

社会地理计算的理论逻辑与研究范式及展望

苏世亮¹, 王卓伦¹, 何深静², 徐阳³, 陈逸敏⁴, 兰天¹

(1. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; 2. 香港大学城市规划及设计系, 香港 999077;
3. 香港理工大学土地测量及地理资讯学系, 香港 999077; 4. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要: 作为一个前沿的交叉学科研究领域, 社会地理计算彰显出巨大的发展前景。然而由于过度关注方法和技术本身, 缺乏对“是什么”和“为什么”等底层理论问题的探讨, 社会地理计算的发展面临着泡沫化、碎片化和无根化的突出困境, 引发了学术界对其理论“合法性”的质疑。针对这些学术挑战, 本文首先在学术史回溯中寻绎社会地理计算的理论逻辑。通过考察社会学、地理学以及地理信息科学源流演化与互动融合的发展脉络, 揭示出社会地理计算的逻辑理据根源于“空间转向”与“计算主义”两大标志性学术事件的碰撞; 其次, 以“游牧空间”反谱系学的思维模式划分了社会地理计算的概念域, 进而从横向分化与融接、纵向交叉与拼装两条路径阐释其“根茎”结构; 再次, 立足于范式的基本准则和框架, 通过系统性“理论演绎与归纳”的方式, 在认知论层面界定了社会地理计算的概念范畴与核心特征、在本体论层面确立了社会系统中的何物存在、在方法论层面提出了“理论与算法双重驱动”的分析方法及具体的研究路径; 最后, 将社会地理计算放置于后疫情时代“百年未有之大变局”考验的现实语境下, 廓清了社会地理计算所肩负的使命担当, 以期为当代地理学的理论创新和实践应用提供参考。

关键词: 社会地理计算; 社会学; 地理信息科学; 理论合法性; 研究范式; 空间转向; 计算主义
DOI: 10.11821/dlxb202401012

1 引言

自孔德提出“社会学”概念范畴以来, 社会学先后经历了古典社会学、结构功能主义社会学、多元综合社会学以及社会学理论重构(主要体现为空间转向、文化转向、后现代转向等重大“转向”)等发展阶段^[1]。在近两个世纪的发展过程中, 社会学始终没有摆脱方法论取向的“社会学危机”, 具体体现为实证主义与诠释主义之争、个体主义与整体主义之争、唯名论与唯实论之争、自然主义和非自然主义之争、一重范式与多重范式之争、科学主义与人本主义之争等不同形式的二元对立, 同时逐渐表现出学科边界模糊化和多学科交叉融合的趋势^[2]。究其根源, “社会学危机”受制于社会学方法论体系的自身局限性, 缺乏有效刻画社会系统自组织性、学习性、非线性、复杂性的能力, 无法有效揭示社会现象与社会系统的运行机制^[3]。与此同时, 时空大数据和人工智能技术日渐成熟, 地理信息科学的理论与方法得到了革新与发展, 为克服传统社会学的方法局限性提供了可能, 被越来越多的应用于社会规律的发现、组织结构的挖掘、因果关系的甄别和系统演化的预测与模拟, 同时促进了社会学的哲学反思^[4-5]。在这样的背景下, 社会地

收稿日期: 2023-02-27; 修订日期: 2023-08-01

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFB0503500); 武汉大学“351”人才计划 [Foundation: National Key R&D Program of China, No.2017YFB0503500; "351" Talent Plan of Wuhan University]

作者简介: 苏世亮(1985-), 男, 河北秦皇岛人, 博士, 教授, 中国地理学会会员(S110015799M), 研究方向为地理时空建模与地图可视化。E-mail: shiliangsu@whu.edu.cn

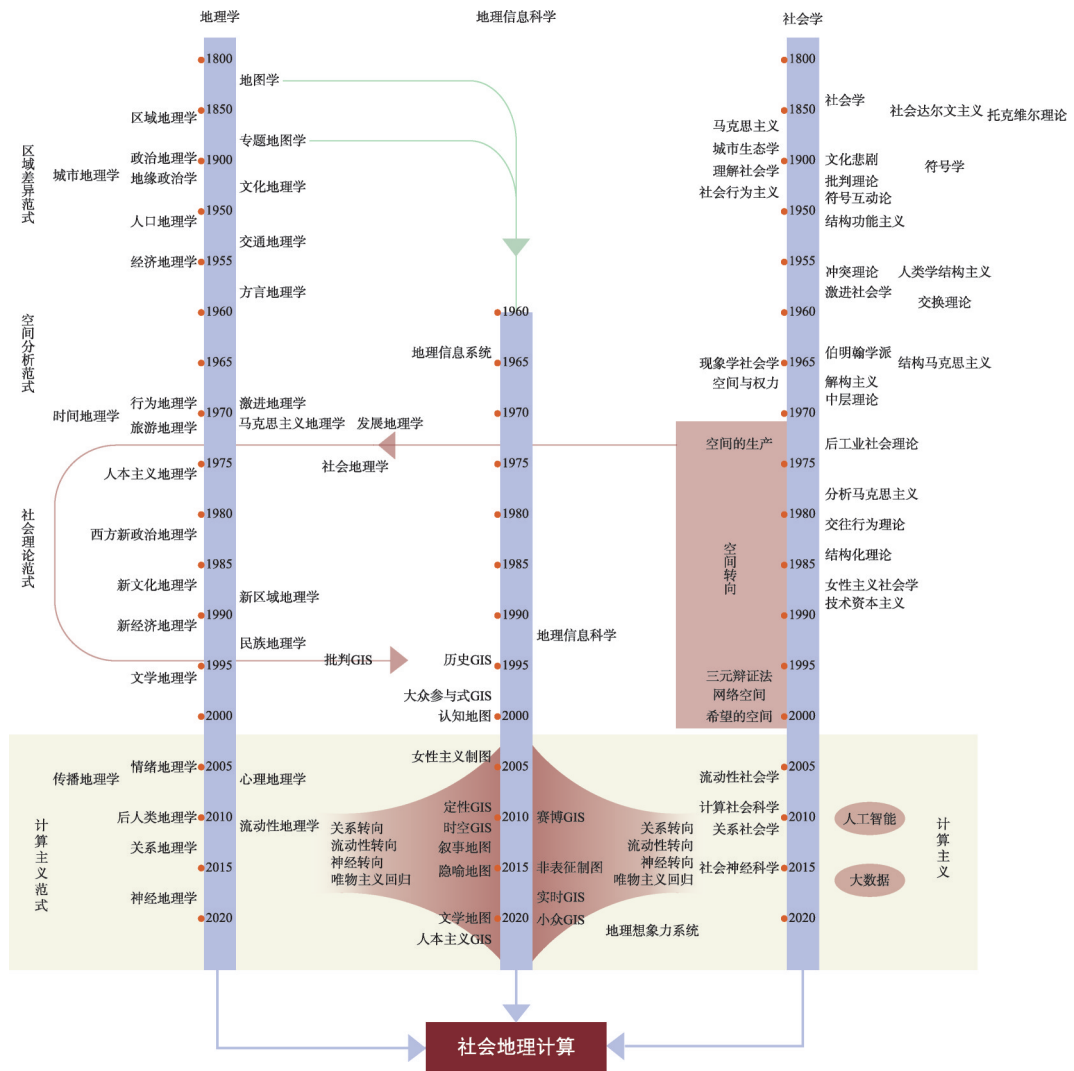
理计算应运而生,受到了社会科学诸多领域(社会学、经济学、管理学、旅游学、新闻学等)学者的关注,累累硕果彰显出其巨大的发展前景。然而,社会地理计算的发展依然面临一些突出的问题,具体体现为3点:①泡沫化。作为一个边界未定的新兴领域,大量智力资源在短期内涌入,提出了纷乱驳杂的学术观点,相关研究的信度和效度难以交互验证,陷入了概念炒作的泡沫危机。②碎片化。作为一条社会学与地理信息科学交叉融合的新进路,社会地理计算对研究人员提出了较高的要求,既要具备社会科学的理论功底,又要掌握地理信息科学的计算技能。然而,不同学科的学术话语尚未兼容,沟通对话依然处于碎片化的割裂状态。③无根化。作为一种塑造理性图景的新工具,社会地理计算在实践应用过程中表现出强烈的“唯算法”倾向,忽视了“是什么”和“为什么”等底层理论问题,不仅引发了学术界对其理论“合法性”的质疑,同时导致其在“从哪里来”和“到哪里去”等根源性问题上潜伏危机。

鉴于此,本文首先回归社会学、地理学与地理信息科学的发展脉络,聚焦影响学术发展脉络的关键节点,论证社会地理计算的理论“合法性”;其次,借助“根茎”理论对社会地理计算的概念域进行考察;再次,立足于范式的基本准则和框架,通过系统性“理论演绎与归纳”的方式,从认知论、本体论和方法论3个层面确立社会地理计算的研究范式;最后,将社会地理计算放置于后疫情时代“百年未有之大变局”考验的现实语境下,廓清社会地理计算的使命担当,以期为当代地理学的理论创新和实践应用提供参考。

