**引文格式**:吴建华,魏宁,张勇生,等.语言空间智能:学科交叉创新的机遇与挑战[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(1):67-77.DOI:10.13203/j.whugis20240351

**Citation**: WU Jianhua, WEI Ning, ZHANG Yongsheng, et al. Linguistic-Spatial Intelligence: Opportunities and Challenges of Interdisciplinary Innovation[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2026, 51(1): 67-77. DOI: 10.13203/j.whugis20240351

# 语言空间智能:学科交叉创新的机遇与挑战

吴建华[1,2] 魏 宁[1,2] 张勇生[2,3] 张雨霏[1,2] 陈远远[1,2] 涂浩文[1,2]
秦 昆[2,4] 林 珲[1,2]

1 江西师范大学地理与环境学院,江西 南昌,330022
2 江西师范大学语言空间信息科学研究中心,江西 南昌,330022
3 江西师范大学文学院,江西 南昌,330022
4 武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079

**摘 要**:为响应国家语言资源保护开发的迫切需求、顺应科技融合发展趋势,提出了语言空间智能,旨在开拓这一新兴交叉领域。语言空间智能融通语言学、地理学和人工智能,专注于多模态语言数据的信息识别、提取、处理、重构、制图、挖掘分析与智能服务。首先,阐明了语言空间智能的基本内涵,包括概念、内在逻辑、应用领域及核心科学问题等。然后,提炼出了语言空间智能的核心研究内容,介绍了其支撑理论与方法。最后,阐明了该领域面临的机遇与挑战,并探讨实现路径。

**关键词**:地理语言学;地理信息科学;人工智能;语言地理计算;语言时空知识图谱

**中图分类号**:P208 **文献标识码**:A **收稿日期**:2024-11-05

**DOI**:10.13203/j.whugis20240351 **文章编号**:1671-8860(2026)01-0067-11

# Linguistic-Spatial Intelligence: Opportunities and Challenges of Interdisciplinary Innovation

*WU Jianhua*[1,2] *WEI Ning*[1,2] *ZHANG Yongsheng*[2,3] *ZHANG Yufei*[1,2] *CHEN Yuanyuan*[1,2]
*TU Haowen*[1,2] *QIN Kun*[2,4] *LIN Hui*[1,2]

1 School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China
2 Research Center for Linguistic Spatial Information Science, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China
3 School of Literature, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China
4 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

**Abstract**: **Objectives**: Language, as a fundamental carrier of human civilization, possesses instrumental, cultural, and resource-based attributes, and exerts a profound influence on the development of society and culture. However, the accelerating forces of globalization, modernization, and urbanization have engendered significant challenges to the vitality of linguistic ecosystems. Consequently, the preservation and development of language resources have become an urgent imperative for both the nation and society. In the current era of digital intelligence, the integration of emerging technologies, such as GIS and artificial intelligence (AI), offers novel technical approaches to language resource protection and development, and provides a new development space for the research on language resources. In response to the urgent national need for language resource protection and development, we propose the nascent field of linguistic-spatial intelligence (LSI). It aims to promote interdisciplinary cooperation, identify areas of academic growth, pro-

