

空间和地理计算与计算社会学的融合路径

乐阳, 刘瑜, 陈云松, 贺力, 陈晨, 李文雯, 秦昆, 贾涛, 许刚, 王法辉, 王静远, 谢幸, 徐丰力, 徐阳, 苏世亮, 桂志鹏, 游兰, 张明达, 张丰, 张晓祥, 赵博, 赵耀龙, 周钰伦, 黄波, 曹凯

引用本文:

乐阳, 刘瑜, 陈云松, 等. 空间和地理计算与计算社会学的融合路径[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2022, 47(1): 1-18.

YUE Yang, LIU Yu, CHEN Yunsong, et al. Integration Path of Spatial and Geo-Computing and Computational Social Science[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(1): 1-18.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

利用区域人群流动和新兴交通数据支持疫情防控

Supporting Epidemic Control with Regional Population Flow Data and Nova Transportation Data

武汉大学学报·信息科学版. 2021, 46(2): 143-149,202 <https://doi.org/10.13203/j.whugis20200191>

面向重大公共卫生事件的位置服务技术——以COVID-19疫情为例

Location-Based Service Technologies for Major Public Health Events: Illustrated by the Cases of COVID-19 Epidemic

武汉大学学报·信息科学版. 2021, 46(2): 150-158 <https://doi.org/10.13203/j.whugis20200560>

环境因子空间特征约束的区域滑坡敏感性模糊逻辑分析方法

武汉大学学报·信息科学版. 2021, 46(10): 1431-1440 <https://doi.org/10.13203/j.whugis20200653>

高维数据非参数密度估计的低维流形代表点法

A Low-Dimensional Manifold Representative Point Method to Estimate the Non-parametric Density for High-Dimensional Data

武汉大学学报·信息科学版. 2021, 46(1): 65-70 <https://doi.org/10.13203/j.whugis20160115>

一种改进的GPS区域叠加滤波算法

An Improved Stacking Filtering Algorithm for GPS Network

武汉大学学报·信息科学版. 2019, 44(8): 1220-1225 <https://doi.org/10.13203/j.whugis20180049>



空间和地理计算与计算社会学的融合路径

乐 阳¹ 刘 瑜² 陈云松³ 贺 力⁴ 陈 晨⁴ 李文雯⁵
秦 昆⁶ 贾 涛⁶ 许 刚⁶ 王法辉⁷ 王静远⁸ 谢 幸⁹
徐丰力¹⁰ 徐 阳¹¹ 苏世亮¹² 桂志鹏⁶ 游 兰¹³
张明达¹⁴ 张 丰¹⁵ 张晓祥¹⁶ 赵 博¹⁷ 赵耀龙¹⁸
周钰伦¹⁹ 黄 波²⁰ 曹 凯²¹

- 1 深圳大学建筑与城市规划学院,广东 深圳,518060
- 2 北京大学地球与空间科学学院,北京,100871
- 3 南京大学社会学院,江苏 南京,210023
- 4 西安交通大学人文社会科学学院,陕西 西安,710049
- 5 亚利桑那州立大学地理科学与城市规划学院,美国 亚利桑那州 坦佩,AZ 8528
- 6 武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079
- 7 路易斯安那州立大学地理与人类学系,美国 路易斯安那州 巴吞鲁日,LA 70802
- 8 北京航空航天大学计算机学院,北京,100191
- 9 微软亚洲研究院,北京,100080
- 10 芝加哥大学知识实验室与曼苏埃托城市创新研究所,美国 芝加哥,IL 60637
- 11 香港理工大学土地测量及地理资讯学系,香港
- 12 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079
- 13 湖北大学计算机与信息工程学院,湖北 武汉,430062
- 14 湖北大学资源环境学院,湖北 武汉,430062
- 15 浙江大学地球科学学院,浙江 杭州,310027
- 16 河海大学水文水资源学院,江苏 南京,210098
- 17 华盛顿大学地理系,美国 西雅图,WA 98195
- 18 华南师范大学地理科学学院,广东 广州,510631
- 19 香港大学建筑学院,香港
- 20 香港中文大学地理与资源管理系,香港
- 21 华东师范大学地理科学学院,上海,200241

摘 要:空间和地理数据及空间计算是大数据和人工智能(artificial intelligence, AI)研究的一个主要组成领域,也为社会科学从本体论、方法论和认识论层面提供了一个进行定量和定性研究的重要维度。但是空间如何与计算社会科学结合仍处于探索阶段。通过邀请实证社会研究、地理信息科学、计算机科学等多个领域在计算社会学方向的代表学者,对大数据和AI时代新的研究和技术范式下空间和地理计算与社会计算相结合的重要议题或实现路径等阐述各自观点,希望能够对空间社会计算的发展提供研究思路。讨论认为,空间与地理研究和社会研究具有相同的底层原理,基于空间大数据的新范式为重启宏观社会学空间研究带来了重要机遇,而且空间大数据的可获得性使得中国学者能以更为主动的姿态和清晰的视野来审视和参与影响人类命运共同体的重大现实问题。但是在此过程中,还需进一步思考基础理论和框架,解决数据、计算和伦理等一系列问题,需要社会科学、地理信息科学和计算科学的共同合作和努力,以学科的进步促进社会的健康发展。

关键词:空间计算;空间社会计算;计算社会学;社会计算;社会地理计算

中图分类号:P208

文献标志码:A

收稿日期:2021-11-08

项目资助:国家自然科学基金(42171449,42001390)。

第一作者:乐阳,教授,博士生导师,研究兴趣主要包括轨迹数据分析与挖掘、城市交通、社会地理、大数据与可持续发展,特别是大数据与GIS结合的城市实证研究。yueyang@szu.edu.cn

1 主题解析

近年来,计算社会学^[1]成为一个研究热点,但是鉴于社会科学和自然科学的本体论、认识论和方法论都有所不同^[2],计算社会学不能也不应该只是计算方法与社会研究的简单交叉,在概念、逻辑和方法多方面还需要进一步厘清。

本次笔谈邀请了社会学实证研究、地理信息科学和计算机科学等多个领域在计算社会学方向的代表学者,对大数据和人工智能(artificial intelligence, AI)时代新的研究和技术范式下空间和地理计算与社会研究相结合的重要议题或实现路径等问题阐述各自观点,也代表了目前空间和地理研究领域对计算社会学的主流认识水平,希望能为空间社会计算的发展提供研究思路,并碰撞出更多的火花。

在这组专家观点中多次提及社会情境原理,所谓社会情境原理是社会科学研究的3个基本原理之一,指群体差异常常是由时间和空间两大维度界定^[2]。社会情境原理直接将空间作为社会研究的一个重要维度,因而明确了“空间+社会研究”首先在理论上是存在基础的,空间为解释社会问题提供了一个路径和理论架构。需要注意的是,社会学所说的“空间”主要是指社会空间,包括认知空间、场域空间等^[3],不完全等同地理等领域中物质空间的概念。但是,地理学中不少问题也具有社会学属性,例如,人文地理学中的“场所”或“地方”,就是一个经典的同时具备物质空间与社会空间属性的命题。

社会科学研究的另两个基本原理分别是变异性原理和社会分组原理。变异性原理指出,社会学重点研究的是变异和差异,通过研究差异理解整体;社会分组原理则可以理解为寻找合适的分组,有利于研究组内的共性和组间的差异。可见,社会学的变异性原理与地理学中的空间分异问题相通,社会分组原理则与空间单元划分有关,社会学中的生态学谬误问题也与地理学中的可变面元(modifiable areal unit problem, MAUP)问题对应,因此,聚焦差异或异质性是社会学研究和地理学研究的共性,很多地理学的空间计算方法有可能迁移到计算社会学中。

大数据为计算社会学带来了新机遇,但是脱胎于自然科学的空间计算方法通常更擅长发掘普世规律,如果与计算社会学结合,需要深入思考用自然科学的方法在分析挖掘共性规律的同

时,如何研究社会学更关注的个体差异问题,希望得到相关学者的共同重视。

主题召集人如下:



乐阳,教授,博士生导师,现任深圳市空间信息智能感知与服务重点实验室主任,深圳大学建筑与城市规划学院城市空间信息工程系主任,SSCI期刊 *Computers Environment and Urban Systems* 副主编。研究兴趣主要包括轨迹数据分析与挖掘、城市交通、社会地理、大数据与可持续发展,特别是大数据与GIS研究的结合城市实证研究。主持多项国家级和高水平产业合作科研项目,担任GIS、计算机、地理、城市研究等多学科领域专业委员会委员。



刘瑜,北京大学博雅特聘教授,博士生导师,北京大学地球与空间科学学院副院长。主要从事地理信息科学研究,近年来在地理大数据理论和方法方向取得了一系列成果,参与或负责杰出青年基金、重点基金、重点研发计划课题等科研项目十余项,发表SCI/SSCI收录论文100余篇。任 *Computers, Environment and Urban Systems*, *Journal of Spatial Information Sciences* 和《地理与地理信息科学》编委,社会学术任职有中国GIS协会理论与方法工作委员会副主任委员等。

2 领域专家观点(按姓氏拼音字母排序)

观点1:基于空间大数据的新范式为重启宏观社会学空间研究带来了重要机遇,主要实现路径可通过:(1)以行政治理单元为基本空间分析单位助力社会治理研究;(2)基于空间宏观指标比较宏观、微观影响机制的双重路径;(3)打破地域藩篱,形成放眼世界、纵目全球的研究视野。

陈云松,南京大学社会学院教授,教育部青年长江学者,国家社科基金重大项目首席专家,曾任南京大学-约翰斯·霍普金斯大学中美文化研究中心主任。主要研究领域为大数据和计算社会学、社会心态与社会治理、社会网络和社会资本。近年来,在



British Journal of Sociology, *Social Networks*, *Poetics* 和《中国社会科学》《社会学研究》等国内外重要期刊以及《人民日报》《光明日报》发表论文多篇;主持国家社科基金重大项目、重大项目子课题和一般项目等多个国家级课题,主持汉译《牛津社会学词典》(商务印书馆),著作和译作多部。