2 社会地理计算的理论逻辑

新兴研究领域往往发轫于重大学术思潮推动下的范式跃迁。因此,剖析新兴研究领域的理论逻辑,应在学术史回溯中寻绎学科发展的演进脉络与标志性节点,探究学术思潮更迭嬗变所突破的关键理论问题。对于社会地理计算而言,这一关键节点正是社会学“空间转向”思潮的兴起与“计算主义”哲学认知的转变。一方面,“空间转向”中开创性的社会空间概念引发了社会学对空间的关注、地理学研究范式从“空间分析”到“社会理论”的转变,以及地理信息科学对“空间”表征的再审视,为社会学和地理信息科学架构了理论交汇的起点;另一方面,在“计算主义”哲学认知的影响下,大数据与人工智能的发展突破了空间表征和计算的关键性理论问题和技术方法,促进着社会学与地理信息科学的深度融合(图1)。

传统社会学将社会结构抽象为脱离时间和空间存在的研究主体,将空间仅视为社会关系和社会活动运行的处所和背景^[6],或者将空间让渡于时间,在时间维度上论述社会问题^[7]。因此,空间在社会学漫长的发展过程中一直处于整体缺失、局部隐晦的碎片化状态。Durkheim^[8]较早认识到空间在社会和社会研究中不可或缺的地位,在论证社会变迁时引入了空间关系的概念,通过对社会密度、物质密度和动力密度的变化分析,更加深入地剖析了社会分工的变化。Simmel对空间的研究则更为明确和详尽,将空间划分为物理空间、心灵空间和抽象空间^[9],为社会学深入洞察空间提供了全新的思路。与Simmel在宏观上拓展空间的内蕴不同,芝加哥学派将空间的载体指向城市,采取“地理民族志”的策略对城市空间开展经验研究,试图揭示城市空间结构的分异特征^[10]。经典社会学对于空间的认知大体从物理学和几何学的角度出发,以经典的物理学为知识基础来理解空间,割裂了空间和社会的联系^[11],疏漏了社会学中“社会空间”的存在。20世纪70年代,Lefebvre率先提出“空间生产”^[12]的社会理论,突出“空间自身的生产”,探讨社



注：图中的时间刻度主要为学科分支诞生的标志性节点或者发展相对成熟时期；古代地理学未纳入本次学术史考察。

图1 社会地理计算的逻辑理据

Fig. 1 Theoretical legitimacy of geo-computational social sciences

会力量建构空间的理论机制，掀开了“空间转向”的崭新篇章。至此，Foucault、Harvey、Jameson、Soja、Castells等社会学巨擘对社会空间展开了系统而详尽的理论阐述，将权力、知识、身体、网络、资本、政治等与空间密切相关的概念嵌入社会学理论体系以重新审视社会问题^[1]。自此，社会学家挣脱了对时间的偏向转而谛视空间，意识到社会存在的空间逻辑，即社会的空间性。

“空间转向”在鼓舞社会学拥抱空间的同时，亦深刻影响了地理学的发展历程，推动着地理学空间概念以及研究范式的不断重构。20世纪中期，“区域差异”的研究范式在地理学中占据了主导地位，强调使用经验主义的哲学思想与方法对区域的独特性进行解释性描述^[13]。进入20世纪60年代，“计量革命”如火如荼地开展，“区域差异”的研究范式逐渐被“空间分析”的研究范式所取代。空间不再被看作为区域特征的集合体，而是

一个可以用数学语言描述的、承载人—地关系的几何表面^[14]。立足于实证主义哲学的实践,“空间分析”的研究范式致力于发掘地理现象和特征的空间分布规律与普适性法则,为地理学构筑科学的方法论。到60年代后期,“空间分析”的研究范式受到了诸多批判。一方面,假设理想化和参数简单化的计量逻辑,忽视了地理学的综合性和多样性特征;另一方面,全球范围内政治变革与社会经济转型继续发酵,催生了一系列的重大社会问题。面对如何解决实际社会问题的现实挑战,“空间分析”的研究范式显得束手无策^[15]。在这样的困境下,“空间转向”为地理学开启了一扇全新的大门。地理学受到社会学哲学思想与理论的启发,“社会理论”的研究范式悄然兴起,形成了人文主义^[16]、(后)结构主义^[17]、女性主义^[18]、(后)殖民主义^[19]、后现代主义^[20]、(新)马克思主义^[6]、浪漫主义地理学^[21]等诸多思想与方法论。这些“主义”体现了地理学对空间社会属性的重视,促成了地理学对社会学理论的吸收、实践、拼贴、整合、交叉与融合。地理学呈现出多元化、精细化和专业化的发展态势,陆续发展出社会地理学、行为地理学、新文化地理学、新经济地理学、旅游地理学、传播地理学、文学地理学等分支学科^[22]。地理学的研究对象从物理意义上边界鲜明的“自然空间”,转向文化、权力、身体、资本、媒介、地方层面复杂多元的“社会空间”^[23],突破了通过自然科学理解空间的桎梏,空间的社会性得以显露。

在此背景下,地理信息科学的对象、功能以及应用领域亦在不断变化,并革新了空间表征的内涵与方法。Tomlinson立足于存在主义的制图实践,将地理信息系统(Geographic Information System, GIS)界定为表征空间实体位置与属性特征的数据模型。换言之, GIS以本体论的视角表征绝对化的牛顿空间^[24],通过距离量算和尺度综合将地理实体及其关系转换为笛卡尔坐标系下的结构化记录^[25],迅速成为了地理学“计量革命”的“排头兵”。在“空间转向”思潮下,本体论范畴下的GIS表征方法受到了来自不同“主义”批判GIS(Critical GIS)学派的质疑。GIS被批判为否定主观性存在的天真经验主义^[26]、惯性认知的父权主义^[27]、以及加强技术控制的殖民主义^[28],因此无法真正实现对社会空间的表征^[29]。批判GIS潮流引发了GIS学界的反思,同时也助力了空间表征理论与方法的迭代更新。大众参与式GIS^[30]、时空GIS^[31]、定性GIS^[32]、女性主义制图^[33]、赛博GIS^[34]、历史GIS^[35]、认知地图^[36]、叙事地图^[37]、隐喻地图^[38]、文学地图^[39]、非表征制图^[40]、人本主义GIS^[41]、地理想象力系统(Geographical Imagination System)^[42]、小众GIS(Minor GIS)^[43]被相继提出, GIS突破了本体论的局限性,进而走进了更广泛的社会空间实践活动,成为了表征社会空间的有效手段^[29, 42, 44]。与此同时, GIS不再被单纯的看作为地理数据模型和开展空间分析的工具,而是探讨和认识空间的理论与方法集合,进而被重新定义为地理信息科学(Geographical Information Science),成为了地理学的重要分支并与其他分支相互关联和协同。可见,“空间转向”激发社会学对于空间关注的同时,也促使地理信息科学撬动自然空间的固有边界对空间进行拓展和重构。“社会的空间性”和“空间的社会性”由此紧密汇聚在一起,共同支撑着社会学和地理信息科学的理论交汇。

“空间转向”铸起了社会学和地理信息科学理论交汇的起点,而两大学术脉络的深度融合则源于“计算主义”哲学认知的转变。随着信息技术的质性跃升和计算革命^[45]的迅猛发展,“计算主义”这一全新的哲学观应时而生。“计算主义”将计算定义为一种提喻(synecdoche)、诊断(diagnostic)、辩驳(rebuttal)和转换(formalizer)的工具,将人的大脑视为具有复杂结构的神经网络系统,而宇宙则被认为是由一系列算法和规则构成^[46]。从物理世界到心灵,从生命到宇宙都可以通过量化和计算的方式得到分析和解释^[47],引

发了社会学从认知论到方法论的重大转变。具体而言,社会学在经历了还原论^[48]、系统论^[49]和复杂系统论^[50]等范式统摄的阶段后,通过主动拥抱大数据和人工智能等新兴技术,确立了以可计算的方式来认知社会和世界^[51],实现了由计量到计算、由个体行为到社会系统、由单一学科向跨学科的重大转向^[52]。与此同时,“计算主义”催生了地理信息科学与大数据和人工智能的联姻,开启了“对人(社会)观测”的新时代。一方面,实时GIS(real-time GIS)让数据流的获取、存储、处理、分析以及可视化成为了可能,及时快速开展地理信息和知识生产,极大提升了对社会运行规律观测、解析和预测的能力^[53]。另一方面,神经感知、社会感知和地理智能打破了固定机械的空间数据分析模式,让人、社会等“主体”回归本位^[54],为定量揭示身体、网络、资本、政治、权力、场景、日常生活等社会空间的生产机制以及认知、情感、心智等具身体验的运行机制提供了强有力的技术支撑^[55]。更重要的是,地理信息科学的“计算主义”实践反哺了社会学和地理学对空间的认识和理解。空间被视为“关系”的产物,是各类社会结构(制度、风俗和指令等)、社会主体(个体、群体等)和非人类“物”间不断交互作用下所形成的拓扑结构^[56]。空间的流动性、开放性、感知性和情境性特征得到了前所未有的重视,社会学和地理学共同兴起了“流动性转向”(mobility turn)^[56]、“关系转向”(relational turn)^[57]、“神经转向”(neural turn)^[58]以及“唯物主义回归”(materialist returns)^[59],陆续演化出流动性社会学^[60]、流动性地理学^[61]、关系社会学^[62]、关系地理学^[63]、社会神经科学^[64]、神经地理学^[65]、情绪地理学^[66]、心理地理学^[67]以及后人类地理学^[68]等分支领域,为认识社会系统的本质建立了新的知识。由此可见,“计算主义”让社会学和地理信息科学真正突破了传统学科边界,成为了面向社会空间开展计算实践的学术共同体,从而在理论上解决了社会地理计算的合法性问题。