**基金项目**:国家社会科学基金重点项目(20AYY005);2023年江西省高校人文社会科学研究一般项目(规划项目)(YY23109);"赣鄱俊才支持计划·高层次高技能领军人才"项目。

**第一作者**:吴建华,博士,副教授,主要从事空间数据智能集成、地理信息工程、语言空间智能研究。wjhgis@126.com

**通信作者**:张勇生,博士,教授。zhangyshyy@163.com

vide crucial guidance for innovative talent cultivation and cutting-edge societal applications, and ultimately advance the protection and development of language resources. **Methods**: We integrate relevant theories and techniques from linguistics, geography, and AI to propose and elaborate on the concept of LSI. First, we clarify the basic connotation of LSI, including its definition, underlying logic, application fields and core scientific issues. Then, in response to the evolving needs of linguistics and geography, both in research and practical application, we propose five core research areas of LSI and outline the theoretical and methodological foundations supporting their development. Finally, we analyze the opportunities and challenges and explore potential pathways for its realization. **Results**: The key findings include: (1) LSI is defined as the scientific and technological discipline that studies the fundamental principles, methods, and applications at the intersection of linguistics, geography, and AI. It focuses on the information recognition, extraction, processing, reconstruction, mapping, mining and analysis, and intelligent services of multimodal language data. (2) We reveal the cross-fusion mechanisms and mutual support relationships among linguistics, geography, and AI. (3) The applications of LSI mainly cover three areas: Extracting and reconstructing spatial information from linguistic information, covering spatial information into natural language expressions, and providing intelligent services for integrating and analyzing linguistic and spatial information. (4) The core scientific questions of LSI include: How to spatialize linguistic information, how to intelligently recognize and understand language maps, how to construct language spatiotemporal knowledge graphs, how to effectively model the evolution and variation of language, and how to provide intelligent language services. (5) Five core research areas are proposed: Intelligent extraction and reconstruction of linguistic-spatial information, intelligent interpretation of geographic information on language maps, language spatiotemporal knowledge graphs and intelligent reasoning, language geocomputation and analysis, and the intelligentization of language maps and language GIS. (6) We identify the opportunities for LSI in interdisciplinary integration, technological development, data resources, and application prospects, as well as challenges in innovative theoretical construction and improvement, breakthroughs in key scientific questions, and the transformation and application of research outcomes. Pathways for realization are proposed: Continuous advancement of theoretical construction through integrated practice, promotion of breakthroughs in key technologies through industry-academia collaboration, and facilitation of the transformation and application of outcomes through the integration of government, industry, academia, and research. **Conclusions**: This research not only expands the interdisciplinary domain of linguistics, geography, and AI, but also provides a systematic framework for the theory, method, and practice of LSI. As an interdisciplinary study, LSI provides new solutions for the intelligent processing of language data and has broad development prospects. However, this field still faces a series of challenges that require further in-depth exploration and research.

**Key words**: geographical linguistics; geographic information science; AI; linguistic geographic computing; spatiotemporal knowledge graph for language

语言是人类文明的载体,具有工具性、文化性和资源性等多重属性,对人类社会和文化发展具有深远影响。根据联合国教育、科学与文化组织的统计,全球有6 000多种语言。随着全球化、现代化、城市化的推进,语言的生存状况正遭遇前所未有的危机,每14 d就有一种语言消失。2019年1月16日,联合国教育、科学与文化组织正式发布《保护和促进世界语言多样性岳麓宣言》。2021年11月30日,国务院办公厅印发了《关于全面加强新时代语言文字工作的意见》,明确指出要保护开发语言资源,这表明语言资源的保护开发已经上升为国家战略。2015年,教育部、国家语言文字工作委员会正式启动中国语言资源保护工程(简称为语保工程),其核心任务是对中国境内的语言资源进行调查、保存和展示,并在此基础上进行有效开发和利用。语保工程一期(2015—2020年)完成了全国1 712个调查点的调查保护,调查收集了123种语言和全国各地方言的原始语料数据1 000多万条,其中音、视频数据各500多万条,总物理容量达100 TB[1]。语保工程二期于2021—2025年实施,主要对一期工程所收集的语言资源进行全面系统的整理、加工

和开发,并对现有的数据平台进行改造升级。语言资源的保护开发已经成为当前国家和社会的迫切性课题。在当前数智化浪潮中,地理信息系统(geographic information science, GIS)、大数据、云计算、人工智能(artificial intelligence, AI)等新兴技术的引入,将从不同层面为国家语言资源的保护开发提供新的技术手段[2],同时也为语言资源的研究提供了新的发展空间。

在21世纪科技浪潮的推动下,学科间的界限变得越来越模糊,不同学科的交叉融合孕育出许多新兴领域和新的发展方向。例如,在地理学领域,空间信息科学与计算机科学和人文社会科学的交叉融合,产生了空间综合人文学与社会科学[3]、空间社会计算、社会地理计算[4]等新兴领域。在语言学领域,方言学与地理信息技术、空间统计、空间可视化、计量方法等新兴科技手段的交叉融合,产生了地理语言学、方言测量学[5]。在国家语言资源保护开发以及大数据、AI融合发展的大趋势下,语言学、地理学和AI的交叉融合成为新的发展可能。