时间和空间是界定社会情景的重要维度。中国定量社会科学研究对时间维度一直较为关注,而空间分析却相对付诸阙如。究其缘由,传统社会调查方法往往以个体为调查单位,个体样本加总成以县、市等空间为单位的宏观指标则会因稀疏样本的限制而难以有统计学上的信度。而基于空间大数据的新范式为重启宏观社会学空间研究带来了重要机遇,主要实现路径可表现在以下 3 个方面:

第一,以行政治理单元为基本空间分析单位助力社会治理研究。基于大数据进行空间计算的层次和样本往往能以行政区划为单位,这决定了它是社会学贡献和服务于国家现代化治理能力建设特别是大国治理的关键领域。例如,基于夜间灯光指数的地域分布和时间变迁能反映中国各区域城市化进程的具体发展过程;基于车辆定位的全球定位系统(global positioning system, GPS)方案能精准识别城市交通问题助力智慧城市建设;基于地理信息系统(geographic information system, GIS)和空间计量模型能探究公路或绿化状况与地区经济发展或居民幸福感的关系。

第二,基于空间宏观指标比较宏观、微观影响机制的双重路径。社会科学研究中的变量关系在宏观群体层次和个体微观层次不一定相同。在众多个体的行为或观念以空间为单位汇聚成群体现象的过程中,可能存在着与微观机制相近或相悖的结果。例如,既有研究表明,在宏观层面,移民比例高的州文盲率较低;而在个体层面,文盲者的移民概率更大。空间计算汇集成的群体指标为人们实现微观分析与宏观分析的互动和跃迁提供了更科学全面的研究视角。

第三,打破地域藩篱,形成放眼世界、纵目全球的研究视野。空间大数据的收集不再局限于中国样本,这使得中国学者能以更为自信的“平视”视角来观察与解剖国际社会,以更为主动的姿态和清晰的视野来审视影响人类命运共同体的重大现实问题。例如,全球新闻数据库(global database of events, language, and tone, GDELT)

使得全球的社会发展状况和数据都能够被学者挖掘和利用;全球卫星数据也带来了比较中国城市形态和英美城市形态的区别与联系的可能性。

观点 2: 社会情境原理指出,社会学所关注的群体变异性是由空间和时间来界定的。空间计算方法和多源空间数据为理解社会问题提供了独特的空间濡染机制,让代际流动、城市贫困、居住隔离、社会越轨、社区治理、身心健康等社会问题的求解如虎添翼。在此过程中,还需进一步思考和解决一系列重要问题,例如,适用于微观个体样本的社会理论在中观尺度研究中的理论适用性问题、社会调查数据中样本空间信息的可得性问题、空间计算应用于社会问题求解过程中的因果解释问题。

贺力, 麦

克马斯特大学地理学博士,西安交通大学人文社会科学学院副教授,西安



交通大学实证社会科学研究所研究员,社会计算研究中心主任,亚洲地理学会青年地理学家工作组秘书长,中国人工智能学会社会计算与社会智能专委会委员;陈晨,西安交通大学人文社会科学学院,硕士研究生。

20 世纪初,社会学领域兴起芝加哥学派,侧重从空间视角解释城市社会问题和居民居住形态,通过分析社会问题所在社区的社会结构、社会控制等一般特征来寻求对社会问题的解释。此后的 100 年间,利用空间数据和空间计算方法来研究代际流动、城市贫困、居住隔离、社会越轨、居住模式、社区治理、身心健康等问题在社会学届成为一种蓬勃潮流^[4-5]。

空间计算方法和多源空间数据为理解社会问题提供了独特的空间濡染机制,让社会问题求解如虎添翼^[6]。美国国家科学院院士、艺术与科学学院院士、普林斯顿大学社会学教授谢宇认为,社会学关注群体变异性,这种变异模式会因社会情境而变化,而这种社会情境正是由时间和空间两大维度来界定的,他称此为“社会情境原理”^[2]。因此,美国著名社会学家 Logan^[7] 倡议社会科学研究者更多地从空间的视角审视研究问题,更充分地利用包含地理位置信息的社会调查数据。在传统社会科学研究中,空间相关性是一个

重要的遗漏变量,它的遗漏不但会阻碍人们认识社会现象、社会问题的空间濡染过程,更会导致回归模型的估计有偏^[7]。

目前,在社会问题求解中,灯光、兴趣点(points of interest, POI)、手机信令等各类地理空间数据已被用于刻画社会情境,生成中观、微观尺度的关键变量^[8-9]。而空间相关检验、空间回归模型、空间可视化、地理编码等方法为充分理解社会现象、社会问题的空间情境提供了重要机遇,有助于发现社会现象的时空分布及其演变规律,解决社会系统的复杂自适应性问题。

尽管机遇重重,但空间计算应用于社会问题求解时也面临一些挑战。首先,是空间信息精度,甚至是空间信息可得性问题。例如,大型社会调查数据中往往缺失高精度的地理位置信息,如县/区、街道、社区等,多数调查数据仅在中观尺度公布调查样本所在的位置,如市、省等。第二,在理论导向的实证社会科学研究中,还面临适用于微观个体样本的社会理论在中观尺度研究过程中的理论适用性问题,即用于解释个体社会行为的理论如何在县、市、省的尺度解释群体行为。第三,实证社会科学推崇的定量研究方法在社会问题求解过程中重视个体、重视因果机制、重视解释过程,而空间计算和时空大数据当前更关注区域、关注相关性、关注预测性,因此,在两者交叉耦合时,需要克服面临的挑战。

观点3:从空间社会计算科学涵盖的内容及有重要社会价值的应用出发,讨论传统社会科学方法的局限。在此基础上,提出空间社会计算领域近年来在提升空间计算能力与大数据分析方法上的重大突破;并讨论空间社会计算研究中急需解决的问题,呼吁研究人员在科学可重复性及精准建模等方面不断进行创新。



李文雯,亚利桑那州立大学地理科学与城市规划学院教授,网络信息基础设施与智能计算实验室主任。主要研究方向为WebGIS、时空大数据、地理人工智能以及科学可视化。美国自然科学基金颁发的职业成就

奖双料得主(分别面向青年科学家2015、中青年科学家2021),该奖项为美国国家科学基金会为美国杰出青年教授颁发的最高荣誉。

空间社会计算是一门令人非常振奋的多学科交叉的研究领域,它融合了计算科学、社会科学及空间信息科学,通过不断深化空间计算的理

论和方法来解决社会科学领域的热点问题,从人口移动、疾病传播,到城市蔓延、区域经济发展的不均衡性,到社交网络、智慧城市及人与空间环境的交互。

空间社会计算在上述社会研究中的重要价值体现在数据获取及数据处理方面的巨大优势。传统的空间科学常采用定性分析的方法,通过调查问卷采集相关的研究数据。虽然这是一个宝贵的研究方法,但是基于调查问卷的方法很难应用于大尺度(如全国或全球范围)的研究中,因为这是一项需要消耗大量人力、物力与时间的工作。

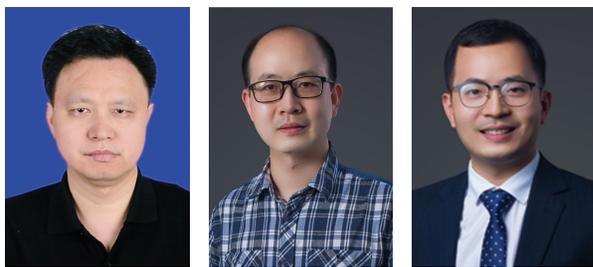
相比之下,目前遍布于城市与乡村的传感器网络、遥感卫星平台、移动设备中实时生成的空间位置与环境数据、网络交易数据,以及社交媒体数据逐渐成为研究社会现象及人的行为的关键支撑数据,即人们所熟知的时空大数据^[10]。而分析这些时空大数据需要分析软件具备极强的空间计算能力。这些空间计算能力包括基于分布式系统的分布式计算、基于虚拟技术的云计算、基于终端设备的边缘计算及基于异构计算设备CPU(central processing unit)与GPU(graphics processing unit)的高性能并行计算等。除了计算方法,空间计算也包括新型的数据分析方法。现在快速发展的地理空间智能(geospatial AI, GeoAI)^[11]为社会科学研究注入了新的活力。智能化的机器学习,例如,深度学习、强化学习、迁移学习可以从海量数据中自动发现有趣的特征,从而更好地帮助研究人员分析社会现象,揭示驱动因子以推动社会科学的发展。

当然,空间社会计算研究也面临急需解决的问题。例如,Goodchild等^[12]提出了空间异质性所导致的时空研究的弱可复制性,并指出此现象广泛存在于社会科学研究中。不同于物理或生物学科的法则与定理,社会科学研究在变换时空范围时,尽管人们可以采用同样的数据源、同样的分析方法,却很难保证可以得到同样的结论。而此问题的关键在于:空间现象的发生与特性是随着环境、社会经济条件、人口分布、城市特征的变化而变化,这也使得空间社会计算的科学可重复性成为一个严峻的挑战。而解决此问题并不能完全依赖于一个可以广泛采用的模型,而是需要人们进一步提出可以定量描述一种方法在跨时空中的可重复性等级。在此基础上,如果可以进一步得出一个全球范围内的“可重复性地图”,就

可以极大地帮助研究人员深入理解某种方法、或者某种社会研究在何种程度上可以在全球时空范围内得到复制。

此外,如何集成空间信息的两大特性(空间异质性与空间相关性),使地理空间智能的研究能够更加精准地对社会现象进行建模、预测及解释分析,也是一个非常有价值的研究方向^[13]。

观点 4:时空大数据与人工智能为人文学与社会科学的数据化研究和空间转向提供了大发展的机遇和契机。先进的技术可以托起闪光的思想。空间综合人文学与社会科学为空间社会计算提供了学科综合平台,社会地理计算为其提供先进的技术工具。空间社会计算学科方向的发展需要时空大数据与人工智能领域的“技术型”学者和人文学与社会科学领域的“理论型”学者从各自的角度向同一个方向努力。



秦昆,博士,武汉大学遥感信息工程学院教授,博士生导师,主要研究方向为时空大数据分析、遥感图像智能处理、空间人文与社会地理计算。主持国家自然科学基金项目 3 项,主持或参与其他科研项目多项,出版教材 3 部,发表学术论文 100 多篇;**贾涛**,博士,武汉大学遥感信息工程学院副教授;**许刚**,博士,武汉大学遥感信息工程学院特聘副研究员。