综上所述,“社会地理计算”的逻辑理据根源于社会学“空间转向”和“计算主义”哲学思潮兴起这两大标志性学术事件的碰撞。“空间转向”重构了空间的概念,积极推动着社会学“社会的空间性”和地理学“空间的社会性”的紧密汇集,同时激励着GIS走进了更广泛的社会空间实践活动,构建了社会学与地理信息科学的理论汇聚的起点。“计算主义”则融合了地理信息科学的计算方法与社会学的社会空间可计算的理论,推动着社会学与地理信息科学理论的深度融合。正是在两大学术脉络理论与方法的交汇与融合处,社会地理计算应运而生。

3 社会地理计算的概念域

社会地理计算产生的理论逻辑表明,社会地理计算是社会学、地理学以及地理信息科学相关分支学科交叉与融合所衍生出的概念范畴。这些分支学科在方法上和内容上相互影响、渗透和依存,因此呈现出边界模糊、相互重叠、彼此关联的特征。传统科学认知论的“树状结构”概念谱系,已无法清晰界定和深刻阐述这些学科分支和概念范畴间的逻辑关系。鉴于此,本文基于Deleuze的“根茎”(Rhizome)理论^[69]来考察社会地理计算的概念域。作为一种“反系谱学”的思维模式,“根茎”理论起源于对马铃薯等根茎类植物非规则性、去中心化、无方向性等生长模式的描述,强调事物不应该被看作为基于主体中心设定的、等级化的、层次化的系统,而应被看作为“洞穴”式或“根茎”状的平滑拓扑,宛如游牧民族一般始终保持流动。这种“游牧空间”的思维模式,打破了“树状结构”和“网络谱系”认知方式的禁锢,以更加动态和多元的“唯物主义”视角看

待事物间的联系，摆脱了线性因果、等级隶属、层级谱系的局限性。在“根茎”理论“游牧空间”的思维模式下，社会地理计算作为一种学科概念，不是对特定单一学科潜能的单次取用，而是多个学科潜能的持续取用、碎片聚拢和交叉融合，共同编织和创造一个复杂的概念域。这个概念域没有统一的起源点和中轴，亦没有固定的生长方向，表现为一个多样、无序、多产的“生长系统”。为了更深层次的剖析这一“生长系统”的结构特征（图2），本文分别从横向分化与融接、纵向交叉与拼装两条路径审视社会地理计算的概念域，为思维带来“游牧空间”的流畅体验。

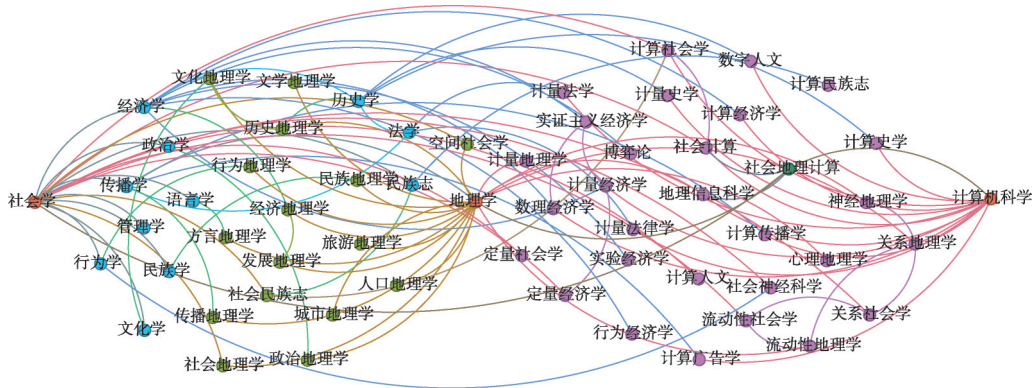


图2 社会地理计算概念域的“根茎结构”

Fig. 2 The Rhizomatic structure for the conceptual domains of geo-computational social sciences

从横向分化与融接的路径来看，无论是社会学还是地理学，随着对复杂社会现象和问题认知的逐渐深入，均细化出不同类别的具体研究对象，进而分化出不同的分支学科，从不同的角度对社会现象、问题以及它们之间的联系展开研究。由于这些分支对“空间”这一议题的共同关注，彼此之间相互作用和渗透，在融接的过程中逐步形成了对社会本质与运行规律的趋同认识。例如社会学在经历了不断横向分化后，逐步演化出现今包含政治学、经济学、传播学、管理学、行为学、民族学、文化学、语言学等结构完整、门类齐全的社会科学体系。这些分支学科通过与地理学的融接，形成空间社会学、社会地理学、政治地理学、经济地理学、传播地理学、发展地理学、行为地理学、民族地理学、文化地理学、方言地理学等分支学科，共同构成社会地理计算概念域的重要组成部分。

从纵向交叉与拼装的路径看，在计算机技术迭代更新以及多源数据可获取性增加的不断驱动下，从初期实证主义的定量逻辑，到“计量革命”的计量逻辑，再到21世纪“计算主义”的计算逻辑，学科交叉与拼装成为常态，传统的学科分界线逐渐消除，涌现出大量新的学科分支和前沿领域。例如经济学是社会科学中最早引入“计算”概念的学科，其经历了实证主义经济学、计量经济学、计算经济学的发展演变过程。在此过程中经济学通过与其他友邻学科的交叉融合，在方法论层面延伸出博弈论、实验经济学和行为经济学等概念。对于社会学而言，计量经济学所引发的量化革命推动了社会学从定性到定量研究范式的转型，催生了定量社会学的概念，而社交媒体和信息技术的兴起则带来了计算机科学与社会学的融合，并掀起了社会计算的研究热潮。这给社会科学带来质的变化，帮助学者克服了时空间的制约、认知的角度和程度、数据获取方式、计算能力等的局限。2009年Lazer等正式提出了“计算社会科学”的概念^[70]，呼吁用大数据、计算

建模等信息技术关注并诠释社会问题。紧接着,“计算社会科学宣言”^[71]的发表以及Lazer等学者对计算社会科学发展中阻碍与前景的再审视^[72],推动了计算社会科学的概念延展与分支繁衍^[73]。社会科学涵盖的经济学、社会学、传播学、历史学和法学等学科纷纷将计算范式纳入自身学科的理论体系^[74],孕育出计算经济学^[75]、计算社会学^[76]、计算传播学^[77]、计算史学^[78-79]、计算法学^[80]、计算民族志^[81]、计算人文^[82]等重要研究新进路。社会地理计算也是在“计算主义”范式之下涌现的“计算社会科学”家族的一员。由此可见,这些彼此关联、边界模糊的新兴概念,互为构成彼此的概念域(图2)。鉴于篇幅的有限性,本文在图1的基础上列举了部分典型的概念及定义,以方便读者更好理解社会地理计算的概念域(表1)。

表1 社会地理计算概念域中的典型概念

Tab. 1 Typical concepts under the Rhizomatic structure of geo-computational social sciences

概念	概念的定义和内涵	文献来源
空间社会学	基于社会的空间性考察和理解社会问题的研究方法	[83]
社会地理学	研究社会群体行为的空间模式以及这种空间模式形成过程的学科	[84]
行为地理学	地理学、制图学与心理学、行为科学等学科交叉所形成的一个地理学重要分支	[85]
文化地理学	研究人类文化、空间和地点之间的关系,关注文化起源、演化、传播和空间分布等现象的人文地理学的分支学科	[86]
大众参与式GIS	参与式理念与地理信息系统的有机结合	[30]
定性GIS	基于非定量数据提取地理特征与知识的GIS方法	[32]
人本主义GIS	以地理信息系统为工具探寻在地经验	[41]
叙事地图	地图学与叙事学的交叉新兴方向,借助地图语言开展时空叙事	[37]
隐喻地图	基于不同类型地图符号的组构生成具有语法结构的空间文本“喻体”,以实现对社会、观念、文化、精神等“本体”的表达	[38]
流动性社会学	透视和解释个体、空间、或缺场流动所引发的社会变迁及其带来的一系列社会困境	[60]
关系社会学	从关系主义的视角分析社会的本质与规律	[62]
社会神经科学	探究大脑如何理解并处理个体与社会互动的机制	[64]
神经地理学	基于神经机制解释人的心智和时空行为,是地理学与神经科学交叉融合的新分支	[65]
情绪地理学	研究个体、情绪与空间交互关系的新兴地理学方向	[66]
心理地理学	关于地理环境如何影响人类情感和行为的科学	[67]
定量社会科学	量化研究方法经突破发展而引起的当代社会科学转型的浪潮	[87]
计量经济学	借鉴自然科学的思维,以实验和定量计算的方式验证经济学和政治经济学的抽象规律,介于数学、统计学和经济学之间的交叉学科	[88]
社会计算	将社会科学理论与计算理论结合,使用系统科学、人工智能和数据挖掘的技术方法,以面对复杂性社会问题的一种理论和方法论体系	[89]
计算社会科学	利用大规模数据收集和分析能力以揭示个人和群体行为模式趋势及规律的新兴领域	[70]
	计算机科学、统计学和社会科学所形成的交叉学科,着重采用计算和统计方法挖掘数字化信息以研究社会现象	[90]
计算经济学	一种借助计算机技术解决经济问题的新方法	[91]
计算人文	利于数据资源和技术探索、发掘并解决人文学科问题	[82]