传统语言学主要关注语言的结构规律、功能和演变。随着信息技术的介入,语言学的研究范畴不断扩展。20世纪50年代,语言学与计算机的结合催生了计算语言学。随着AI的进步,语言学与AI的融合衍生出了语言智能技术,在语音智能解译、语种识别[6-7]、语音地域识别[8-9]、文本信息抽取与处理等领域取得了显著进展。特别是ChatGPT、Sora等大语言模型的快速发展,使得人类能以前所未有的速度与深度处理和分析语言数据,实现更为智能化的语言交互和服务。例如,文本生成图像、文本生成地图[10]以及文本生成视频的研究与应用正在迅速发展,这不仅为理解语言提供了新的视角,也为其他学科提供了有利工具。

地理学主要研究地球表面的特征、现象及其相互关系,也在数字化和计算技术的推动下发生了巨大变革。GIS、遥感和位置智能的应用,极大地提高了地理数据的收集、处理和分析能力。这些技术的发展不仅为地理学研究提供了新的动力,也为其他领域,如语言学提供了重要支持。例如,在语言学中引入地理学方法,可进行方言制图[11-12]、语言GIS[13]、语言特征地理分布[14-15]及语言时空演化[16-18]等方面的研究。地理学与语言学的交叉融合形成了语言地理学(现在国内一般称为地理语言学)。近年来,随着AI的迅猛发展,地理空间科学与AI相结合,产生了地理空间AI[19-20]或地理空间智能[21]、时空型混合智能[22]等新兴领域。

由此可见,语言学、地理学与AI两两交叉,已有相对成熟的学科分支。然而,将这三者融合研究尚不多见。当三者相结合时,将催生一个全新的研究领域。在这个领域中,可以利用AI技术处理和分析大量的语言和地理数据,以解决现实世界中更为复杂的问题,必将大大拓展地理语言学和地理空间智能的发展空间。因此,为服务当前国家语言资源保护开发的重大战略需求,顺应科技融合发展的大趋势,本文提出了语言学、地理学与AI交叉融合的新兴领域——语言空间智能,主要围绕音频、视频、图像和文本等多模态语言数据的信息识别、提取、处理、重构、制图、挖掘分析与智能服务进行研究,可广泛应用于国家语言资源保护开发以及公安、消防、智慧旅游、人机交互等多个领域,具有广阔的发展和应用前景。本文旨在阐明该领域的基本内涵,厘清多学科之间的交互关系及交叉融合机制,指出核心研究内容,介绍支撑理论与方法,分析发展机遇与面临的挑战,并探讨实现路径,以期推动发展,并促进实际应用。