时空大数据及人工智能技术的兴起为人文学与社会科学数据化研究和空间转向提供了大发展的机遇与契机。一方面,时空大数据,尤其是精细到个体粒度的海量轨迹数据,为人文学与社会科学的数据研究提供了丰富的数据基础,直接推动了数据驱动的人文社会科学研究范式的变革^[14];另一方面,人工智能,尤其是融合时空信息的地理人工智能,为揭示社会问题及其复杂现象的内在机制提供了技术手段^[15],促进了人文社会科学与遥感地理信息科学、计算机科学等学科的交叉融合。然而,基于时空大数据,利用地理人工智能技术所揭示的人文社会问题、现象及过程的相关逻辑亟需社会科学基本理论的因果解释。

时空问题是空间社会计算的核心问题之一。

人文学与社会科学是以“人”为研究对象的学科,同时研究“人与地理空间”的关系;遥感地理信息科学是以“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”。一方面,遥感地理信息科学领域的学者积极拓展研究领域,从传统的遥感对地观测,发展成遥感对社会(人)进行观测,为人文学与社会科学提供空间化、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遥感地理信息技术,在研究中积极引入空间思维和空间可视化方法^[16]。两个方向的学者分别从各自的视角向同一个方向努力,从而促进空间社会计算的学科交叉融合与发展。

世界是一个网络,并且是相互关联的。全球各国之间、各城市之间,以及城市内部存在着各种物质、信息、能量的移动或交换,构成了各种嵌入地理空间的地理流网络。针对地理流的研究不仅有益于理解地理系统的格局与功能,而且有助于弄清地理系统演化的动力学机制,故而将成为地理格局与机理分析的新视角^[17]。随着网络社会的到来,各种形式的地理流无处不在,如人口迁移、人群出行、交通、贸易、通信、国际关系、社交等网络中形成的嵌入地理空间的人流、商品流、信息流等。如何充分利用时空大数据分析技术、人工智能技术,从这些地理多元流网络中挖掘出知识,并为相关领域的专家决策提供辅助支持,是遥感地理信息科学及政治学(含国际关系学)、社会学、经济学等人文社会科学领域都迫切需要研究的关键科学问题,是空间社会计算的重要研究方向之一。

观点 5:空间社会计算科学属于交叉学科,需要计算科学、社会科学和地理信息科学的共同努力。以空间区划、个体时空行为的模拟和空间优化 3 个议题为例,展示空间社会计算对社会科学研究和公共政策的重大影响。



王法辉,路易斯安那州立大学地理与人类学系 Cyril & Tutta Vetter Alumni 命名教授,前系主任(2014—2020 年)。研究领域包括人文(城市、交通、经济、文化)地理、城市与区域规划、公共政策(犯罪、健康卫生),研究方法包括计量方法和 GIS。据 Scopus 2020 统计,为全球地理学领域前 1% 的高被引

学者。

空间社会计算科学的发展,代表了20多年来社会科学经历的科学化、空间化和政策化的融合^[18]。1999年在美国国家科学基金资助下,加州大学圣塔巴巴拉分校创建了空间综合社会科学研究中心,推进了相关研究和教育的发展。本文不是总结一些相对成熟的主题(如刻画空间态势的统计指标和方法、空间插值、探索空间关系的地理加权回归、空间相互作用的距离衰减等),而是借用3个应用面广、潜力大的议题,展示空间社会计算对社会科学研究和公共政策的重大影响。

空间区划。一种是将属性值相似且在空间上彼此相邻的地理单元进行合并(如土壤、气候、生态的分区),形成同质区;另一种是将相互联系(如客流、货流、投资、电讯)密切的地理单元合并,形成的区域通常称为功能区^[19]。在社会科学和公共卫生的应用中,前者的算法专注构建区内属性值相差最小、区间属性相差最大,兼顾生成的新区形状紧凑,同时,区的规模(如人口)相当。这样定义的同质区往往相互独立(无空间自相关),样本大小可比,比率(如犯罪率、发病率)稳定,相应的研究分析结果才可靠。后者的算法则强调区内联系强度最大、区间联系最弱,如网络社区检测是求解模块化的最大值。这样划分的功能区(如城市吸引范围、医院服务区、商店营销区)客观地刻画了市场范围,方便管理和规划。

个体时空行为的模拟。本文用一个典型案例展示模拟个体空间行为的关键技术、数据基础和应用前景。案例是模拟城市犯罪的时空个体为本模型^[20]。根据犯罪学的日常活动理论,犯罪最有可能发生的时间和地点是当嫌疑人和受害者各自的日常活动范围有相互重叠的时空。依据这个思路,该模型通过模拟犯罪嫌疑人和潜在受害者的日常活动轨迹(如每日固定活动包括工作和在家休息,其余为非固定活动包括娱乐或购物),根据这些轨迹在时空上的交汇,同时,犯罪失败的风险又低于一定阈值时(如嫌疑人的目标探测区域内没有警察,此区域内人群对犯罪的威慑效果也小),依此推测犯罪可能发生的地点和时间。模型模拟了美国南部一个中等城市的抢劫案,生成的犯罪热点和历史犯罪数据有很大程度的重合。类似的个体时空行为模型,也可模拟传染病的时空分布并预测相关的政策效益^[21]。

空间优化。空间规划中许多典型的问题,就是设施的优化布局。传统的区位配置模型,多数

关注的是效率提升(如需求者总的交通成本最小,一定服务半径内覆盖的需求者最大,以最少的设施点满足一定的服务人口)。随着政府的政策导向越来越强调“基本公共服务均等化”(见国务院关于印发“十三五”推进基本公共服务均等化规划的通知(国发[2017]9号)),空间优化模型也需要更新调整。文献[22]介绍了一个新的最大可达性公平问题(maximal accessibility equality problem, MAEP),问题的优化目标是需求者获取某类服务或资源的可达性达到最大平等,或者说差异最小,而决策变量包括规划设施的位置和规模。模型中的可达性可以用经典的两步移动搜寻法^[23]来度量,差异可以用方差、基尼系数等定义。这一新的空间优化模型已经应用到医疗、养老、教育等服务方面的规划,展示了模型在优化方案效果、政策建议和制度建设等方面的有效性。

空间社会计算科学属于交叉学科,需要计算科学、社会科学和地理信息科学的共同合作和努力,推动它的发展,从而更好地服务于社会。

观点6:大数据和AI技术正从高性能向可信发展,社会计算的应用领域迫切需要具有安全性、隐私性、可解释性和公平性等特点的可信赖智能计算技术。未来的空间计算研究只有解决好了可信赖型问题,才能够真正有效支持社会科学的发展,服务社会生活和管理决策领域,这也是未来智能空间计算技术发展的重要方向。



王静远,北京航空航天大学教授,博士生导师,中国计算机学会高级会员,ACM SIGSPATIAL 中国分会执委,ACM TIST 期刊编委。担任国务院联防联控机制科技攻关工作组专班专家、首都公共卫生智库理事,北京市抗击新冠疫情先进个人。在时空数据挖掘与社会治理领域发表论文60余篇、出版学术专著2部,包括KDD、TKDE等CCF A类论文近30篇,ESI高被引论文1篇。

随着新技术在社会生活领域应用的深入,以满足更准确需求为目的的性能导向型空间技术已经日趋成熟。精准的空间服务推荐、准确的时空动态预测等空间计算技术,在提高人们生活效率的同时,也带来了许多新的挑战问题。例如,个人位置的隐私问题、推荐服务的公平性问题、AI系统的安全性问题等。这些问题的解决都迫

切需要以可信赖为导向的新一代的空间计算技术的出现,即可信赖智能空间计算。

就个人的理解而言,具有可信赖特性的智能空间计算技术,应当至少包含 4 个方面的特性。首先,安全性^[24-25]。当前的 AI 技术在安全性方面是十分脆弱的。对抗样本攻击技术的存在使得人们可以很轻易地构造出误导 AI 模型的数据。这对于广泛应用于导航、自动驾驶等服务中的空间计算技术来说是极端致命的。其次,隐私性^[26-27]。空间位置信息一直以来都是非常敏感的隐私信息。AI 预测技术的出现,使得人们难以通过简单隐藏自己的位置信息来保护隐私。被隐藏的信息很容易被 AI 技术推测出来,模型也很容易通过一个人的轨迹数据来推测他的其他隐私信息。传统的隐私保护技术在 AI 技术面前变得不堪一击。然后,可解释性^[28-29]。在社会管理领域,大量的决策是不可能完全由 AI 模型做出的。AI 模型需要给出用户足够的解释信息来帮助用户理解 AI 的决策过程,但是当前以深度学习为代表的 AI 模型是一个“黑盒”,很难被用户理解,可以说完全不具备可解释性。最后,公平性^[30-31]。近年来,由于算法自身的不公平性和由算法引发的社会公平性问题日渐突出,“大数据杀熟”、外卖小哥被“困在算法里”等问题层出不穷,但是在这个方面的研究还非常的初步。即便是如何对公平性进行度量这样一个基础性的问题,学术界还依然没有达成共识。

在下一个阶段当中,人们在研究基于大数据和 AI 的空间计算技术时,只有将可信赖性的相关问题解决好,才能够真正实现空间计算怎么融入和支撑社会计算,实现智能空间计算在社会管理与服务领域更加深层次的落地。

观点 7:人工智能技术的迅猛发展对社会和经济的影响越来越大,技术的变革也带来了更多潜在的社会问题。空间社会计算领域的学者要更多关注用户位置数据的隐私保护、算法公平性、包容性、透明性、鲁棒性等课题,积极地思考如何让技术能够更负责任地为用户提供服务,促进整个社会的健康发展。



谢幸, 博士, 微软亚洲研究院首席研究员, 中国科技大学兼职博士生导师, 微软-中科大联合实验室主任, 以及中国计算机学会普适计算专委会副主任。担任多个国际学术期刊编

委, 为 ACM 和中国计算机学会杰出会员。其团队在数据挖掘、社会计算和普适计算等领域展开研究, 在国际会议和学术期刊上发表了 300 余篇论文, 被引用 25 000 余次。1999 年获首届微软学者奖, 2019 年获 ACM SIGSPATIAL 十年影响力论文奖及中国计算机学会青竹奖, 并曾在 KDD、ICDM 等顶级会议上获最佳论文奖。