4 社会地理计算的研究范式

范式的原始意义是指一个普遍共享的模式或者模型。对于科学研究而言，范式意味着一套公认的思想、理论与方法体系，为学术共同体设立知识集合、认知边界和通用规则，为本领域在特定时间范围内开展学术活动提供论述方法、研究方法以及学术评价标准的参照框架^[92]。作为一个新兴的学科方向和研究领域，社会地理计算缺少一个经过系统性“理论演绎与归纳”的研究范式，不可避免的面临着“学术共同体缺乏凝聚力、研究对象不明确、发展路径不明晰”的困境。Guba等^[93]指出，认知论、本体论和方法论共同构成了范式的基本原则，分别界定了逻辑内涵、研究对象的本质存在、理论与方法的构建方式，为建立社会地理计算的研究范式提供了一个完整清晰的参考框架。基于此，本文从认知论、本体论和方法论3个层面建立社会地理计算的研究范式（图3）。

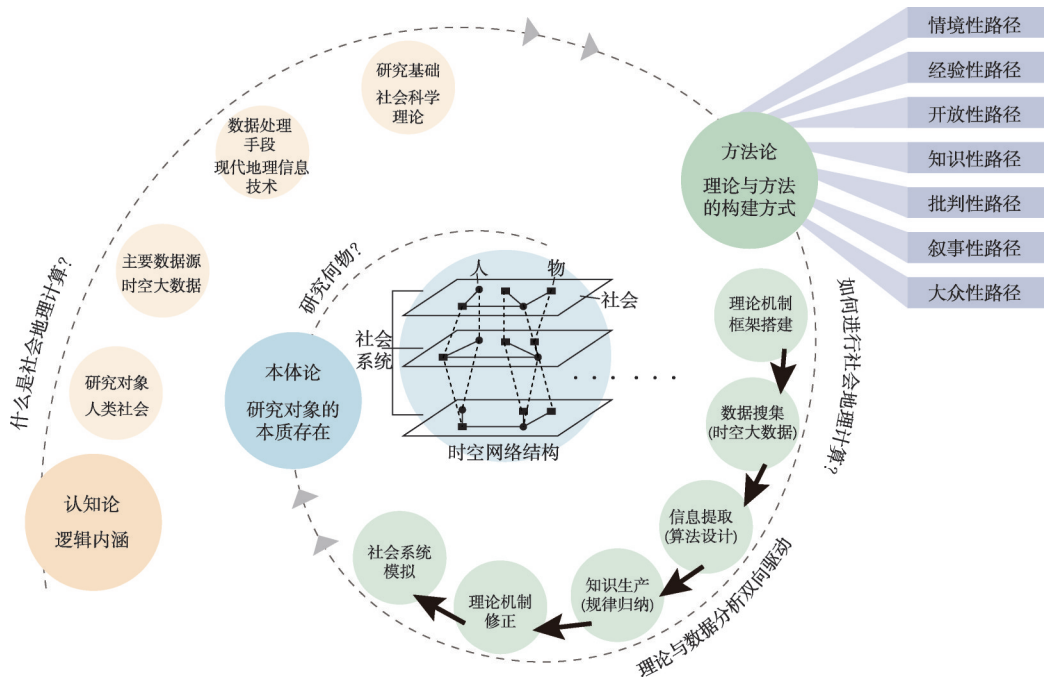


图3 社会地理计算的研究范式

Fig. 3 Research paradigm of geo-computational social sciences

4.1 认知论

到底什么是社会地理计算？社会地理计算如何帮助学者更好的认知世界与预测未来？迄今为止，学术界尚未形成一个广泛接受的明确共识。基于对社会地理计算理论“合法性”的论证以及概念域的考察，本文将社会地理计算定义为：依托社会科学的理论框架，借助时空大数据与人工智能等现代地理信息科技手段，对社会现象以及社会系统结构和功能的运行规律进行定量描述、阐释或模拟的理论与方法论体系的统称。从这一定义可以看出，社会地理计算具有5个突出的特点。

(1) 以社会系统为研究对象。作为一个高度复杂的系统，人类社会的组成要素（不同的人类个体、群体、组织和非人类“物”）在某些方面呈现出明显的趋同性或高度的相似性，却在另外一些方面具有极大的差异性和多样性。此外，个体与个体之间、个体

与群体、群体与系统、人类与非人类“物”之间均存在普遍的交互作用^[94],使社会系统在演化过程中具有了自组织性、适应性和非线性。此外,人类的具身体验以视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉等感官为通道,是多元且复杂的,可以通过语音、文本、人体姿态、面部表情等多模态形式体现。鉴于此,社会地理计算强调把经典社会学排除或简化的异质性、多样性和无序性等特征重新纳入研究的视野,而非对社会系统及其组成要素进行理想化、标准化和机械化的处理。

(2) 以时空大数据为主要数据源、以现代地理信息技术为数据处理手段。多样化的感知手段提供了大量的数据,人们可以通过这些数据对现实世界进行准确的预测和干预,从而实现人的感官向社会系统的进一步延伸。此外,时空大数据在样本的大小和类型上均表现出问卷调查不可比拟的优势,有助于甄别出潜藏指标和中介变量,突破了传统社会学的宏观与微观的二元分立体系。面对日益增长的计算规模和复杂度,利用CPU/GPU异构并行系统的高性能计算成为了提升计算执行效率的有效途径。知识发现不仅可以实现对社会个体或群体行为和心理的分析与挖掘,同时也可理解为理解社会系统组织和状态提供最直接的依据。可见,时空大数据和现代地理信息技术的运用,有助于从数据获取、存储及处理等各个层面打通社会地理计算实践的数据基础屏障,为描述各种社会现象的时空分布、扩散和变化,以及人类社会活动和地域结构的形成和发展,提供充足的、有规则的且合理的数据基础。

(3) 以社会科学理论为研究基础。单纯以时空大数据分析和人工智能驱动的计算实践,忽略了社会复杂性的根源,无法真正揭示社会运行的多样性、异质性、无序性、突变性,必须借鉴社会科学的理论,才能实现对社会建构的强有力解释,最终对社会问题进行深描。一方面,社会科学理论作为综合的观点体系,来源于社会实践并被充分验证,有助于从不同层面和不同角度对社会现象展开解释,进而为我们确立研究思路和方法提供方向上指引。另一方面,社会科学理论不是一成不变的,而是在社会实践中被不断的反思、修正与重构。因此,社会地理计算格外强调对社会学的经典理论和模型进行验证和批判,在实践中发展和形成新的社会学理论,这是社会地理计算研究创新发展的动力。

(4) 克服了传统社会学在方法论上的局限性。人类社会作为一个开放的复杂巨系统,由不同类型的个体、群体、组织和非人类“物”构成,表现出特定的形态结构,同时也在不断的更新和动态演化。此外,人类社会系统通过物质流、能量流与信息流与自然生态系统相互联系且相互作用,促使了人类社会系统处于持续开放的状态。因此,社会地理计算使用人工智能技术对社会现象、结构和功能的细粒度、动态性、网络化、能动性的刻画,既关注个体和群体等微观主体的行为特征及其对宏观组织的自适应和自我调节能力,又重视不同个体、群体、组织间的交互作用及其对整个社会系统的非线性影响,有利于开展因果推断并揭示社会系统的时空组织与结构所蕴含的复杂规律,结束了传统社会学整体主义和个体主义的争论,有助于提升社会规律甄别和模拟的信度和效度。

(5) 具有现实关怀的实践指向。社会地理计算不满足于象牙塔式的“空中楼阁”,强调“社会本质是实践”的现实关照,以学理化的方式定量呈现、解剖并解决社会现实问题 and 实践问题,最终形成社会进步和时代发展的塑造力和引领力。因此,社会地理计算不仅是一套理论和技术体系的集合,更是提炼和生成具有重要实践发展意义问题的过程与手段,即来源于社会实践并反馈和启发社会实践。由此可见,学术和实践意义的内在统一是社会地理计算的突出特点,也是其作为交叉学科的价值体现。

4.2 本体论

本体意指事物的本原和存在，是事物产生与发展的原始性和终极性依据。对于社会地理计算而言，本体论追问的是社会系统中的何物存在。现代社会学的空间本体论将社会看作为以资本、权力和空间互动的社会关系为基础的存在^[95]。空间本体论聚焦社会事实和资本化行动，被认为忽视了社会空间的物质性基础和动力因素，过度夸大了社会空间自我生产能力^[96]。针对这一困境，新唯物主义和后结构主义强调重新重视“物”或“非人类行动者”的存在及影响，并在本体层次上认识了物的能动性、生成性和生产力创造性^[96]。其中，物与人之间存在相互作用和内在作用，并在作用关系中彼此成就或排斥毁灭^[96]。新唯物主义和后结构主义本体论的核心特征是时空结构和网络性（如行动者网络理论）。时空网络结构不仅是描述物的能动性的重要尺度，也是社会系统的基本表现形式，更与人的意识与行为密切关联。时空结构统筹并融合了物、人与社会等要素，通过对不同时空尺度上要素间的关系和网络进行比较、协调和组织，最终将其嵌套为一个统一且相互联系的整体^[97]。时空结构使得微观层面上的差异性在宏观层面上的时空性质得到了延续和呈现，揭示了物、人与社会等要素联系的逻辑和过程，为克服空间本体论的缺陷、以及解决社会唯名论与社会实在论之争提供了一个全新的解决方案。显而易见，立足于新唯物主义和后结构主义本体论，社会地理计算将社会理解为关系和网络之生成，社会并不是封闭孤立的系统，而是由物、人（意识与行为）、社会彼此交织、动态联系有机体。