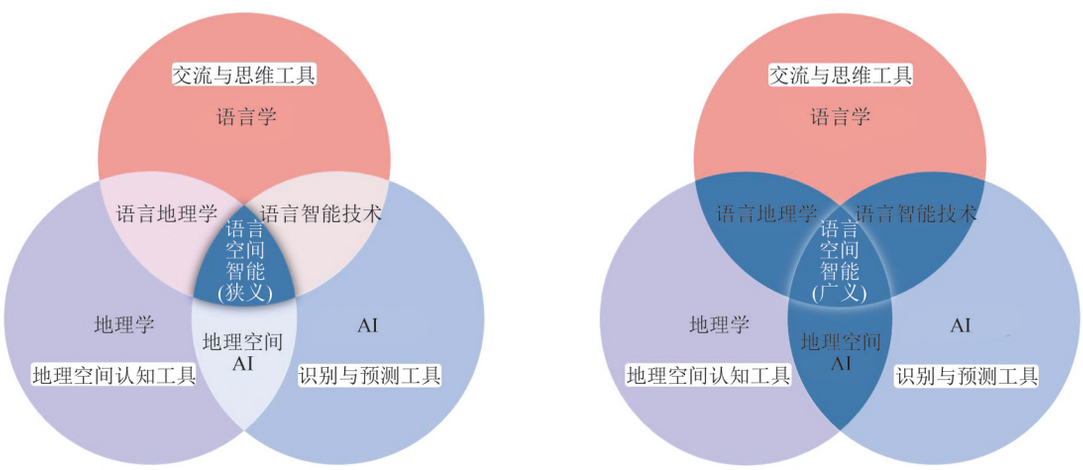
## 1　语言空间智能的基本内涵

“语”字始见于春秋金文,本义指谈论,表示与言语有关,又引申为代替语言表达思想的方式或动作。“言”字始见于商代甲骨文,是张口伸舌讲话的象形,后简化为“讠”,本义指说话,又引申指所说的话,或者所说、所写的一个字、一句话[23]。古代汉语中,自我陈述是“言”,与别人谈论是“语”;现代汉语中,语言的构词是同义语素并列,“言”与“语”同义。

语言包括口头语和书面语两种表现形式,可以从不同角度进行定义:(1)语言是一种符号系统,通过词汇和语法规则将符号组合成句子,以传达特定的含义。(2)语言是人类社会交流和沟通的工具,人们能够通过语言分享信息、表达想法和建立关系。(3)语言是思维工具,不仅可以用来沟通,还可以影响人们的思维方式和认知能力,帮助人们组织思想并理解世界。(4)语言是文化的载体和传承工具,每种语言都反映了特定文化的价值观、传统和历史。(5)语言是一种生物特征,具有生物学基础和进化历史。这些定义反映了语言在人类生活中的多样性和重要性,也说明了语言对人类社会和文化的深远影响。

从语言形式上看,又涉及口头语言、书面语言、手势语言、编程语言、艺术语言、电子语言等。本文提出的语言空间智能主要聚焦口头语言、书面语言以及相关的电子语言。口头语言使用语音和声音来传递信息,书面语言通过文字、符号和图形来表达意思,电子语言是口头语言、书面语言、艺术语言等语言的数字化内容。语言学是系统而科学地研究语言的性质、功能、结构与运用以及历史发展的学科,已经与历史学、地理学、气候学、社会学和计算机科学等众多学科交叉融合,相互借鉴、相互影响,共同发展。

语言空间智能是研究语言学、地理学与AI交叉融合领域的基本原理、方法及其应用的科学技术。其主要以语言或方言、语言地图为研究对象,“空间”既可以指一种研究方法,即地理学,也可以指具体的地理位置、语义位置等,“智能”即智能的计算机算法、AI等。从研究范畴看,可以分为狭义和广义的语言空间智能。前者是指语言学、地理学、AI三者的交叉研究领域(见图1(a)),诸如基于深度学习的语音地域识别、地理空间中的语言智能计算与分析等方面的研究。后者是指语言学、地理学、AI三者两两交叉领域的并集研究领域(见图1(b))。从应用的角度看,语言学是促进交流与发展思维的工具,地理学是进行地理空间认知的工具,AI则是信息识别与预测的工具。




(a) 狭义的语言空间智能 (b) 广义的语言空间智能

图1 语言空间智能研究范畴

Fig. 1 Research Scope of Linguistic-Spatial Intelligence

语言学、地理学及AI之间的交叉融合机制如图2所示,三者之间存在着复杂的交互关系。语言在空间信息的表达、认知、推理和解释中扮演着重要角色,语言能描述空间位置和关系,还能赋予其更丰富的含义。同时,空间信息也可以反向地表达和解释语言信息,并提供空间定位参考。二者的交互关系还体现在空间信息和语言信息的集成,以及利用AI技术实现二者的相互转换,以提升互通性。智能技术在提升空间信息与语言信息处理效果方面至关重要,不仅提高了空间信息的智能化处理能力,同时为语言信息的解析和应用提供了更强的计算能力。空间和语言则为智能提供了丰富的应用场景和多样化问题,从而不断丰富和优化AI算法。

从语言学的视角看,地理学的引入可以支持语言信息的地理空间化与空间分析,而AI可以提高语言信息的处理效率,提升交互性。可以说,地理学与AI为语言学发展提供了新的机遇。从地理学的视角看,语言学可以丰富地理学的理论、方法与应用,而AI可以提升空间信息的处理能力。从AI的视角看,AI可以作为空间信息与语言信息相互转换的桥梁,同时地理学与语言学可以丰富AI模型与算法,促进其发展。三者可以两两交叉融合,也可三者交叉融合,彼此紧密关联,相互支持、相互促进。