21 世纪以来, 移动设备和定位技术逐步开始普及化, 普通用户产生的轨迹数据随之日益增多。这些数据自然地将空间位置与用户属性联系到了一起。大量学者通过研究发现, 位置数据和用户的画像特征, 包括社交关系, 存在着紧密的相关性。位置社交网络自那时起, 成为学术界和工业界的长期热点之一。

这些由用户积累的数据还有助于提升各类位置相关应用的性能, 例如, 餐馆推荐、导航路线优化、商业选址等。基于用户位置数据挖掘的技术目前已经广泛应用于日常生活的方方面面, 包括导航、网约车、外卖等高频应用。

近年来, 人工智能技术的迅猛发展不仅大幅提高了算法能力, 也对社会和经济产生了越来越大的影响。与此同时, 技术的变革也带来了更多潜在的社会问题。最近的一个例子是外卖骑手的数字化管理。外卖平台通过源源不断地采集并挖掘大量骑手的轨迹数据, 对外卖骑手的配送工作进行精细化控制。这一方面提高了劳动效率, 另一方面也让骑手沦为平台控制下的工具。另一个例子是网约车平台的数据安全问题。网约车服务通过基于数据的需求预测和车辆调度算法, 为用户的出行提供了方便。然而, 用户在乘坐网约车时积累的大规模轨迹数据, 以及音频、视频数据, 形成了严重的个人隐私及数据安全隐患。

希望空间社会计算领域的学者能更多关注这些研究方向, 包括用户位置数据的隐私保护、算法公平性、包容性、透明性、鲁棒性等课题。人们需要积极地思考如何让技术能够更负责任地为用户提供服务, 促进整个社会的健康发展。

观点 8: 城市化的持续推进和城市空间的信息化趋势为数据驱动的空间社会计算提供了必要的数据库和应用场景。与此同时, 复杂城市系统面临的新问题也对传统的城市规划方法提出了严峻挑战, 要求空间社会计算能对人、地、场景间的关系和人的时空行为模式有更深刻的建模。此外, 空间社会计算在时间、空间上的可泛

化性和研究结论的可解释性是目前仍面临的两个重要问题。



徐丰力, 2020年于清华大学电子系获博士学位, 现任芝加哥大学 Knowledge Lab & Mansueto Institute for Urban Innovation 博士后研究员, 研究兴趣包括计算社会学、城市科学。

在全球城市化不断推进的背景下, 世界人口在物理空间上的分布在过去的数十年中变得愈发聚集。自2007年起世界上有超过一半的人口居住在城市环境中, 相关研究预测非城市人口将在2021年达到顶峰, 此后的净人口增长都将发生在城市区域^[32]。城市居民共享的公共空间和基础设施促进了大规模的社会协作, 使得大城市与城市群逐渐成为了世界经济发展的引擎, 这同时也使得研究人、地、场景间关系和人的时空行为模式的空间社会计算成为了一个重要的研究领域。

一方面, 城市空间并非人类建筑的简单聚集或者延伸, 忽略人与人、人与地之间复杂的社会关系和互动而建立的理想城市规划蓝图往往会遭遇严重的现实问题, 从系统角度理解并建模城市空间复杂的社会结构和丰富多样的社会功能对于解决诸多社会问题有重要价值^[33]。另一方面, 随着无线通信和移动计算技术的快速发展, 普遍被移动互联网覆盖的城市空间逐步成为了一个巨大的感知平台, 产生了海量的记录城市居民在何时(when)、何地(where)、与何人(with whom)、做什么事(what)的电子足迹, 这些数据蕴含着丰富的社会和学术价值, 成为了推动空间社会计算快速发展的重要动力源^[34]。因此, 城市化进程的快速推进和城市空间的信息化浪潮为空间社会计算提出了迫切需求, 同时, 也提供了必要的研究条件, 使得数据驱动的空间社会计算成为了社会科学的一个重要分支。

与此同时, 空间社会计算也面临着若干重大挑战。首先, 可泛化性是空间社会计算研究中的一个重要问题。现有的时空大数据在采集过程中往往并非以科学研究为首要目的, 如社交媒体签到和移动网络信令等。因此, 采用不同质量的数据源和不同的数据分析方法往往会得到不一致的研究结论, 为保证研究成果在时间、空间上的可泛化性提出了重大挑战。这要求在空间社

会计算的研究中不能完全脱离社会科学理论, 在实验设计和结果解读上要有周密的考虑。其次, 提升空间社会计算研究成果的可解释性同样具有重要意义。在社会科学的研究课题中, 研究者往往希望了解社会行为背后的多维度复杂因素, 经常采用田野调查、半结构化访问等开放性研究方式。因此, 如何在空间社会计算中设计因果分析方法, 从而估计观察性数据背后的因果效应并提升研究成果的可解释性, 是另外一个重要的研究挑战。

观点9: 社会地理计算的研究范式应是理论与数据分析双向驱动, 以社会科学相关领域的理论为基础, 用科学可靠的数据与方法来发现、揭示人类社会的规律。



徐阳, 博士, 香港理工大学土地测量及地理资讯学系助理教授, “城市信息学及智慧城市理学硕士”课程主任, 研究方向包括地理大数据与空间智能、移动对象轨迹数据挖掘与建模以及城市信息学;**苏世亮**, 博士, 武汉大学资源与环境科学学院教授, 博士生导师, 研究兴趣包括社会地理计算、土地利用建模以及民生地图设计;**桂志鹏**, 博士, 武汉大学遥感信息工程学院副教授, 博士生导师, 主要从事网络地理信息系统的计算方法、系统架构、领域应用及社会地理计算相关研究。

社会计算作为一门交叉学科在大数据的浪潮下取得了长足的发展。众所周知, 这些数据与观测往往蕴含着大量能够反映社会动态以及人群活动的空间、时间和语义信息。考虑到社会计算的一个重要目标在于揭示社会问题、提升社会福利, 研究范式的设计需要以人为本, 以社会问题作为导向。从地理信息科学的角度来说, 对于空间与场所的表达需要能够反映人与社会的关系。未来的社会地理计算需要对物理空间(如城市公共空间)、社交空间(如移动通讯网络)、语义空间(如文化与情感)进行统一的关联、表达与建模。

作为一门数据密集型科学,社会计算的发展离不开大数据的产生与共享^[4]。由于数据壁垒与数据孤岛等问题,社会计算的研究常常受制于数据获取的诸多限制。以时间维度作为例子,很多研究只能获取时间跨度较短的观测数据。这使得人们对于社会系统与人类活动的长期演化规律缺乏系统的认知^[35]。因为社会计算所涉及的研究问题广泛,其所依赖的观测数据具有多样性与复杂性。现阶段,对于社会计算中需要哪些观测数据及获取相应数据的挑战还缺乏深入的讨论。以测绘与地球空间信息科学为例,遥感影像一直以来是该学科依赖的观测数据。在未来,社会地理计算需要以支撑学科发展的重要数据类型展开探讨。例如,什么类型的数据能够解决社会计算中的核心问题,如何积累面向社会系统的长时序、可靠性强的观测数据,如何在不侵犯个人隐私的情况下促进数据的开放与共享。

Cioffi-Revilla^[36]认为大数据对于解释和理解社会复杂性具有重要作用,但相应的计算方法并不脱离经典的社会理论及传统的数理统计、田野调查、可视化分析等方法。社会地理计算应当理论与数据分析并重,其研究范式应是理论数据分析双向驱动。首先,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^[37-38];然后,收集、选择恰当的数据,并运用空间分析与智能计算方法,从原始低价值、高不确定性的数据中提取适合特定研究框架的信息;最后,以此为基础,选择用科学可靠的方式来验证理论假设,从而发现、揭示人类社会的规律。

综上,计算社会学为GIS从辅助型工具走向决策型内核提供了试金石与炼丹炉。然而,社会系统是介于有序与无序之间的开放复杂巨系统,无论是传统空间分析范式还是大数据时代蓬勃兴起的GeoAI,目前,均面临能否解释得通透、用起来靠谱的挑战,亟待理论突破与应用导向的思考,才能有效避免研究主题同质化、技术方法互联网技术化、规律发现表象化与模型结论局部适用化等问题,以期增强地学知识的跨学科流动性与社会转化能力。

观点10:空间社会计算的本质是多学科知识计算,但由于数据壁垒、隐私安全和学科差异等诸多原因,知识融合十分有限,强调了从思维、数据、方法、人员和场景等5方面促进跨学科交叉,尤其是理工技术和人文理论的结合。



游兰,博士,湖北大学计算机与信息工程学院副教授,主要研究方向为虚拟地理环境地学知识框架、地学过程建模与模拟等;**张明达**,博士,湖北大学资源与环境学院讲师。

空间社会计算是在社会计算中研究空间计算方法和应用的核心的子领域,与城市计算、地理计算、社交计算等相似,是多学科交叉的新研究领域,也是近年研究热点方向之一,具有广阔的发展前景。

空间社会计算的本质是多学科知识参与融合计算,包括社会学、管理学、金融学、计算机科学、地理信息科学等。然而,由于各种原因,如数据壁垒、隐私安全、学科差异等,学科融合交叉的深度仍然有限,可以从思维、数据、方法、人员和场景5个方面进一步加强。

1)从思维融合角度,传统的社会计算强调社交网络中人与人之间的关联关系的挖掘研究,空间社会计算则重点引入了空间分析计算的思维方式,研究对象可以从社交网络延伸至地理空间网络、因果关系事理网络、知识图谱网络等,充分发挥空间思维的优势,将空间方法引入社会计算中。

2)从数据融合角度,多数研究是将地理空间方法运用于某社会场景,如轨迹挖掘、舆情发现、犯罪趋势等,基本实现了数据类型多样化融合,但在业务领域上,仅限于单一业务类型,如犯罪数据、活动轨迹数据、网络微博文本,鲜有结合不同业务类型的数据。可以进一步推进行业领域的数据共享,实现跨行业的数据融合,如将活动轨迹与天气、犯罪或视频监控数据联合研究,帮助发现和解决跨行业的共有社会问题。