4.3 方法论

传统实证主义社会学遵循理论驱动的分析方法，在形成特定理论框架的基础上，将研究对象进行概念化、抽象化以及可测量变量化处理，进而通过问卷调查或田野实验收集数据，最后采用规范的数理统计和计量方法对理论模型进行验证。这种“假设—计量—检验”的分析方法，从本质上来说隶属于物理学“还原论”的范畴，在研究人类社会的实践中表现出两个突出的局限性：一方面，将复杂的社会现象和运行规律简化为一个可分解的组合结构，否定了人类社会的系统复杂性；另一方面，将研究重点锚定在个体微观层面，无法在宏观层面对人类社会进行整体性的探索^[52, 98]。大数据时代，Gray提出了数据密集型科学范式（eScience）^[99]，海量异构数据的知识发现与智能计算展现出传统定量方法无法企及的优势^[100]。在此背景下，数据驱动逐渐成为地理信息科学的主流研究范式，即设计智能化算法从大数据中提取关键变量，通过挖掘变量间的关联特征识别和模拟人类社会的时空模式和动态演化规律。在“数据万能论”的唯算法倾向影响下，数据的可获性成为了研究能否开展的决定性因素。这种“逆操作化”的研究方式，不仅加剧了追逐算法效率的过渡内卷，而且造成了数据分析和理论基础的严重脱节，引发了学术界对“盆景式”低效率研究的堪忧^[90, 101]。

就社会地理计算而言，其实践逻辑依赖于理论层面上的社会学机制以及方法层面上的智能算法算力。与“数据万能论”的观点不同，社会地理计算强调理论与数据分析并重，充分肯定理论框架的重要性和优先级，同时亦将传统的计量模型、田野调查以及数理统计方法视为时空大数据挖掘的有益且必要补充，希望以此搭建微观经验和宏观结构的桥梁。由此可见，社会地理计算采取“理论与算法双重驱动”的分析方法：以现实中具体的社会问题为研究导向，依托社会科学相关领域的知识、经验和理论为基础，构建研究理论机制框架，搜集并处理适当的原始数据集，通过设计有效的数据分析方法和智能模拟算法，提取关键变量并甄别变量间复杂的关联和因果关系，进而基于挖掘出的新知识与新经验对理论机制进行验证和修正，最终实现对社会系统运行规律的诠释和模

拟。可以看出,理论与算法双重驱动的分析方式,在打通了从数据搜集(时空大数据)到信息提取(算法设计)再到知识生产(规律归纳)研究屏障的基础上,完成了理论(假设)到分析再到理论(修正和思辨)的研究闭环,是一种探索人类社会系统组织构造和运行原理的全新方法论模式。

从本质上而言,“理论与算法双重驱动”的分析方法不仅体现了计算主义的方法论逻辑,同时也具有“社会学想象力”的方法论意涵。从古典起源(机体隐喻、社会事实论、形式社会学)到经典时代(城市生态学、理解社会学、社会团结理论)再到现代发展(符号互动论、结构功能论、现象学社会学、新马克思主义、后结构主义),整体主义和个体主义二元对立的方法论贯穿了社会学的发展过程。Mills的“社会学想象力”完成了对整体主义和个体主义方法论的超越,强调从个体行为和经历层面进入结构并在此基础上完成对社会和历史的结构分析^[102]。“社会学想象力”不仅整合了整体主义与个体主义方法论,同时也确立了社会学方法论多元化和灵活性的“品格”^[103]。与此同时,计算主义的方法论强调社会系统可通过算法和一系列规则来表达,社会系统结构与复杂计算结构在本质上表现为同态或者同构的关系^[51]。尽管个体行为与社会历史的联系性、互动性和延续性形成条件千差万别,但最终均可以通过同构或同态关系的计算结构来描述^[51]。可见,计算主义方法论逻辑与“社会学想象力”的方法论意涵之间高度契合,是“理性设计”和“感性认识”的不谋而合。“理论与算法双重驱动”的分析方法搭建了“社会学想象力”方法论和计算主义方法论的纽带,让分野的“理性设计”和“感性认识”贯通融合,最终实现了“时空结构”从本体论到方法论的转换。

从方法论层面来看,“理论与算法双重驱动”的分析方法坚持理论的适切性和方法的多样性,以创造出情境性的、经验的、开放的、知识的、批判的、叙事的、大众的分析路径,以克服宏观—微观、主观—客观、定量—定性、自然—社会等二元对立的方法论局限性。具体而言,社会地理计算方法论路径主要体现为7类:①情境性路径。将研究对象与不同时空尺度(情境)下的影响因素进行关联和综合分析,杜绝对研究对象的单独抽取和孤立分析;②经验性路径。强调主观性和客观性的统一,在动态过程中关注主观感知、意识以及体验等具身经验,同时重视与“物”之间的交互机制;③开放性路径。社会地理计算倡导使用“五感”感知、情绪多模态识别、神经计算、生命模拟等新兴人工智能技术,同时也对话语分析、结构主义分析、参与式观察、精神分析、民族志等质性分析方法持开放包容的态度,不断的优化与重构方法论体系;④知识性路径。鉴于研究对象本体的生动性和交互性,社会地理计算主张打破不同学科间的理论与方法界限,在实践过程中建立知识并以此追问社会系统拓扑结构的本源;⑤批判性路径。社会地理计算积极吸纳社会学、心理学、传播学、经济学、行为学、生态学等学科领域的理论,同时对这些理论保持批判的态度。通过实践不断与时俱进,形成新的理论化知识与框架;⑥叙事性路径。除去对社会秩序与规则等宏大叙事的关注,社会地理计算也致力于探索日常生活。通过对日常生活的性别差异化、地域差异化、阶层差异化、权力差异化的叙事,更加真实具体的厘清社会现象和问题产生的根源;⑦大众性路径。社会地理计算现实关怀的一个核心目标,是揭示社会系统中的不平等问题,强调学术研究关注大众社会,并据此形成改变权力结构与关系的现实策略。因此,社会地理计算是“社会学想象力”方法论迈向大众社会、“赋权”个体的关键路径。

从实践过程来看,社会地理计算的方法论表现为3种典型模式:

(1)社会学理论统摄下的智能算法交互验证。近年来,不同类型和计算原理的智能算法层出不穷。针对特定的研究议题,在选定的社会学理论框架下,使用不同的智能算

法开展数据分析,对其分析结果进行交互对照和验证,可以有效克服单一算法的局限性并减少数据分析的不确定性,真正做到“孤证不立、多证方立”,最终实现对社会问题的深度剖析。如Hu等^[104]在特征价格模型的理论框架下开展城市房租影响因素的研究,通过对比6种机器学习算法的测算结果,识别出关键的影响因素变量,并以此为基础实现了对深圳市房租的动态监测。

(2) 地理信息技术支撑下的社会学理论效度检验。在很多情况下,不同的理论学派对同一社会现象或问题往往有着不同的认识和诠释。借助大数据分析以及人工智能等现代地理信息技术,可以开展不同社会学理论效度的定量对比分析,最终降低理论漏洞和谬误的风险。如Sun等^[105]以120急救大数据为数据源,首先以物理环境决定论和社会环境决定论两大流派的观点为基础提出了理论假设;进而通过地理加权回归识别出了饮酒的空间影响因素,并以此为基础反驳了社会环境决定论在中国城市语境下的理论适用性。

(3) 大数据条件下的社会知识再生产与理论再构建。大数据是人群活动以及社会运转的重要数据载体,为社会学知识再生产以及理论再构建提供了切实可行的路径。因此,对各类时空大数据的挖掘、分析与模拟,有助于发现传统理论未曾揭示的现象与规律,形成新的知识领域。在此基础上,对知识的深度综合和理论归纳,可以进一步构建新的理论模型。如Feng等^[106]以国土监测大数据为数据源,通过设计多中心识别算法并开展地理智能模拟,对杭州湾地区多中心空间结构的长时间序列变化进行了模拟与预测,最终构建了一个全新的城市化理论假说模型。

5 社会地理计算的使命担当

21世纪以来,中国的地理学积极与国际学术界接轨和对话,经历了快速的发展并取得了长足的进步,但同时也面临着突出的困境和挑战。一方面,对西方理论的盲目运用导致了大量新概念的引入,缺乏严谨的范式 and 科学的方法支撑,造成了地理学脱离本土的外生化发展^[107]。另一方面,过度追求时空大数据以及人工智能等新方法的使用,忽略了数据计算所涉及的地理学基本理论内涵,呈现出“精致的平庸”的态势^[108],与中国地理学“以解决实际问题”为导向的学科价值理念背道而驰。后疫情时代,中国正经历着“百年未有之大变局”的考验,社会地理计算作为一个年轻且富有活力的前沿研究领域,不仅肩负着创建地理学学术话语权的重任,更被赋予了服务本土社会实践的使命。主要体现为如下5个方面(图4):