语言空间智能的核心在于融合语言学、地理学和AI,探索语言信息与空间信息间的多层次相互作用与合作,包括利用语言实现空间信息的表达、认知、推理,空间信息为语言信息提供定位参考,以及二者之间的集成和转换等。其目标是通过多学科的交叉融合提升对语言和地理空间数据的理解、处理和应用能力。狭义的语言空间智能领域的应用主要体现在3个方面:(1)利用AI技术从语言信息中提取并重构空间信息;(2)将空间信息转化为自然语言;(3)实现语言信息和空间信息的集成、分析与智能服务。狭义的语言空间智能

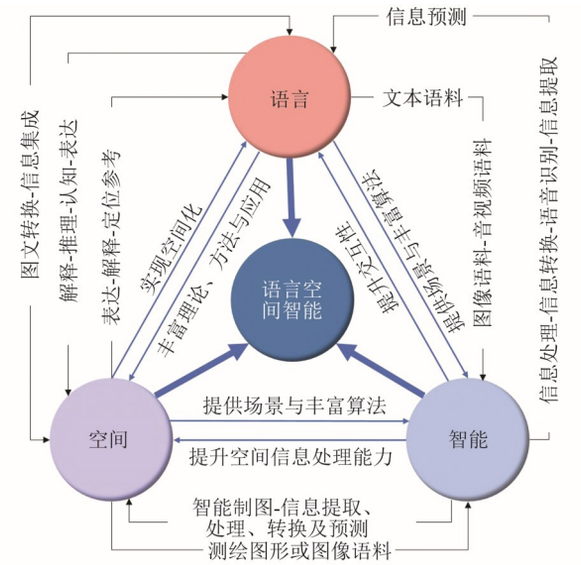



图 2　学科间的交叉融合机制

Fig. 2　Mechanisms of Interdisciplinary Intersection and Integration

面临的核心科学问题包括:如何实现语言信息的空间化,如何智能地认知和理解语言地图,如何构建语言时空知识图谱,如何有效建模语言的演化与变异过程,以及如何提供智能化的语言服务。这些问题的解决将推动语言空间智能的发展与应用。鉴于语言学、地理学与AI两两之间已有相对成熟的学科分支,为区分已有研究,下文主要围绕狭义的语言空间智能展开讨论,阐述其主要研究内容、理论与方法,指出发展机遇与面临的挑战及其实现路径。

## 2　语言空间智能的研究内容、理论与方法

### 2.1　语言空间智能的主要研究内容

语言空间智能研究紧密对接国家语言资源保护工程、国家应急重点工程、数字经济发展等国家重大战略需求,旨在解决语言学、地理学和AI交叉领域的科学与应用问题,充分发挥语言在人类生产、生活与安全应急中的关键作用。针对未来语言学和地理学的发展与实践需求,本文初步提出5项核心研究内容:语言空间信息的智能提取与重构、语言地图的地理信息智能解译、语言时空知识图谱与智能推理、语言地理计算与分析、语言地图与语言GIS的智能化。

#### 2.1.1　语言空间信息的智能提取与重构

从语言数据中提取空间信息并进行重构,在公安、消防、灾害应急等领域具有重要的应用价值。在狭义的语言空间智能领域,研究主要包括基于AI的精细语音地域识别、对结合AI与社交媒体多模态的语言数据进行地理信息抽取与空间化,以及通过生成式AI(AI generated content,AIGC)与语言数据构建地理(或空间)场景等。

