Wang J F, Li X H, et al. Spatial point pattern analysis of birth defects[J]. Journal of Environment and Health, 2007,24(4):238-241.]

[99] 宫鹏,徐冰,梁松.用遥感和地理信息系统研究传染病时空分布[J].中国科学C辑:生命科学,2006,36(2):184-192. [Gong P, Xu B, Liang S. Remote sensing and geographic information systems in the spatial temporal dynamics modeling of infectious diseases[J]. Science in China (Series C: Life Sciences), 2006,36(2):184-192.]

[100] 周晓农,胡晓抒,孙宁生,等.地理信息系统应用于血吸虫病的监测II. 流行程度的预测[J].中国血吸虫病防治杂志,1999,11(2):66-70. [Zhou X N, Hu X S, Sun N S, et al. Application of geographic information systems on schistosomiasis surveillance II. Predicting transmission intensity[J]. Chinese Journal of Schistosomiasis Contral, 1999,11(2):66-70.]

[101] 韩卫国,王劲峰,刘纪远,等. SARS时空分析系统的设计与实现[J].计算机工程,2005,31(8):40-42. [Han W G, Wang J F, Liu J Y, et al. Design and implementation of spatial and temporal analysis system of SARS[J]. Computer Engineering, 2005,31(8):40-42.]

[102] Wang F, Luo W. Assessing spatial and nonspatial factors for healthcare access: Towards an integrated approach to defining health professional shortage areas[J]. Health & Place, 2005,11(2):131-146.

[103] Wang F, McLafferty S, Escamilla V, et al. Late-stage breast cancer diagnosis and health care access in Illinois [J]. The Professional Geographer, 2008,60(1):54-69.

[104] 吴建军,孔云峰,李斌.基于GIS的农村医疗设施空间可达性分析——以河南省兰考县为例[J].人文地理,2008,23(5):37-42. [Wu J J, Kong Y F, Li B. The spatial accessibility analysis of rural medical facilities based on GIS: a case study of Lankao county, Henan province[J]. Human Geography, 2008,23(5):37-42.]

[105] 王远飞,张超.GIS和引力多边形方法在公共设施服务域研究中的应用——以上海浦东新区综合医院为例[J].经济地理,2006,25(6):800-803. [Wang Y F, Zhang C. GIS and gravity polygon based service area analysis of public facility: Case study of hospitals in Pudong new area[J]. Economic Geography, 2006,25(6):800-803.]

[106] 周成虎,裴韬,杜云艳,等.新冠肺炎疫情大数据分析与区域防控政策建议[J].中国科学院院刊,2020,35(2):200-203. [Zhou C H, Pei T, Du Y Y, et al. Big data analysis

on COVID-19 epidemic and suggestions on regional prevention and control policy[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2020,35(2):200-203.]

[107] Jia J S, Lu X, Yuan Y, et al. Population flow drives spatio-temporal distribution of COVID-19 in China[J]. Nature, 2020. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2284-y.

[108] 刘张,千家乐,杜云艳,等.基于多源时空大数据的区际迁徙人群多层次空间分布估算模型——以COVID-19疫情期间自武汉迁出人群为例[J].地球信息科学学报,2020,22(2):147-160. [Liu Z, Qian J L, Du Y Y, et al. Multi-level spatial distribution estimation model of the inter-regional migrant population sing multi-source spatio-temporal big data: A case study of migrants from Wuhan during the spread of COVID-19[J]. Journal of Geo-information Science, 2020,22(2):147-160.]

[109] Jakle J A. Topophilia: A study of environmental perception, attitudes, and values[J]. Journal of Historical Geography, 1975,1(3):325.

[110] Cresswell T. Geographic thought: A critical introduction [M]. Chichester, West Sussex, UK: Wiley- Blackwell, 2013.

[111] Ali K, Partridge M D, Olfert M R. Can geographically weighted regressions improve regional analysis and policy making? [J]. International Regional Science Review, 2007,30(3):300-329.

[112] Kwan M, Lee J, Michael I, et al. Geovisualization of human activity patterns using 3D GIS: A time-geographic approach [J]. Spatially Integrated Social Science Expamles in Best Practice, 2004:48-66.

[113] Elhorst J P. Spatial Panel Models[G] //Fischer M, Nijkamp P. Handbook of Regional Science. Berlin: Springer, 2014:1637-1652.

[114] Fotheringham A S. Spatial Interaction Models[G] // SMELSER N J, BALTES P B. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. Oxford: Pergamon, 2001:14794-14800.

[115] Brunsdon C, Fotheringham A S, Charlton M. Geographically weighted regression: A method for exploring spatial nonstationarity[J]. Geographical Analysis, 1996,28: 281-298.

[116] Anselin L. Local Indicators of Spatial Association-LISA [J]. Geographical Analysis, 2010,27(2):93-115.

[117] 鲁学军,秦承志,张洪岩,等.空间认知模式及其应用[J].遥感学报,2005,9(3):277-285. [Lu X J, Qin C Z, Zhang H Y, et al. Spatial cognitive model and its application[J]. Journal of Remote Sensing, 2005,9(3):277-285.]

[118] 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):338. [Gao J, Gong J H, Lu X J, et al. Spatial cognition research of geographic information science (column introduction) [J]. Journal of Remote Sensing, 2008,12(2):338.]

[119] 张琬卿,赵书宁,张冬韵,等.尺度对人口地图空间分异规律认知的影响[J].地球信息科学学报,2018,20(10):1396-1402. [Zhang W Q, Zhao S N, Zhang D Y, et al. The influence of scale on the cognition of spatial differentiation of population map[J]. Journal of Geo-information Science, 2018,20(10):1396-1402.]

[120] 董卫华,廖华,詹智成,等. 2008年以来地图学眼动与视觉认知研究新进展[J].地理学报,2019,74(3):599-614. [Dong W H, Liao H, Zhan Z C, et al. New progress of eye movement and visual cognition in cartography since 2008[J]. Acta Geographica Sinica, 2019,74(3):599-614.]

[121] Yano K, Nakaya T, Isoda Y, et al. Virtual Kyoto: 4DGIS Comprising spatial and temporal dimensions[J]. ChigakuZasshi (Jounal of Geography), 2008,117(2):464-478.

[122] 龚建华,周洁萍,徐珊,等. SARS传播动力学模型及其多智能体模拟研究[J].遥感学报,2006,10(6):829-835. [Gong J H, Zhou J P, Xu S, et al. Study on SARS propagation dynamics model and multi-agent simulation[J]. Journal of Remote Sensing, 2006,10(6):829-835.]

[123] Lin T P, Lin H, Hu M Y. 3D Visibility analysis in urban environment cognition research based on VGE[J]. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Copernicus Publications, 2013, II-2/W1:227-236.

[124] Gollini I, Lu B, Charlton M, et al. Gwmodel: An R package for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models[J]. Journal of Statistical Software, 2015,63(17):1-50.

[125] Lu B, Harris P, Charlton M, et al. The GW model R package: Further topics for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models[J]. Journal of Geospatial Information Science, 2014,17(2):85-101.

[126] Sarra A, Nissi E. A spatial composite indicator for human and ecosystem well-being in the Italian urban areas [J]. Social Indicators Research, 2020,148(2):353-377.

[127] Lagonigro R, Martori J C, Apparicio P. Understanding Airbnb spatial distribution in a southern European city: The case of Barcelona[J]. Applied Geography, 2020,115: 102136.