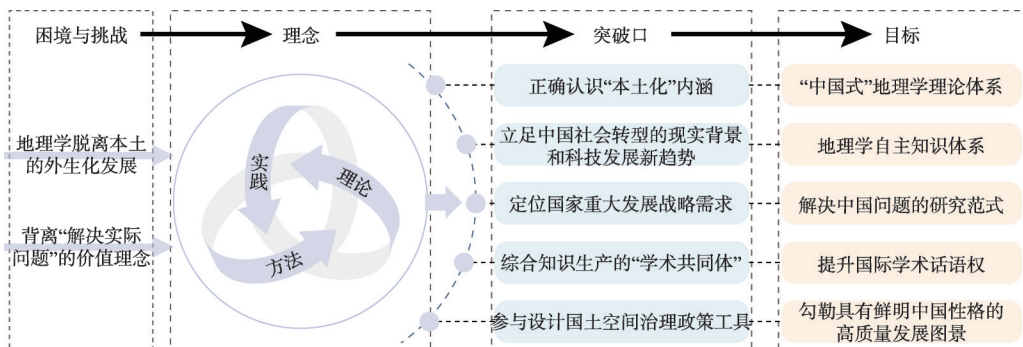


图4 社会地理计算的使命担当

Fig. 4 Research agenda of geo-computational social sciences against China's context

(1) 正确认识“本土化”内涵,助力建立“中国式”地理学理论体系。社会地理计算的研究范式主张运用“社会学想象力”理解和认识社会问题,在根源上否定了二元对立的认知论和方法论。因此,社会地理计算对于“本土化”的解读,是西方理论与本土特质的双向奔赴与对话。一方面,需要开展起点的反思,厘清西方主流理论的内在逻辑与发生条件,对其理论时效性和方法契合度进行双重检验,进而将西方理论与中国社会传统和地理国情进行有机结合。另一方面,立足于中国社会时空结构特征及其与全球的地理联系,从中国社会发展与全球联系变迁的视角考察地理学发展脉络,构建能够彰显中国本土特色和解释社会问题的理论体系,为国际地理学发展提供宝贵的“中国”经验和智慧。

(2) 立足中国社会转型的现实背景和科技发展新趋势,探索地理学建构自主知识体系的现实路径。科技创新是国家和学科构建自主知识体系的重要引擎。对于社会地理计算而言,亟需面向中国社会系统的复杂性和独特性,攻克模拟社会系统的关键核心技术,促进对社会系统时空演变规律的理解和知识建构,继而破解中国地理学在解决社会问题时的“卡脖子”和“卡脑子”困境。具体而言,需要重点从耦合实时GIS与具身智能(Embodied AI)的对人观测、对人观测大数据的有效聚合和模式挖掘、社会系统时空演化智能模拟、高价值社会场景的可视化重现等环节入手,探索自主知识体系构建的现实路径,推动地理学的创新发展。

(3) 定位国家重大发展战略需求,在实践中形成解决中国问题的研究范式。中国的地理学强调从实际出发并解决实际问题^[109]。“十四五”规划和2035年远景目标纲要,阐明了新型城镇化、乡村振兴、国土空间优化、生态文明、生产力布局、数字治理、健康中国、碳中和与碳达峰等国家重大发展战略需求。社会地理计算所聚焦的社会系统时空结构,正是这些重大发展战略的核心本体问题。此外,“理论与算法双重驱动”的分析方法可为这些重大战略的实施与调控提供技术支撑。鉴于此,社会地理计算应面向国家重大战略需求凝练科学命题,着力于具体区域和具体问题的地理规律,在实践进程中不断推进理论与方法创新,最终形成建立一套解决中国问题的研究范式。

(4) 培育综合知识生产的“学术共同体”,提升国际学术话语权。社会实践与科学发展过程中最基本形式和最重要任务就是知识生产。因此,新兴交叉学科诞生、存在和发展的核心使命之一就是开展综合知识生产。对于社会地理计算来说,高质量的综合知识生产需要依托“学术共同体”的培育。具体而言,应坚持“政—产—学—研—用”五位一体的发展理念,打破传统学科门类划分的藩篱束缚,改善以学校和课堂为中心的单一人才培养模式,推动交叉学科平台建设和创新复合型人才培养,形成“学术共同体”,持续生产具有创新应用和价值转化潜力的综合知识。这些综合知识如“地方蜂鸣”一般,通过“全球管道”在世界范围无摩擦的漫游,不断提升国家的国际学术话语权。

(5) 参与设计国土空间治理政策工具,勾勒具有鲜明中国性格的高质量发展图景。中国的地理学正处于从知识生产到决策参与华丽蜕变的历史进程^[110]。社会地理计算方法论的情境、经验、开放、知识、批判、叙事、大众分析路径,可为规划决策提供前瞻性的研判、动态性的实施监督以及优化性的评估。因此,社会地理计算的“学术共同体”应积极参与设计“三区三线”“公共交通导向发展”“一刻钟社区生活圈”“宜居城市”“都市圈与城市群”等国土空间治理政策工具,引领和擘画新时代中国高质量发展的蓝图。

6 结语

随着人类社会步入高度数字化的阶段,智能计算成为了洞察和诠释社会现象与问题的必然选择。作为一个前沿的交叉学科研究领域,社会地理计算在揭示人类社会运行规律、发展模式和模拟预测等方面彰显出巨大的发展前景。遗憾的是“是什么”和“为什么”等底层理论问题尚未得到解决,社会地理计算的发展面临着泡沫化、碎片化和无根化的突出困境,引发了学术界的诸多批评和质疑。针对这些研究局限性,本文首先论证了社会地理计算的理论“合法性”,同时辨识了相关的概念域,进而通过系统性“理论演绎与归纳”的方式,从认知论、本体论、方法论3个层面确立了社会地理计算的研究范式,最后将社会地理计算放置于后疫情时代的现实语境下,廓清了社会地理计算的使命担当。本文的学术贡献主要体现为两点:①剖析了社会地理计算所涉及的学术脉络和体系,论证了支撑社会地理计算发生发展的逻辑理据;②提出了社会地理计算的研究范式,为推动社会地理计算的实践应用提供了参照框架和价值导向。特别需要说明的是,本文虽在理论层面为社会地理计算所面临的问题做出了初步的解答,但相关的论述和演绎的结果绝对不是唯一的答案。希望通过本文的抛砖引玉,引发更底层、更广泛的反思和争鸣,进一步推动社会学与地理信息科学的交叉融合,促使社会地理计算走向更为广阔的天地。

参考文献(References)

- [1] Jasso G. Notes on the history of Social Science Research: In celebration of its 50th anniversary. *Social Science Research*, 2022, 108: 102780. DOI: 10.1016/j.ssresearch.2022.102780.
- [2] Sell J. Definitions and the development of theory in social psychology. *Social Psychology Quarterly*, 2018, 81(1): 8-22.
- [3] Jasso G. Mathematical sociology//Brunsma D L. *Handbook of Sociology and Human Rights*. Oxford: Taylor and Francis, 2015: 336-354.
- [4] Lundberg I, Brand J E, Jeon N. Researcher reasoning meets computational capacity: Machine learning for social science. *Social Science Research*, 2022, 108: 102807. DOI: 10.1016/j.ssresearch.2022.102807.
- [5] Nelson L K. Computational grounded theory: A methodological framework. *Sociological Methods & Research*, 2020, 49(1): 3-42.
- [6] Soja E W. *Postmodern Geographies: The Reassertion of Space in Critical Social Theory*. London: Verso, 1989.
- [7] Foucault M, Miskowiec J. Of other spaces. *Diacritics*, 1986, 16(1): 22-27.
- [8] Durkheim E. The division of labor in society//Grusky D. *Social Stratification, Class, Race, and Gender in Sociological Perspective*. London: Routledge, 2019: 178-183.
- [9] Simmel G. *Sociology: Studies on Forms of Socialisation*. Lin Rongyuan, trans. Beijing: HuaXia Publishing House, 2002. [格奥尔格·齐美尔. 社会学: 关于社会化形式的研究. 林荣远, 译. 北京: 华夏出版社, 2002.]
- [10] Ying Licheng. Towards what kind of spatial sociology: The four scenarios of space as a sociological object and reflections. *China Social Science Review*, 2019(1): 50-63, 142-143. [营立成. 迈向什么样的空间社会学: 空间作为社会学对象的四种路径与反思. *中国社会科学评价*, 2019(1): 50-63, 142-143.]
- [11] Liu Shaojie, Cheng Shiqiang. *Analysis of Western Spatial Sociology Theory*. Beijing: China Renmin University Press, 2020. [刘少杰, 程士强. 西方空间社会学理论评析. 北京: 中国人民大学出版社, 2020.]
- [12] Lefebvre H. *The Production of Space*. London: Blackwell, 1991.
- [13] Hartshorne R. The nature of geography: A critical survey of current thought in the light of the past. *Annals of the Association of American Geographers*, 1939, 29(3): 173-412.
- [14] Schaefer F K. Exceptionalism in geography: A methodological examination. *Annals of the Association of American Geographers*, 1953, 43(3): 226-249.
- [15] Harvey D. *Explanation in Geography*. Gao Yongyuan, Liu Lihua, Cai Yunlong, trans. Beijing: The Commercial Press, 1996. [大卫·哈维. 地理学中的解释. 高泳源, 刘立华, 蔡运龙, 译. 北京: 商务印书馆, 1996.]
- [16] Tuan Y F. *Humanist Geography: An Individual's Search for Meaning*. Staunton: George F Thompson Publishing, 2012.