1)基于AI的精细语音地域识别。语音地域识别(也称方言辨识)是一项通过计算机自动识别语音片段的方言属性,从而判断所属地域的技术[24]。近年来,语音地域识别逐渐在公安刑侦、客服系统等实用领域显现出重要价值[25]。中国一些方言语种测评比赛促进了语音地域识别的发展,例如,2016年以来海天瑞声和清华大学等每年联合主办的“东方语种识别竞赛”和2018年科大讯飞举办的全球首届“方言种类识别AI挑战赛”,都为语音地域识别技术的进步提供了重要平台。这些赛事加速了语音地域识别技术的成熟,并对AI语音技术的广泛应用产生了深远的影响。目前,国内各大高校、科研机构和企业也在方言地域识别领域进行了研究和开发,如清华大学[6]、厦门大学[7]、江西师范大学[9],以及讯飞、阿里等。通常情况下,识别的地理区域尺度越小,对实际应用越有利。然而,目前地域定位的精度有限,多数只能定位到县域层面。因此,亟需开发具备智能性和可解释性的精细语音地域识别方法,助力公安刑侦、消防接警、智慧旅游等领域的应用。未来,随着智能语音交互场景的不断扩大,精细语音地域识别的研究和应用前景将更加广阔。

2)对结合AI与社交媒体多模态的语言数据进行地理信息抽取与空间化。随着Web 2.0、全球导航卫星定位、智能终端及移动互联网等技术的融合发展,社交媒体如推特、脸书、微博等迅速崛起,并为人们提供了大量的文本、图像、语音、视频等灾情信息。社交媒体数据具有现实性强、语义丰富、覆盖广泛、成本低、传播速度快且包含时空信息等优点,已成为分析灾害事件的重要信息来源,这些包含时空信息的大数据在了解和理解现实物理世界等方面具有极其重要的价值[26]。利用社交媒体数据进行灾害管理,可以有效弥补传统监测手段的不足,如高成本、苛刻的使用条件及时空限制等,为防灾、备灾、响应和恢复重建等提供数据支持,增强灾害问题的分析和处理能力。因此,对结合AI与社交媒体多模态的语言数据进行地理信息抽取与空间化,特别是在细粒度位置、模糊位置、模糊范围以及模糊地理对象的识别与空间化方面,亟需取得进一步突破。该研

究将有助于丰富地理空间数据获取与整合的理论和方法,促进多模态语言的社会化应用。

3)通过AIGC与语言数据构建地理(或空间)场景。AIGC是通过AI技术来模拟人类的创造性思维,从而生成文本、图像、音频、视频等内容。将AIGC引入到语言学和地理学交叉领域,可以丰富科学研究的手段,加快内容生产,增强内容理解。基于AIGC与语言数据的地理场景或地图构建包括:(1)由语言文本生成图像表达的地理场景或地图(文本生成地图[10]),例如根据语言文本描述生成示意性方言分布地图。(2)由语言文本生成地理场景视频,例如根据李白的《望庐山瀑布》这首诗生成一段富有画面感的庐山瀑布视频。该方法能够将文学作品中的景象生动地呈现出来,增强视觉体验。(3)由语言文本生成三维地理场景模型,通过分析和理解文本中的描述,将其转换为三维的地理空间表示。该技术利用自然语言处理和计算机图形学来自动创建与文本描述对应的三维地理场景模型,模型包括地形、建筑、自然景观等元素,从而提供直观的可视化效果。例如,通过描述古代城市的文献,可以重建三维模型,帮助理解布局和结构。该研究可为理解历史场景、保护和恢复文化遗产、规划未来场景等提供参考。

#### 2.1.2 语言地图的地理信息智能解译

语言地图的地理信息智能解译主要实现从“图”到“文”的转换[10],即实现语言地图的图像理解[27]或认知智能[22]。研究内容主要包括:(1)通过AI技术理解语言地图并生成文本,以表达对其名称、类型、地理范围、语言种类、分布及差异等方面的理解和评估。(2)利用AI技术深度解读影像地图、矢量地图、实景三维地图及虚拟地理场景等多维度语言地图,并生成文本,以表达对地理要素的内容、数量、质量、地理范围、空间形态、格局、结构和关系等的理解和评估。该研究内容逐步实现了机器代替人脑进行地图的阅读与分析。随着科技的不断创新,智能解译不仅能描述地理现象及环境,还能深入挖掘更丰富细致的信息,具有重要的应用价值。例如,在语言保护方面,智能解译可以帮助识别和记录特定时期濒危语言的分布和使用情况,为语言保护工作提供数据支持。在城市规划和环境管理中,智能解译提供的详细地理信息和分析结果,可以帮助决策者更好地理解城市和环境的现状及变化趋势,从而制定更为科学合理的规划和管理策略。