3)从方法融合角度,除了概率统计、自然语言处理、复杂网络、地理空间分析、神经网络等技术方法的结合,还可以广泛纳入更多的人文学科的理论方法,如运筹学、金融理论、心理学理论模型和多维空间可视化方法等,充分联合理工类和人文类学科的方法和模型,探索发掘新的知识。

4)从人员融合角度,各类研究的科研人员仍以技术专家为主,研究课题并不一定能反映真正的领域问题,主要是跨学科人员欠缺交流,可以广泛纳入不同学科领域科研人员,尤其是人文社科类科研人员,以他们的专业知识和意见为基础,选取研究问题,联合专业领域的理论和方法,协同开展空间社会计算研究。

5)从场景融合角度,可以充分利用地理空间科学的多维、实景可视化技术,如虚拟地理环境、数字孪生、混合现实、多维地图等,实现多领域业务数据的关联表达和分析,帮助解决综合的社会现象问题。

相比计算机科学、地理信息科学,空间社会计算是一个年轻的研究领域,虽然年轻但基础知识扎实,具有典型的学科交叉和社会服务特点,在做理论创新研究的同时,还应加强成果的落地转化和推广服务,深入加强企业联合,多学科科研人员联合企业的技术专家,共同推进成果的转化,做真正服务社会的科研。

观点11:多学科交叉融合能拓展创新思维,更有可能取得创新成果已经成为共识。新文科对于知识扩展和创新成果的渴望,对地理空间信息学所能产生的新理念、新模式寄予了厚望。在这样的氛围中,空间综合人文社科的发展未来可期。



张丰,浙江大学副教授,博士生导师,地理科学系副主任,浙江省资源与环境信息系统重点实验室副主任,浙江省地理学会常务理事,浙江省地理学会遥感与地理信息系统专业委员会主任。一直致力于时空数据建模和预测、高性能空间计算、智能遥感处理及其在土地利用、智慧城市、海洋和自然灾害减灾应用的研究。发表论文60余篇,出版专著4部;主持国家重点研发计划项目、国家自然科学基金等项目;2次获得国家科技进步奖,14次省部级科技进步奖。

2021年7月8日—9日,第十一届空间综合人文科学与社会科学论坛以“智汇人文,深洞社会”为主题在浙江大学顺利举行,来自空间信息、人文、社会科学、艺术、历史、管理学等多学科领域的海内外专家学者齐聚论坛,以空间为框架,智能汇聚人文信息,深度洞悉社会发展趋势,探索空间思维与技术方案在多领域的交叉融合与创新,集思共谋空间综合人文科学与社会科学发展新篇章。

文明演进与科教发展呈现出大融合、大交叉、大汇聚的趋势,大家对空间信息学科与人文社科艺术的交叉融合充满期待,但是也充满疑惑。大家拥抱融合,但是存在理解误区。理工科学者认为与人文艺术交叉的初衷是制作充满艺术感的虚拟场景或者优美的文字描述;人文社科学者认为和理工交叉是提供了可用的工具。这

样互为工具的交叉是浅层的,难以由此产生颠覆性的创新成果。只有交叉融合双方相互尊重,从问题出发,从不同学科视角和观点互为验证、互为发展的基础和突破,才能真正走向融合。

在一次地球科学和考古学专家关于7万年前古海岸线变迁的讨论中,考古学家对通过地球探测和海洋勘查获得的古海岸线提出质疑,证据是考古发现的人类活动遗址。讨论中大家形成一致的意见:古海岸带的厘定不仅需要关注基于勘探点的每个时间段自然层的形成过程,更不能忽略人类文化文明变迁的环境影响,自然科学与人文科学之间应该相互验证、互为证据。

观点12:空间社会计算是计算社会科学与空间数据科学的交叉学科,主要是融合过程模型、数据分析和计算方法,用以解决日益复杂的、非线性的、跨学科的各类社会问题,当前呈现出广阔的发展前景。这种发展也面临着巨大的挑战,在社会过程模型方面,普遍还缺乏更为基础的框架和理论;在空间数据分析方面,基于空间位置的重复性与再现性并不显著;在空间计算方法方面,地理系统、社会系统等复杂系统的计算问题也面临一系列难题。

张晓祥,博士,副教授,主要从事GIS、数字流域、地理学思想史领域的教学和科研工作。现任河海大学地理信息科学与工程研究所所长、河海大学空间智能与流域科学研究中心执行主任,兼任江苏省遥感与地理信息系统学会副理事长、中国GIS协会水利信息化工作委员会副主任委员、中国水利学会遥感专业委员会副秘书长。



计算社会学是在社会科学中采用计算方法的学术分支,倡导使用计算方法建立模型来模拟分析各类社会现象,通常这些社会现象有复杂的反馈机制和进化,从而难以用传统的定性和定量方式进行研究,同时,这些模型需要跨尺度管理,涉及大量数据处理,GIS正好可以发挥作用^[4,39-40]。空间数据科学是数据科学的学术分支,侧重研究数据的空间位置、空间距离、空间交互等空间特性,在大数据和人工智能技术的基础上,开发空间数据的存储、检索、探索、分析、可视化方法,目前,已经发展成为一门从空间数据中提取有意义信息的科学^[41]。在社会科学领域,虽然经济学、社会学、政治学、人类学、心理学等领

域

域已经就人类社会行为开展了大量卓有成效的研究,但是还远远没有如经典的物理学、生命科学等自然科学领域一样,建立起比较完整的理论框架,这种现状也从侧面说明了社会系统是一种典型的复杂系统,不确定性和复杂性都很高,因此,社会科学问题是最难解决的科学问题之一。空间社会计算可以看作计算科学与空间数据科学的交叉学科,注重将地理学的空间思维融入社会计算,开发有效的地理信息处理工具,建立更为符合实际的社会系统的过程模型,用以解决日益复杂的、非线性的、跨学科的社会问题。空间社会计算面临着巨大的发展机遇,同时,这种发展也面临着巨大的挑战。

1) 社会科学模型普遍缺乏更基础的框架和理论,空间社会计算通常涉及数据、模型和计算,但是却缺少比模型更基础的框架和理论。简单来说,框架是一个原理和结构、一套通用的语言;理论是因素之间的相互的联系和关系,包括相关关系和因果关系,理论是用框架的语言表述不同因素间相互影响的关系;模型是用来检验理论的工具,主要是检验参数和变量相互之间的数学关系,模型分定量模型和定性模型,本质上都是帮助验证理论假设的技术工具^[42]。人类面临着许多主要问题,但是这些问题本质上是社会和经济问题^[43]。当前,西方民主选举制度面临挑战,诸如 2016 年和 2020 年的美国总统大选以及 2016 年英国脱欧公投都是争议不断,影响世界政治进程;同时,全球新型冠状病毒肆虐、疫情蔓延,严重冲击了经济的全球化进程。近年来,气候变化问题也引起全球广泛关注,需要全球合作,实现经济绿色发展。社会科学如何解决这些问题,单纯建立模型方法还是不够的,需要建立比模型更为基础的框架和理论。

2) 基于空间位置的重复性与再现性研究面临挑战。空间社会计算涉及空间数据,但是基于空间位置的重复性与再现性(repeatability and reproducibility, R&R)研究是一个难以回避的问题^[44-45]。在物理等自然科学领域,R&R 研究不仅可以验证先前的科学发现,还可以检验研究方法和数据,并衍生用于类似的研究,加速科学发展。但是在地理学及社会科学领域,基于空间位置的研究具有弱可复制性,这种研究结果因为空间异质性问题而难以推广到其他时间和地点^[12]。社会系统和地理系统等都是一个开放的复杂巨系统,系统本身与系统周围的环境有“开放的”物

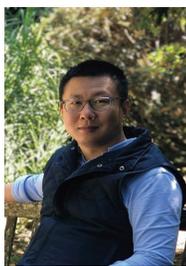
质、能量和信息的交换,这种系统所包含的子系统数量很大、种类繁多,因此,系统本身是巨系统和复杂系统^[46]。另外,子系统之间还有层次性,社会现象、地理现象涉及大量异质实体的相互作用,这些实体的行为随着时间的推移而展开,并在多个尺度上表现出来。要解决开放的复杂巨系统问题需要涉及复杂性问题,这种预测通常非常艰难^[47],需要建立从定性到定量的综合集成方法或技术^[48],当前更需要积极引入新的机器学习、深度学习等相关方法,利用地理空间 GeoAI 技术来解决这类复杂性问题^[11,47,49]。

3) 地理系统、社会系统等复杂系统的“计算”问题研究面临挑战。空间社会计算的数据和模型的研究很多,但是“计算”本身的研究还远远不够,没有充分利用“计算”这一重要的手段。卡斯特在《网络社会的崛起》一书中所体现的各种流的组织是 Tobler 地理学第一定律在互联网世界的扩展^[50]。空间社会计算毫无疑问涉及计算科学,“计算”不单是计算机,“计算”已经发展成为类似物理学、生命科学、社会科学的一门科学,形成了一个单独的科学领域。在欧洲,计算科学被称为信息论、信息科学,研究的是信息。信息论与信息科学研究要求有一个信息的秩序框架,首先,需要明确信息的来源、去向、通道、通信、语法、噪音等;然后,还包括信息的语义、语用及语用的连接与目的等,还需要考虑信息的时空性、场、对象、尺度粒度等^[51]。信息既不是一个物质的东西,也不是一种精神的东西。“计算”研究自然系统中的信息流的表达问题及与人工系统中的信息流的协同工作问题^[50]。空间社会计算需要面临一系列的计算问题,包括复杂性和复杂系统、信息论和数据科学、数据建模和仿真、信息可视化、赛博空间、本体论、语义计算、数据伦理等一系列问题^[39-40],这些都面临巨大挑战。

观点 13: 空间不仅为社会计算带来了新的维度,而且提供了新的认知观念。空间拓展了社会计算涉及的研究范畴,开拓了人类的活动领域,并强调了空间活动的价值负载,故空间计算和社会计算的融合有理论与实践的双重意义。

赵博,美国华盛顿大学地理系副教授。近期研究主要关注人文/本主义地理信息学以及伪造地理学。

空间是社会发展的载体,是人类栖居的家园。空间不仅为社会计算带来了新维度,而且提



供了新的认知观念。对于社会计算来说,空间不仅是实体的、日常生活尺度的、价值中性的单向度存在,也是实虚混合的、非常规尺度的、价值负载的多面体。空间认知的融入将为社会计算带来新的机遇与挑战。