- [17] Doel M A. Post-structuralist geography: A guide to relational space by Jonathan Murdoch. *Annals of the Association of American Geographers*, 2007, 97(4): 809-810.
- [18] Sharp J. Geography and gender: What belongs to feminist geography? Emotion, power and change. *Progress in Human Geography*, 2009, 33(1): 74-80.
- [19] Hooker J. Crisis, revolt and geographies of coloniality. *Dialogues in Human Geography*, 2019, 9(3): 344-348.
- [20] Lagopoulos A P. Postmodernism, geography, and the social semiotics of space. *Environment and Planning D: Society and Space*, 1993, 11(3): 255-278.
- [21] Tuan Y F. *Romantic Geography: In Search of the Sublime Landscape*. Wisconsin: University of Wisconsin Press, 2013.
- [22] Gu Chaolin. *An Introduction to Human Geography*. Beijing: Science Press, 2012. [顾朝林. 人文地理学导论. 北京: 科学出版社, 2012.]
- [23] Hubbard P, Bartley B, Fuller D, et al. *Thinking Geographically: Space, Theory and Contemporary Human Geography*. London: A&C Black, 2002.
- [24] Peuquet D J. Representations of geographic space: Toward a conceptual synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 1988, 78(3): 375-394.
- [25] Tobler W. The development of analytical cartography: A personal note. *Cartography and Geographic Information Science*, 2000, 27(3): 189-194.
- [26] Schuurman N. Trouble in the heartland: GIS and its critics in the 1990s. *Progress in Human Geography*, 2000, 24(4): 569-590.
- [27] O'Sullivan D. Geographical information science: Critical GIS. *Progress in Human Geography*, 2006, 30(6): 783-791.
- [28] Palmer M, Rundstrom R. GIS, internal colonialism, and the US Bureau of Indian Affairs. *Annals of the Association of American Geographers*, 2013, 103(5): 1142-1159.
- [29] Schuurman N. Formalization matters: Critical GIS and ontology research. *Annals of the Association of American Geographers*, 2006, 96(4): 726-739.
- [30] Dunn C E. Participatory GIS: A people's GIS? *Progress in Human Geography*, 2007, 31(5): 616-637.
- [31] Goodchild M F. Prospects for a space-time GIS. *Annals of the Association of American Geographers*, 2013, 103(5): 1072-1077.
- [32] Cope M, Elwood S. *Qualitative GIS: A Mixed Methods Approach*. London: SAGE Publications, 2009.
- [33] Kwan M P. Feminist visualization: Re-envisioning GIS as a method in feminist geographic research. *Annals of the Association of American Geographers*, 2002, 92(4): 645-661.
- [34] Wang S. A CyberGIS framework for the synthesis of cyberinfrastructure, GIS, and spatial analysis. *Annals of the Association of American Geographers*, 2010, 100(3): 535-557.
- [35] Gregory I N, Healey R G. Historical GIS: Structuring, mapping and analysing geographies of the past. *Progress in Human Geography*, 2007, 31(5): 638-653.
- [36] Schmidt B, Redish A D. Navigation with a cognitive map. *Nature*, 2013, 497(7447): 42-43.
- [37] Caquard S. Cartography I: Mapping narrative cartography. *Progress in Human Geography*, 2013, 37(1): 135-144.
- [38] Su Shiliang, Wang Lingqi, Du Qingyun, et al. Fundamental theoretical issues of metaphorical map. *Journal of Geoinformation Science*. 2022. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.P.20221228.1741.001.html>. [苏世亮, 王令琦, 杜清运, 等. 隐喻地图的基本理论问题. *地球信息科学学报*. 2022. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.P.20221228.1741.001.html>.]
- [39] Guo Fangyun. *Literary Cartography*. Beijing: The Commercial Press, 2020. [郭方云. 文学地图学. 北京: 商务印书馆, 2020.]
- [40] Rossetto T. Semantic ruminations on 'post-representational cartography'. *International Journal of Cartography*, 2015, 1(2): 151-167.
- [41] Zhao B. Humanistic GIS: Toward a research agenda. *Annals of the American Association of Geographers*, 2022, 112(6): 1576-1592.
- [42] Bergmann L, Lally N. For geographical imagination systems. *Annals of the American Association of Geographers*, 2021, 111(1): 26-35.
- [43] Wilson M W. GIScience I: Social histories and disciplinary crucibles. *Progress in Human Geography*, 2021, 45(1): 166-177.
- [44] Crampton J W. Maps as social constructions: Power, communication and visualization. *Progress in Human Geography*, 2001, 25(2): 235-252.

- [45] Hofman J M, Watts D J, Athey S, et al. Integrating explanation and prediction in computational social science. *Nature*, 2021, 595(7866): 181-188.
- [46] Abebe R, Barocas S, Kleinberg J, et al. Roles for computing in social change. *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. New York, 2020: 252-260.
- [47] Qi Leilei. Philosophical analysis of computer simulation methods. *Academic Research*, 2018(7): 30-36. [齐磊磊. 计算机模拟方法的哲学分析. *学术研究*, 2018(7): 30-36.]
- [48] Gallagher R, Appenzeller T. Beyond reductionism. *Science*, 1999, 284(5411): 79.
- [49] Bertalanffy L. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller, 1968.
- [50] Holland J H. Complex adaptive systems. *Daedalus*, 1992, 121(1): 17-30.
- [51] Qi Leilei. A view on complex systems from computer simulation methods to computationalism. *Chinese Journal of Systems Science*, 2015, 23(1): 14-18. [齐磊磊. 从计算机模拟方法到计算主义的哲学思考: 基于复杂系统科学哲学的角度. *系统科学学报*, 2015, 23(1): 14-18.]
- [52] Chen Yunsong. The macro turn of quantitative research in contemporary sociology. *Social Sciences in China*, 2022(3): 127-144, 207. [陈云松. 当代社会学定量研究的宏观转向. *中国社会科学*, 2022(3): 127-144, 207.]
- [53] Li W, Batty M, Goodchild M F. Real-time GIS for smart cities. *International Journal of Geographical Information Science*, 2020, 34(2): 311-324.
- [54] Liu Y, Liu X, Gao S, et al. Social sensing: A new approach to understanding our socioeconomic environments. *Annals of the Association of American Geographers*, 2015, 105(3): 512-530.
- [55] Miller H J. Geographic information science II: Mesogeography: Social physics, GIScience and the quest for geographic knowledge. *Progress in Human Geography*, 2018, 42(4): 600-609.
- [56] Faist T. The mobility turn: A new paradigm for the social sciences? *Ethnic and Racial Studies*, 2013, 36(11): 1637-1646.
- [57] Allen J, Massey D, Cochrane A, et al. *Rethinking the Region: Spaces of Neo-Liberalism*. London: Routledge, 1998.
- [58] Korf B. A neural turn? On the ontology of the geographical subject. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2008, 40(3): 715-732.
- [59] Lu Wei, Yin Duo, Zhu Hong. The progress of more-than-human geographies in Western geography. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(10): 2178-2191. [卢薇, 尹铎, 朱竑. 西方超越人类的地理学研究进展. *地理学报*, 2019, 74(10): 2178-2191.]
- [60] Sheller M, Urry J. The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2006, 38(2): 207-226.
- [61] Xu Weilin, Chai Yanwei. Advances in space-time behaviour studies: From the perspective of geographies of mobility. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(4): 1015-1027. [许伟麟, 柴彦威. 移动性地理学视角下时空行为研究创新. *地理学报*, 2023, 78(4): 1015-1027.]
- [62] Donati P. *Relational Sociology: A New Paradigm for the Social Sciences*. Liu Jun, Zhu Xiaowen, trans. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2018. [尼皮耶尔保罗·多纳蒂. 关系社会学. 刘军, 朱晓文, 译. 上海: 上海人民出版社, 2018.]
- [63] Cai Xiaomei, Liu Meixin. Research progress of relational geography under the background of post-structuralism. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(8): 1680-1694. [蔡晓梅, 刘美新. 后结构主义背景下关系地理学的研究进展. *地理学报*, 2019, 74(8): 1680-1694.]
- [64] Callard F, Fitzgerald D. *Rethinking Interdisciplinarity across the Social Sciences and Neurosciences*. New York: Palgrave Macmillan, 2015.
- [65] Pykett J. Geography and neuroscience: Critical engagements with geography's "neural turn". *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2018, 43(2): 154-169.
- [66] Finlayson C C. Spaces of faith: Incorporating emotion and spirituality in geographic studies. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2012, 44(7): 1763-1778.
- [67] Coverley M. *Psychogeography*. London: Pocket Essentials, 2006.
- [68] Greenhough B. More-than-human geographies//Lee R, Lawson V, Kitchin R, et al. *The Sage Handbook of Human Geography*. London: Sage, 2014: 94-119.
- [69] Deleuze G, Guattari F. *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*. London: Bloomsbury Publishing, 1988.
- [70] Lazer D, Pentland A, Adamic L, et al. Computational social science. *Science*, 2009, 323(5915): 721-723.
- [71] Conte R, Gilbert N, Bonelli G, et al. Manifesto of computational social science. *The European Physical Journal Special Topics*, 2012, 214(1): 325-346.