#### 2.1.3 语言时空知识图谱与智能推理

语言作为一种活态文化,具有天然的时空性,与地理位置信息之间存在密切的关系,不同时期、不同地理位置的地理环境、气候、历史、文化、经济等多重因素,对方言的形成和演变具有重要影响。时空知识图谱是由包含地理时空分布或位置隐喻的知识构成的有向图,即以时空分布特征为核心的知识图谱[28],它通过计算机规范化表达与存储和地理时空分布相关的知识集合,进而支持与地理时空分布或位置相关的知识检索与推理。语言的空间分布、特征分布、语言文化的时空分布及语言之间的时空关系等,均可通过时空知识图谱来进行有效的组织管理、理解与推理应用。当前,尤其是在方言领域,语言知识较为分散,缺乏系统化,这限制了对信息化和智能化应用的支撑力度,同时也影响了公众对方言的兴趣和应用。因此,亟需开展语言时空知识图谱方面的研究,内容涵盖语言数据与知识双驱动的本体构建、语言时空知识图谱的构建、语言知识的查询与时空关联、基于语言时空知识图谱的推理应用4个方面。该研究涉及语言特征、语言文化、语言时间、语言地域等知识,方法层面主要包括知识表示、实体识别与分类、关系抽取、知识融合与整合、知识推理与查询等技术。基于语言时空知识图谱与智能推理的研究成果,可以开发出一个具有深度语义理解和推理能力的语言知识管理与应用系统,使计算机能够智能地理解和处理语言,同时提升方言的易触达性和研究的便捷性,从而支持语言的保护、传承与应用开发。

#### 2.1.4 语言地理计算与分析

借鉴文献[29]的思想逻辑,本文将语言地理计算定义为:依托语言学和地理学的理论与方法,借助时空大数据与AI等现代地理信息科技手段,对语言现象及其时空变化规律进行定量描述、阐释或模拟的理论与方法体系的统称。根据应用的层面和深度的不同,可以将研究内容分为4个方面:(1)语言的探索性空间分析。利用空间可视化、描述性统计、空间统计等方法研究语言分布的数量、位置、空间形态、空间格局、空间模式、空间相关性、空间差异、空间趋势等。(2)语言时空语义关系计算。计算语言之间的空间关系与距离(即邻近性、包含性、叠置性、相对距离[30]、从属关系)和历时关系(即接触关系、借用关系、演变关系)[15],以及语言特征之间的相似性与差异性等。(3)语言空间相关性研究。综合运用多

元线性回归模型、逻辑回归模型等研究地理环境(如地形、气候、植被等)和社会环境(如文化、历史、交通、人口迁移、经济活动等)对语言发展的影响,揭示语言现象的空间分布规律和相关性。这些分析有助于深入了解语言在时空维度上的动态特征,为语言的可持续发展提供科学依据。(4)特定的语言地理模型构建。将语言分布和变化进行时空建模,并进行时空耦合性分析,以便于解释或预测语言现象。例如,构建语言特征演化(分化、扩散、融合等)的动态模型[17-18]。

2.1.5　语言地图与语言GIS的智能化

尽管地图制图及GIS较早被引入语言学领域,但其应用水平仍然相对滞后,智能化应用更是远未实现。因此,亟需开展以下研究:(1)语言地图的智能化。语言地图在语言学研究中具有重要意义,能够展示语言特征在地理空间上的分布、变异和演化。目前常见的语言地图包括定点符号图和范围图,特殊类型如方言同言线图、接近率图和动线图等。过去,制图工作主要依赖人工完成,近年来开始利用GIS软件来完成制图,但自动化和智能化程度仍有限,亟需发展智能的语言制图技术,如开发方言特征符号动态创建算法、方言同言线自动化生成算法以及方言分区线自动化识别算法等。(2)语言GIS的智能化。尽管国内外学者已在方言GIS方面取得一定进展,但对国内特定地区方言GIS的研究仍不够深入,智能化应用水平仍相对有限。因此,亟需综合运用GIS、深度学习、知识图谱以及云数据库等技术,整理和保护方言数据,实现多模态方言语料的集成管理与智能应用。多模态内容包括语音、词汇、语法以及口头传统,多模态形式包括音频、图像、图表和文字。智能化方言GIS应具备查询与统计功能,还应涵盖语音地域识别、濒危语言监测、方言时空知识图谱与推理应用、自动化语言特征制图、灵活的方言数据对比以及语言的形成与发展成因分析等多项功能,从而达到语言数据管理的时空化、三维化、视听化、智能化的目标[13]。