首先,空间既包含实体部分即物理空间,也有虚拟部分,如网络空间、人际关系空间、算法空间等。实虚两者嵌合一体,人类于此间生活^[52]。能量、物质、资本在混合的空间上分布、流动以及耗散。从计算的表达层面来说,空间计算为社会计算提供了新的建模与可视化方式,社会空间可以是欧氏的二维、三维、甚至多维的形态,也可非欧氏的拓扑形态——社会空间可以被折叠、扭曲甚至镜像^[53]。这种多维度的空间认知帮助人们构建新型的地缘模型、辅助建设智慧城市,并开发数字孪生。可见,空间的混合性拓展了社会计算所涉及的研究范畴。

然后,技术理性的发展开辟了人类活动的空间。当今,人类活动已深入地外空间,如中、美、印多国对月球及火星空间的竞相探索,SpaceX、Blue Origin等多家企业对低地球轨道空间进行商业开发。另外,空间的尺度也聚焦于分子甚至量子层面。mRNA分子在细胞空间的活动影响着人类社会能否应对新型冠状病毒在世界范围内的传播;量子计算利用波函数在微观空间的特征进行信息调控,进而关系到国际社会对量子霸权的争夺^[54]。

最后,空间是价值负载的。对空间的治理与改造会影响个人发展甚至人类命运^[55],故涉及空间维度的社会计算应面向人类的在地关怀,如保障数据持有者的位置隐私,应对社会化算法对客户的锁定和对员工的剥削,发挥志愿者地理数据在应对紧急事件、自然灾害的基础性作用等。另外,空间的价值负载也促发了对空间正义的追求,如在社会计算中,如何保障空间计算资源的公平分配,如何让不同的利益攸关方都能参与到空间政策的制定过程。如何让女性、儿童、老人等也能享有社会计算所带来的红利等^[56]。

综上,空间计算和社会计算的融合有着理论与实践的双重意义。

观点 14:对复杂社会系统进行空间建模,模拟空间过程的演化并预测其发展趋势,是空间社会计算科学的研究路径,这与通过空间模型构建以认识历史地理信息所记载的人类社会文明发展规律及人-地时空耦合演化关系为目标的历史

GIS研究路径相似。历史GIS需要借助空间社会科学的研究理念,与空间社会计算科学融合发展,为模型化人类文明的时空耦合演化提供新的研究范式,助力人类文明时空耦合演化的科学认识。



赵耀龙,华南师范大学地理科学学院教授,博士生导师,副院长,广东省智慧国土工程技术研究中心主任,自然资源部华南热带亚热带自然资源监测重点实验室副主任,主要研究方向为空间分析与地理模拟、空间综合人文科学与社会科学、历史GIS等。

自Lazer等^[1]2009年发表《计算社会科学》一文,经过10多年的发展,社会计算科学已经逐步代表了社会科学在大数据时代的新发展、新路径与新范式^[56]。时空问题是社会理论的核心^[57],因此,时空分析理论、方法与技术和计算社会科学的融合,顺应了社会计算科学的空间化、可视化和定量化研究路径转化,也为现代地理信息科学与技术带来了新的拓展空间。空间综合人文与社会科学代表了地理信息科学与社会计算科学等学科交叉融合的发展潮流。

空间社会计算科学为科学认识人类文明的时空耦合演化提供了大数据时代的研究范式。人类物质文明和精神文明是在历史的空间维度即时空维度上产生和发展的,经历了长期的人类活动与地理环境的耦合演化,充分理解和认识这种耦合演化的过程,是人类文明传承与发展的重要基础。历史地理学是研究人类文明时空耦合演化的显学,属于历史学与地理学的交叉学科。在数字人文和GIS发展的新形势下,历史GIS应运而生^[58],为历史地理学提供了数字化、可视化和定量化的研究手段。历史GIS的早期研究主要以历史文献的空间数字化及数据共享为主要目标,也有应用常规空间分析方法进行时空数据分析的研究,但较少涉及人类文明发展演化的时空模拟模型构建这一历史GIS的本质研究途径。为此,笔者曾提出历史地理信息科学与技术的学科分支,致力于通过时空模型构建来认识历史地理信息所记载的人类文明发展规律及人-地时空耦合演化关系^[58]。空间社会计算科学依赖先进的计算机及空间计算技术对社会科学进行模型化、模拟和仿真计算等。对复杂系统进行空间建模与程序化,利用计算直接模拟出整个复杂空间

过程的演变或者预测过程的发展趋势,是空间社会计算科学的研究路径,这与历史 GIS 的研究路径相似,因此,历史 GIS 需要借助空间社会科学的研究理念,与空间社会计算科学融合发展,为模型化人类文明的时空耦合演化提供新的研究范式,助力人类文明时空耦合演化的科学认识。

观点 15:近年社会计算的进步与发展主要得益于大数据、先进计算技术与复杂性网络科学的发展与普及。得益于新的数据能源,新的计算方法和新的科学视角,社会计算和大数据将深刻改变社会科学研究范式。



周钰伦,香港大学建筑学院助理教授(城市数据科学),博士生导师,主要研究方向包括时空大数据挖掘、复杂性系统与网络分析、多维空间优化以及智慧城市决策支持系统;主要工作发表在 *Nature Computational Science*, *Environmental Science and Technology*, *Geoscientific Model Development* 等国际期刊上;**黄波**,香港中文大学地理与资源管理系教授,博士生导师,太空与地球信息科学研究所副所长,教育部长江学者讲座教授,主要研究方向包括地理信息系统:时空统计与土地覆盖建模、环境监测与图像融合、基于空间优化的可持续土地利用优化和交通规划,所提出的时空加权回归模型(GTWR)已成为被行业广泛接受的代表性的时空大数据统计分析方法;**曹凯**,华东师范大学地理科学学院教授,博士生导师,国家高层次青年人才,紫江优秀青年学者,主要研究方向为地理信息科学及其应用,尤其是空间优化、城市空间大数据分析及建模、空间社会科学(如老龄化、健康等方面)等主题。

社会计算代表将先进计算技术引入对于社会运行的规律和发展趋势的研究的科学。近年来,社会计算的进步与发展主要得益于大数据、先进计算技术与复杂性网络科学的发展与普及。

观测数据是科学的能源。大数据提供了全新的社会观测数据和角度,是社会计算极大发展的新能源。不同于物理化学等基础科学可以基于实验室环境下对简化系统的重复实验来获取

低成本的观测数据,社会科学因其主体多、相互作用错综复杂、时空特异性高等特点,长久以来受限于观测数据的数量和质量。相应地,研究结论的时空尺度和泛化能力也受到限制。大数据不单提供了对许多复杂社会现象进行大尺度长时间持续观测的可能性,更提供了新的社会观测维度,如城市人群的时空移动特征对理解城市经济发展、土地利用、卫生防疫等问题至关重要,而手机信令、社交媒体等大数据源让大规模持续观测人群的时空行为成为可能。

先进计算方法给社会计算提供了新的方法。机器学习、因果推断等先进计算方法提供了定量建模、预测和模拟复杂社会行为的有力工具。社会运行的规律由于同时涉及社会经济系统、自然环境系统和人的意志与决策系统,具有高度复杂性、非线性与时空特异性。传统的社会科学受限于传统统计方法与简单统计假设,不能精确地对社会规律进行高粒度的建模、预测与模拟,也难以基于统计相关提炼因果关系。机器学习方法与因果推断等一系列计算方法的创新解决了这一问题,社会科学家可以基于大数据和机器学习刻画更为复杂的社会规律和模式,推断主体间因果关系,为社会决策提供数据驱动的精确支持。

复杂性科学与网络科学为社会系统研究提供了新的视角。不同于传统科学自下而上的研究范式,复杂性科学从系统层面自上而下地发现和总结社会运行的模式和规律。所谓自下而上的研究范式,即逐个研究系统中的每个主体的特征及该主体与周围环境的相互作用规律,结合对系统中每个主体的精确理解,组合成为对系统行为的解释。作为传统科学的主要哲学,该范式应用于社会科学有明显的局限性。社会科学主体多、过程复杂,并且很难获取针对单个主体的观测。复杂性科学创新地将社会系统表征为多主体构成的复杂网络,并采用网络拓扑学与统计方法直接观测和度量系统级的特征与规律,为社会科学提供了全新的视角与知识。

总而言之,得益于新的数据能源、新的计算方法和新的科学视角,社会计算和大数据将深刻改变社会科学研究范式。先进计算方法与社会科学的结合将有机会产生巨大的社会效益,并帮助人类社会走向智慧与可持续发展的未来。

3 主题总结

福柯和吉登斯推动了社会理论空间时代的

到来^[59]，“空间性”一方面将个体和集体放置在不同的空间对人类进行分类和概化，另一方面给社会过程的理解和探究赋予空间意义^[3,60]。例如，19世纪20年代著名的社会学芝加哥学派基于空间区位布局对不同劳动分工、收入等群体在城市空间中的位置、界线、流动等现象描述社会分层；而21世纪初空间尺度重构又成为全球化和后资本主义社会重要的研究视角^[61]。

从方法论的角度，对有关社会现象进行空间的测度、描述和关系分析，是空间计算可发挥优势与社会学的一个重要结合点，尤其可在数据收集、实验设计等阶段进行深度融合。现代社会学以孔德、马克思、涂尔干、韦伯提出的社会学构想、理论及思想为基础，关注贫困、种族、性别、教育、家庭、社会不平等等问题，但是如何获得相关数据是开展量化研究的一个基础和难点。目前，国内很多重要的社会学数据仍然以传统调查为主，如中国综合社会调查、中国社会状况综合调查、中国劳动力动态调查、中国家庭收入项目、中国家庭追踪调查等，数据的收集需要耗费大量人力和物力。在物联网和大数据时代，以社会感知^[62]各类位置数据、社交媒体数据、图片、视频等以非介入的方式为研究个体和群体提供了机会，这类数据使得动态甚至实时的观察个体和特定群体成为可能。在《计算社会学》^[63]一书中，很多例子是以众包数据社会感知的方式展开研究。