- [72] Lazer D M, Pentland A, Watts D J, et al. Computational social science: Obstacles and opportunities. *Science*, 2020, 369 (6507): 1060-1062.
- [73] Alvarez R M. *Computational Social Science: Discovery and Prediction*. New York: Cambridge University Press, 2016.
- [74] Edelman A, Wolff T, Montagne D, et al. Computational social science and sociology. *Annual Review of Sociology*, 2020, 46(1): 61-81.
- [75] Xiong Hang, Ju Cong, Li Lvcheng, et al. Discipline attributes, research method system and typical research fields of computational economics. *Economic Review*, 2022(3): 146-160. [熊航, 鞠聪, 李律成, 等. 计算经济学的学科属性、研究方法体系与典型研究领域. *经济评论*, 2022(3): 146-160.]
- [76] Bainbridge W S. *Computational sociology*//Ritzer G. *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*. New York: John Wiley & Sons, 2007: 639-645.
- [77] Liu Qingzhen, Zhong Shuping, Niu Xinquan. Computational communication: Origin, concept and computationalism perspective. *Journal of Western*, 2019(8): 10-15. [刘庆振, 钟书平, 牛新权. 计算传播学: 缘起、概念及其计算主义视角. *西部学刊*, 2019(8): 10-15.]
- [78] Ma Jianqiang. Computational history: Historical research in the big data era. *Academic Forum*, 2015, 38(12): 99-105. [马建强. 计算历史学: 大数据时代的历史研究. *学术论坛*, 2015, 38(12): 99-105.]
- [79] Han Jiong. From quantitative historiography to a new historiography of big data and computational thinking: Reflections on the new tendency of quantitative historical research in the west. *Historiography Bimonthly*, 2016(1): 65-74, 159. [韩炯. 从计量史学迈向基于大数据计算思维的新历史学: 对当代西方史学量化研究新发展的思考. *史学理论研究*, 2016(1): 65-74, 159.]
- [80] Zuo Weimin. The future of computational law in China: Reflection and prospects. *Tsinghua University Law Journal*, 2022, 16(3): 196-208. [左卫民. 中国计算法学的未来: 审思与前瞻. *清华法学*, 2022, 16(3): 196-208.]
- [81] Brooker P. Computational ethnography: A view from sociology. *Big Data & Society*, 2022, 9(1). DOI: 10.1177/20539517211069892.
- [82] Huang Shuiqing, Liu Liu, Wang Dongbo. The development and outlook of computing humanities. *Scientific Information Research*, 2021, 3(4): 1-12. [黄水清, 刘浏, 王东波. 计算人文的发展及展望. *科技情报研究*, 2021, 3(4): 1-12.]
- [83] Löw M. *The Sociology of Space: Materiality, Social Structures, and Action*. New York: Palgrave Macmillan, 2016.
- [84] Jones E. *Readings in Social Geography*. New York: Oxford university Press, 1975.
- [85] Zhang Wenjia, Lu Daming. The methodology of behavioral geography and its research paradigm of microscale human-environment relationships. *Progress in Geography*, 2022, 41(1): 27-39. [张文佳, 鲁大铭. 行为地理学的方法论与微观人地关系研究范式. *地理科学进展*, 2022, 41(1): 27-39.]
- [86] Crang M. *Cultural Geography*. London: Routledge, 1998.
- [87] King G. *Restructuring the social sciences: Reflections from Harvard's Institute for Quantitative Social Science*. *Political Science & Politics*, 2014, 47(1): 165-172.
- [88] Frisch R. *On a Problem in Pure Economics*. Oslo: Grøndahl & Son's bookstore, 1926. [Frisch R. *Sur Un Problème D'Économie Pure*. Oslo: Grøndahl & søns boktrykkeri, 1926.]
- [89] Meng Xiaofeng, Li Yong, Zhu Jianhua. Social computing in the era of big data: Opportunities and challenges. *Journal of Computer Research and Development*, 2013, 50(12): 2483-2491. [孟小峰, 李勇, 祝建华. 社会计算: 大数据时代的机遇与挑战. *计算机研究与发展*, 2013, 50(12): 2483-2491.]
- [90] Wallach H. Computational social science \neq computer science + social data. *Communications of the ACM*, 2018, 61(3): 42-44.
- [91] Amman H M. What is computational economics? *Computational Economics*, 1997, 10: 103-105.
- [92] Babbie E R. *The Practice of Social Research*. Boston: Cengage Learning, 2020.
- [93] Guba E G, Lincoln Y S. Competing paradigms in qualitative research//Denzin N K, Lincoln Y S. *Handbook of Qualitative Research*. London: SAGE Publications, 1994: 105-117.
- [94] Liu Yu, Yao Xin, Gong Yongxi, et al. Analytical methods and applications of spatial interactions in the era of big data. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(7): 1523-1538. [刘瑜, 姚欣, 龚咏喜, 等. 大数据时代的空间交互分析方法和应用再论. *地理学报*, 2020, 75(7): 1523-1538.]
- [95] Zheng Zhen. Space: A concept of sociology. *Sociological Studies*, 2010, 25(5): 167-191, 245. [郑震. 空间: 一个社会学的概念. *社会学研究*, 2010, 25(5): 167-191, 245.]
- [96] Cheng Tsuo- Yu. The basic categories of object-human relations: A synthesis of the sociological theories of new

- materialism. *Sociological Studies*, 2023, 38(2): 72-92, 227-228. [郑作彧. 物—人关系的基本范畴: 新唯物主义社会学综论. *社会学研究*, 2023, 38(2): 72-92, 227-228.]
- [97] Northoff G. *The Spontaneous Brain: From the Mind-Body to the World-Brain Problem*. Cambridge: The MIT Press, 2018.
- [98] Mize T D, Manago B. The past, present, and future of experimental methods in the social sciences. *Social Science Research*, 2022, 108: 102799. DOI: 10.1016/j.ssresearch.2022.102799.
- [99] Hey T, Tansley S, Tolle K. *The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*. Washington DC: Microsoft Research, 2009.
- [100] Gao J, Zhang Y C, Zhou T. Computational socioeconomics. *Physics Reports*, 2019, 817: 1-104.
- [101] An W, Bauldry S. Methodological advances in quantitative social science: In celebration of the Social Science Research 50th anniversary. *Social Science Research*, 2022: 102843. DOI: 10.1016/j.ssresearch.2022.102843.
- [102] Mills C W. *The Sociological Imagination*. New York: Oxford University Press, 2000.
- [103] He Yijin. Methodological implications of sociological imagination. *Social Scientist*, 2011(3): 55-58. [何祎金. 社会学想象力的方法论意味. *社会科学家*, 2011(3): 55-58.]
- [104] Hu L R, He S J, Han Z X, et al. Monitoring housing rental prices based on social media: An integrated approach of machine-learning algorithms and hedonic modeling to inform equitable housing policies. *Land Use Policy*, 2019, 82: 657-673.
- [105] Sun Y, Li J, Jin X, et al. Intra-urban excessive alcohol drinking: Geographic disparities, associated neighborhood characteristics and implications for healthy city planning. *Sustainable Cities and Society*, 2019, 46: 101414. DOI: 10.1016/j.scs.2018.12.042.
- [106] Feng Y H, Wu S F, Wu P X, et al. Spatiotemporal characterization of megaregional poly-centrality: Evidence for new urban hypotheses and implications for polycentric policies. *Land Use Policy*, 2018, 77: 712-731.
- [107] Liu Yungang, Lu Dadao, Bao Jigang, et al. How to revive geography: Our reflection and practice. *Geographical Research*, 2018, 37(6): 1049-1069. [刘云刚, 陆大道, 保继刚, 等. 如何回归地理学: 我的思考与实践. *地理研究*, 2018, 37(6): 1049-1069.]
- [108] Lu Dadao. An understanding of academic atmosphere and innovative culture. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(6): 1291-1298. [陆大道. 关于学风与创新文化的几点认识. *地理学报*, 2022, 77(6): 1291-1298.]
- [109] Fan Jie, Li Sisi, Guo Rui. Chinese modernization and our mission: Discussion on self-dependent knowledge innovation of geography, human and economic geography. *Economic Geography*, 2023, 43(1): 1-9. [樊杰, 李思思, 郭锐. 中国式现代化与我们的使命担当: 对地理学、人文与经济地理学自主知识创新的讨论. *经济地理*, 2023, 43(1): 1-9.]
- [110] Fu Bojie. Geography: From knowledge, science to decision making support. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(11): 1923-1932. [傅伯杰. 地理学: 从知识、科学到决策. *地理学报*, 2017, 72(11): 1923-1932.]

Rethinking the theoretical genesis, research paradigm and research agenda of Geo-computational Social Sciences

SU Shiliang¹, WANG Zhuolun¹, HE Shenjing², XU Yang³, CHEN Yimin⁴, LAN Tian¹

(1. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2. Department of Urban Planning and Design, The University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China;

3. Department of Land Surveying and Geo-Informatics, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077, China; 4. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The geo-computational social sciences (GSS) has emerged as a new frontier in the interdisciplinary fields. However, the GSS has somehow trapped into a predicament as the field evolves, due to many fundamental theoretical issues remaining unsettled, such as the underlying theoretical legitimacy, conceptual domains, and research paradigm. Aiming to rectify these fundamental flaws, this paper first traces the evolving and intersecting trajectories of sociology, geography and geographical information science and focuses on the spatial turn and ideological trend of computationalism, based on which the theoretical legitimacy of GSS is defended. Second, we crystalize its conceptual domains with reference to Deleuze's conceptualization of Rhizome and further unfold the conceptual domains from two perspectives. Third, in reference to Kuhn's paradigm framework, we clarify the research paradigm of GSS through a systematic theoretical deduction from three aspects, i.e., epistemology, ontology and methodology. Finally, we propose the research agenda for GSS against China's context in the post-pandemic era to advance the theoretical innovations and applications of modern geography.

Keywords: geo-computational social sciences; sociology; geographical information science; theoretical legitimacy; research paradigm; spatial turn; computationalism