大数据普遍存在偏差和噪声的问题。虽然越来越多的数据足迹表征人类和社会活动，伪造或机器人产生的数据也日益增加，影响数据的可靠性和可解释性。如何甄别可靠数据，处理数据噪声是获得准确观察和分析结果的前提。对空间逻辑的把握不仅有助于更精准地进行社会学实验设计、观察数据采集及对数据噪声的处理，还可为甄别数据解释的真伪提供一个更坚实的理论基础。这是地理和空间研究领域强调的空间思维与社会学总体逻辑思维的一个结合点，用空间思维和大数据推动认识论的发展。

实证研究是当前量化社会研究中的一个主流范式，尤其在计算社会科学的兴起后，复杂网络分析及元胞自动机、ABM(agent-based modeling)等计算机模拟工具等成为了重要研究方法。但是实证主义的前提建立在一定先验理论之上，这与社会学研究重视的个体差异问题有一定的冲突^[64]。大数据驱动的研究范式为以数据驱动的方式观察和描述个人和群体提供了可能，在一定

程度上可摆脱实证主义的局限，还有助于改善算法对边缘人群的忽视，避免陷入“平均人”的“社会物理学”研究趋势。另外，纳入空间的逻辑和运作机制的社会学算法设计也有助于设计出更合理或精妙的理论与实验结合的研究方法。

对于空间计算和计算机领域，还要警惕一味使用前沿的量化模型，制造内容肤浅或具有误导性的研究^[65]。本文尝试列出以几个空间计算与社会学可共同探讨的研究问题。

1) 大规模敏感数据的共享。这是Lazer等^[4]2020年在《计算社会科学》续篇中提出的一个观点，具体内容可以参考原文。这里想补充的是，空间数据作为一种典型的“敏感”数据，而空间计算作为一种实现大规模数据共享的工具和手段，其作用不可忽视。

2) 城市空间结构与社会阶层的相互作用。古典社会学认为劳动分工是造成社会不平等的主要原因，对城市空间结构的研究也是社会学领域著名的芝加哥学派的一个主要贡献。当前的技术条件已经基本具备了利用人类活动数据和其他各类大数据对社会空间隔离、社会关系重构、地区差别与城市发展过程的相关性或因果性做出更准确理解的条件^[66-67]，从而使人们有可能从“空间向度”的角度来把握都市阶层的划分和相关主体的形成。

3) 使用大数据和空间计算分析社会分层与社会流动。社会分层与社会流动是社会学研究中关注的一个重要问题。社会学大师奥替斯·邓肯在20世纪60年代最著名的一个研究是发现中产阶级父代向子代传递社会地位主要依靠教育完成，而2014年经济学教授拉杰·切蒂则用税收数据和人口普查数据发现美国代际间经济流动性的降低，其在哈佛大学开设的《用大数据解决社会和经济问题》课程也通过讲授如何使用方法和工具，提供了一种更系统研究社会学问题的新方法，因此，使用大数据和空间计算是当代社会学一个重要的发展方向。

“社会学总是吸引着那些有心去理解尘世间苦难和想法给世界带来正义的学者”^[62]，自然科学所关注的问题日益与社会学直接相关，如气候变化不仅涉及天文、地质，还与社会和政治紧密相关，“所有涉及可持续发展的议题都是一张多学科交流与合作的邀请函”^[65]，需要多领域深度交叉融合，才能更准确地把握研究问题；尤其在未来数字社会中，不断涌现新的社会问题，需

要研发更切合的计算平台和工具,实现社会学研究从动态、细粒度到深层次的数字化转型。

致谢:感谢中国人工智能学会社会计算与社会智能专业委员会主席、人民大学孟小峰教授对筹建空间社会计算学组的支持,以及深圳大学高琦丽博士对本次文稿的整理。

参考文献

- [1] Lazer D, Pentland A, Adamic L, et al. Computational Social Science[J]. *Science*, 2009, 323(5915): 721-723
- [2] Xie Yu. Sociological Methodology and Quantitative Research [M]. Beijing: Social Science Academic Press, 2012 (谢宇. 社会学方法与定量研究[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2012)
- [3] Zhong Xiaohua. Social Space and Social Change: “Social-Spatial” Turn of Urban Studies in the Transformation Period [J]. *Social Sciences Abroad*, 2013 (2): 14-21 (钟晓华. 社会空间和社会变迁: 转型期城市研究的“社会-空间”转向[J]. 国外社会科学, 2013(2): 14-21)
- [4] Lazer D M J, Pentland A, Watts D J, et al. Computational Social Science: Obstacles and Opportunities [J]. *Science*, 2020, 369(6507): 1060-1062
- [5] Wang Caiqin, Qin Kun, Lu Binbin, et al. Spatial Distribution Analysis of Education and Its Intergenerational Mobility[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2016, 32(6): 57-62 (王彩勤, 秦昆, 卢宾宾, 等. 教育及其代际流动的空间分布研究[J]. 地理与地理信息科学, 2016, 32(6): 57-62)
- [6] Chen Yunsong, He Guangye, Wu Sai'er. Overcoming the Dual Crisis of Quantitative Sociology[J]. *China Social Science Review*, 2017(3): 15-27 (陈云松, 贺光烨, 吴赛尔. 走出定量社会学双重危机[J]. 中国社会科学评价, 2017(3): 15-27)
- [7] Logan J R. Making a Place for Space: Spatial Thinking in Social Science [J]. *Annual Review of Sociology*, 2012, 38(1): 507-524
- [8] Mirza M U, Xu C, van Bavel B, et al. Global Inequality Remotely Sensed [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, 118(18): e1919913118
- [9] He L, Páez A, Jiao J M, et al. Ambient Population and Larceny-Theft: A Spatial Analysis Using Mobile Phone Data [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2020, 9(6), DOI: 10.3390/ijgi9060342
- [10] Li W W, Batty M, Goodchild M F. Real-Time GIS for Smart Cities [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2020, 34(2): 311-324
- [11] Li W W. GeoAI: Where Machine Learning and Big Data Converge in GIScience [J]. *Journal of Spatial Information Science*, 2020(20): 71-77
- [12] Goodchild M F, Li W W. Replication Across Space and Time must Be Weak in the Social and Environmental Sciences [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, 118(35): e2015759118
- [13] Li W W, Hsu C Y, Hu M S. Tobler's First Law in GeoAI: A Spatially Explicit Deep Learning Model for Terrain Feature Detection under Weak Supervision [J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2021, 111(7): 1887-1905
- [14] Jia T, Yu X, Li X, et al. Identification and Analysis of Urban Influential Regions from the Perspective of Complex Networks [J]. *Transactions in GIS*, 2021, DOI:10.1111/tgis.12806
- [15] Jia T, Yan P G. Predicting Citywide Road Traffic Flow Using Deep Spatiotemporal Neural Networks [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2021, 22(5): 3101-3111
- [16] Qin Kun, Lin Hui, Hu Di, et al. A Review of Spatially Integrated Humanities and Social Sciences [J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2020, 22(5): 912-928 (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)
- [17] Pei Tao, Shu Hua, Guo Sihui, et al. The Concept and Classification of Spatial Patterns of Geographical Flow [J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2020, 22(1): 30-40 (裴韬, 舒华, 郭思慧, 等. 地理流的空间模式: 概念与分类 [J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(1): 30-40)
- [18] Wang Fahui. Why do Humanities and Social Sciences Need GIS? [M] // Lin Hui, Lai Jingui, Zhou Chenghu. Spatially Integrated Humanities and Social Science. Beijing: Science Press, 2010: 3-16 (王法辉. 为什么人文学与社会科学亟需 GIS? [M] // 林珲, 赖进贵, 周成虎. 空间综合人文学与社会科学研究. 北京: 科学出版社, 2010: 3-16)
- [19] Wang Fahui, Tao Zhuolin, Cheng Yang. Spatial Distribution, Zoning and Optimized Layout of Medical Services [M] // Lin Hui, Shi Xun. Frontiers in Geoinformatics. Beijing: Higher Education Press, 2017: 384-409 (王法辉, 陶卓霖, 程杨. 医疗服务的空间分布、区划和优化布局 [M] // 林珲, 施讯. 地理信息科学前沿. 北京: 高等教育出版社, 2017: 384-409)
- [20] Zhu H J, Wang F H. An Agent-Based Model for Simulating Urban Crime with Improved Daily Routines [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2021, 89: 101680

- [21] Li M F, Shi X, Li X, et al. Epidemic Forest: A Spatiotemporal Model for Communicable Diseases [J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2019, 109(3): 812-836
- [22] Wang Fahui, Dai Teqi. Spatial Optimization and Planning Practice Towards Equal Access of Public Services [J]. *Journal of Urban Regional Planning*, 2020, 12(2): 28-40 (王法辉, 戴特奇. 公共资源公平配置的规划方法与实践[J]. 城市与区域规划研究, 2020, 12(2): 28-40)
- [23] Wang F H. Measurement, Optimization, and Impact of Health Care Accessibility: A Methodological Review [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2012, 102(5): 1104-1112
- [24] Goodfellow I J, Shlens J, Szegedy C. Explaining and Harnessing Adversarial Examples [C]//The 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR 2015), DiegoSan, CA, USA, 2015
- [25] Zhang X, Wang N, Shen H, et al. Interpretable Deep Learning Under Fire [C]//The 29th USENIX Security Symposium (USENIX Security, Boston, MA, USA, 2020
- [26] Bagdasaryan E, Veit A, Hua Y, et al. How to Backdoor Federated Learning [C]//The 23rd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, Cagliari, Italy, 2020
- [27] Li C C, Zhou P, Xiong L, et al. Differentially Private Distributed Online Learning [J]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2018, 30(8): 1440-1453
- [28] Karpathy A, Johnson J, Li Feifei. Visualizing and Understanding Recurrent Networks [C]//International Conference on Learning Representations, San Juan, Puerto Rico, USA, 2016
- [29] Ribeiro M T, Singh S, Guestrin C. "why should I Trust You?": Explaining the Predictions of any Classifier [C]//The 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Francisco, USA, 2016
- [30] Xu R Z, Cui P, Kuang K, et al. Algorithmic Decision Making with Conditional Fairness [C]//The 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Virtual Event, USA, 2020
- [31] Zhao J Y, Wang T L, Yatskar M, et al. Gender Bias in Coreference Resolution: Evaluation and Debiasing Methods [C]// The 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, New Orleans, Louisiana, USA, 2018
- [32] Bettencourt L M A. Introduction to Urban Science: Evidence and Theory of Cities as Complex Systems [M]. Cambridge: MIT Press, 2021
- [33] Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities [M]. Random House, New York: Vintage, 2016
- [34] Pappalardo L, Pedreschi D, Smoreda Z, et al. Using Big Data to Study the Link Between Human Mobility and Socio-Economic Development [C]//IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Santa Clara, CA, USA, 2015
- [35] Kandt J, Batty M. Smart Cities, Big Data and Urban Policy: Towards Urban Analytics for the Long Run [J]. *Cities*, 2021, 109: 102992
- [36] Cioffi-Revilla C. Introduction to Computational Social Science: Principles and Applications [M]. New York: Springer International Publishing, 2017
- [37] Weaver A. Tourism, Big Data, and a Crisis of Analysis [J]. *Annals of Tourism Research*, 2021, 88: 103158
- [38] Mazanec J A. Hidden Theorizing in Big Data Analytics: With a Reference to Tourism Design Research [J]. *Annals of Tourism Research*, 2020, 83: 102931
- [39] Torrens P M. Process Models and Next-Generation Geographic Information Technology [J]. *ArcNews*, 2009, 31(2): 1-4
- [40] Torrens P M. Geography and Computational Social Science [J]. *GeoJournal*, 2010, 75(2): 133-148
- [41] Brunn S D. The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology [J]. *The AAG Review of Books*, 2019, 7(2): 77-85
- [42] Wang Yahua. Enhancing Commons Governance: Elinor Ostrom's Scholarship and Applications [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2017 (王亚华. 增进公共事物治理: 奥斯特罗姆学术探微与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2017)
- [43] Watts D J. Should Social Science Be More Solution-Oriented? [J]. *Nature Human Behaviour*, 2017, 1, DOI: 10.1038/s41562-016-0015
- [44] Kedron P, Frazier A E, Trgovac A B, et al. Reproducibility and Replicability in Geographical Analysis [J]. *Geographical Analysis*, 2021, 53(1): 135-147
- [45] Kedron P, Li W W, Fotheringham S, et al. Reproducibility and Replicability: Opportunities and Challenges for Geospatial Research [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2021, 35(3): 427-445
- [46] Qian Xuesen. On Open Complex Giant Systems [J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 1991, 4(1): 1-4 (钱学森. 再谈开放的复杂巨系统 [J]. 模

- 式识别与人工智能,1991,4(1):1-4)
- [47] Batty M, Torrens P M. Modelling and Prediction in a Complex World [J]. *Futures*, 2005, 37 (7) : 745-766
- [48] Mather P M, Openshaw S, Openshaw C. Artificial Intelligence in Geography [J]. *The Geographical Journal*, 1998, 164(3): 353-354
- [49] Janowicz K, Gao S, McKenzie G, et al. GeoAI: Spatially Explicit Artificial Intelligence Techniques for Geographic Knowledge Discovery and Beyond [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2020, 34(4): 625-636
- [50] Câmara G. Data-Intensive Geoinformatics: Using Big Geospatial Data to Address Global Change Questions [C]//Workshop on GIScience in the Big Data Age, GIScience Conference 2012, Columbus, OH, USA, 2012
- [51] Couclelis H. What Geographic Information Science Is Not: Three Theses [C]//GIScience Conference 2012, Columbus, OH, USA, 2012
- [52] Zhao B, Zhang S Z. Rethinking Spatial Data Quality: Pokémon Go as a Case Study of Location Spoofing [J]. *The Professional Geographer*, 2019, 71 (1) : 96-108
- [53] Secor A. 2012 Urban Geography Plenary Lecture Topological City [J]. *Urban Geography*, 2013, 34 (4): 430-444
- [54] Arute F, Arya K, Babbush R, et al. Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor [J]. *Nature*, 2019, 574(7779): 505-510
- [55] Zhao B, Sui D Z, Li Z H. Visualizing the Gay Community in Beijing with Location-Based Social Media [J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2017, 49(5): 977-979
- [56] Zhang Xiaojin, Meng Tianguang. On the Origin, Development and Innovation Paradigm of Computational Social Science [J]. *Theoretical Exploration*, 2017(6): 33-38 (张小劲, 孟天广. 论计算社会科学的缘起、发展与创新范式 [J]. 理论探索, 2017 (6): 33-38)
- [57] Qin Kun, Kang Chaogui. Spatiotemporal Analysis Theory and Method of Computational Social Science [J]. *Journal of Guizhou Normal University (Social Sciences)*, 2016, 203(6): 46-48 (秦昆, 康朝贵. 计算社会科学的时空分析理论与方法 [J]. 贵州师范大学学报(社会科学版), 2016, 203(6): 46-48)
- [58] Zhao Yaolong, Chao Zihao. A Review of Historical GIS and Its Trend [J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2020, 22(5): 929-944 (赵耀龙, 巢子豪. 历史 GIS 的研究现状和发展趋势 [J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(5): 929-944)
- [59] Derek G. Social Relations and Spatial Structures [M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing House, 2011 (格利高里. 社会关系与空间结构 [M]. 北京:北京师范大学出版社, 2011)
- [60] Charon J. Ten Questions: A Sociological Perspective [M]. 8th ed. Beijing: Peking University Press, 2018 (乔尔·查农. 一个社会学家的十堂公开课 [M]. 8版. 北京:北京大学出版社, 2018)
- [61] Brenner N. New State Spaces: Urban Government and Rescaling of Statehood [M]. Nanjing: Phoenix Education Publishing, Ltd, 2020 (尼尔·博任纳. 新国家空间: 城市治理与国家形态的尺度重构 [M]. 南京:江苏凤凰教育出版社, 2020)
- [62] 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
- [63] Salganik M J. Bit by Bit: Social Research in the Digital Age [M]. Beijing: CITIC Press, 2019 (马修·萨尔加尼克. 计算社会学 [M]. 北京:中信出版社, 2019)
- [64] Wieviorka M. Neuf Leçons De Sociologie [M]. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House, 2017 (米歇尔·维沃卡. 社会学前沿九讲 [M]. 北京:中国大百科全书出版社, 2017)
- [65] Xie Yu. Avoiding the Misleading Trap of Sociology Localization in China [J]. *Sociological Studies*, 2018, 33(2): 1-13 (谢宇. 走出中国社会学本土化讨论的误区 [J]. 社会学研究, 2018, 33(2): 1-13)
- [66] Gao Q L, Li Q Q, Yue Y, et al. Exploring Changes in the Spatial Distribution of the Low-to-Moderate Income Group Using Transit Smart Card Data [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2018, 72: 68-77
- [67] Gao Q L, Yue Y, Tu W, et al. Segregation or Integration? Exploring Activity Disparities Between Migrants and Settled Urban Residents Using Human Mobility Data [J]. *Transactions in GIS*, 2021: 12760

Integration Path of Spatial and Geo-Computing and Computational Social Science

YUE Yang¹ LIU Yu² CHEN Yunsong³ HE Li⁴ CHEN Chen⁴ LI Wenwen⁵
 QIN Kun⁶ JIA Tao⁶ XU Gang⁶ WANG Fahui⁷ WANG Jingyuan⁸ XIE Xing⁹
 XU Fengli¹⁰ XU Yang¹¹ SU Shiliang¹² GUI Zhipeng⁶ YOU Lan¹³
 ZHANG Mingda¹⁴ ZHANG Feng¹⁵ ZHANG Xiaoxiang¹⁶ ZHAO Bo¹⁷
 ZHAO Yaolong¹⁸ ZHOU Yulun¹⁹ HUANG Bo²⁰ CAO Kai²¹

- 1 School of Architecture and Urban Planning, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China
- 2 School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China
- 3 School of Social and Behavioral Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China
- 4 School of Humanities and Social Science, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China
- 5 School of Geographical Sciences and Urban Planning, Arizona State University, Tempe, AZ 8528, USA
- 6 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China
- 7 Department of Geography and Anthropology, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70802, USA
- 8 School of Computer Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China
- 9 Microsoft Research Asia, Beijing 100080, China
- 10 Knowledge Lab & Mansueto Institute for Urban Innovation, Chicago University, Chicago, IL 60637, USA
- 11 Land Surveying of Geo-Informatics, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China
- 12 School of Resources and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China
- 13 School of Computer Science and Information Engineering, Hubei University, Wuhan 430062, China
- 14 Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan 430062, China
- 15 School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China
- 16 College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China
- 17 Department of Geography, University of Washington, Seattle, WA 98195, USA
- 18 School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China
- 19 Faculty of Architecture, The University of Hong Kong, Hong Kong, China
- 20 Department of Geography and Resource Management, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China
- 21 School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China

Abstract: Objectives: Geospatial data and computing plays an important role in the era of big data and artificial intelligence(AI), and provides a dimension of social studies in term of ontological, methodological, and epistemologs aspects.**Methods:** This interview invited some influential scholars from the fields of sociology, geo-informatics, computing science and expressed their views on how spatial and geo-computing can be integrated in computational social science.**Results:** Geospatial studies and social science share a very basic research objective which focuses on heterogeneity, and spatial big data provides an unprecedented paradigm for social studies. Also, challenges were raised on building a theoretical framework, data availability, computing issues, and related concerns on ethics.**Conclusions:** To solve the challenges, it requires the closer collaboration among social science, geo-science, and computer science. We wish this discussion could inspire the related studies and provide a blueprint for both geospatial and social computing.

Key words: spatial computing; spatial-social computing; computational social science; social computing; geo-social computing

First author: YUE Yang, professor, majors in human mobility data analysis and mining, urban traffic, geo-social, big data and sustainable development, and empirical studies on the integration of big data and GIS. E-mail: yueyang@szu.edu.cn

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China(42171449, 42001390).

引文格式: YUE Yang, LIU Yu, CHEN Yunsong, et al. Integration Path of Spatial and Geo-Computing and Computational Social Science[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2022, 47(1):1-18. DOI:10.13203/j.whugis20210619(乐阳, 刘瑜, 陈云松, 等. 空间和地理计算与计算社会学的融合路径[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2022, 47(1):1-18. DOI:10.13203/j.whugis20210619)