### 2.2　语言空间智能的支撑理论与方法

语言学的深入研究与应用不仅依赖于语言学本身,还迫切需要地理学、计算机科学及AI等多学科的支撑。只有在多学科交叉融合的背景下,语言学研究才能向更深层次发展,取得更为丰硕的成果,并实现广泛的实际应用。语言空间智能主要融合了语言学、地理学、AI学科领域的理论和技术方法,如表1所示。此外,还涉及计算机、大数据、云计算、虚拟现实和增强现实等方面的理论与方法。其中,计算机技术是处理与分析语言数据和空间数据的基础,能够设计出自动化、智能化的算法,从而支撑语言与地理信息的应用。计算机技术也是AI发展的基础,是语言空间智能的"操作系统"。大数据技术用于支撑语言空间知识挖掘与图谱化表示,云计算可为处理语言数据和空间数据提供强大的计算能力,而虚拟现实和增强现实技术用于增强语言数据和空间数据的空间视觉表现力。图3展示了语言空间智能技术的体系结构。

**表1　语言空间智能研究的支撑理论与方法**

Table 1　Supporting Theories and Methods of Linguistic-Spatial Intelligence Research

| 学科领域 | 理论与方法 | 支撑作用 |
|---|---|---|
| 语言学 | 语音学、音韵学、语法学、语义学、语用学等 | 支持语言数据的采集、处理、认知与解释,是语言空间智能的核心基础 |
| 地理学 | 地图学、地理信息科学、GIS、地理信息服务、地理位置服务、信息地理学、自然地理学、人文地理学等 | 支持语言数据的空间分布、组织管理、分析与服务,是语言空间智能的重要支柱 |
| AI | 机器学习、深度学习、迁移学习、自然语言处理、计算机视觉、知识表示与推理、注意力机制等 | 支持地理数据和语言数据的智能处理,是语言空间智能的关键支持 |

## 3　语言空间智能的发展机遇、挑战与实现路径

### 3.1　语言空间智能的发展机遇

随着社会的进步与和科学技术的发展,语言空间智能得以诞生与发展,主要受益于4个方面的机遇:

1)跨学科融合机遇。2018年,中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《加快推进教育现代化实施方案(2018—2022年)》明确指出,要加强新工科建设,加强文科、医学、农林教育创新发展,其核心主张之一是倡导学科交叉与融合。国家的"双一流"建设计划把加强学科交叉融合发展作为建设"双一流"的重要举措。打破学科壁垒,

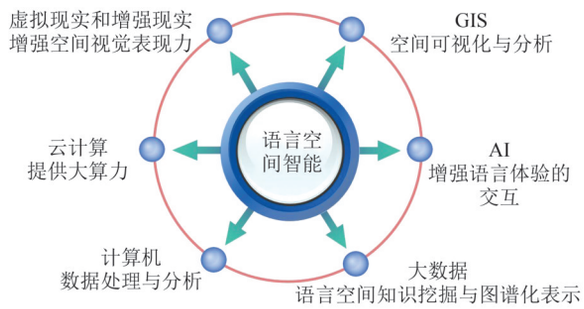



图3 语言空间智能技术的体系结构

Fig. 3 Architecture of Linguistic-Spatial Intelligence Technology

寻找学科之间的连接点,推动跨学科的知识融合,是当前科学发展的趋势。语言学、地理学及AI等学科领域存在着巨大的交叉研究机会,三者交叉融合和互补将丰富各自内涵,培育新的前沿研究方向,甚至孕育新学科,例如本文所提的语言空间智能。这种融合将推动各学科的快速发展,促使学者在更高水平、更广范围、更深层次上解决语言学的科学与应用问题。

2)技术发展机遇。随着自然语言处理、计算机视觉、大数据、AI、虚拟现实、地理信息科技的不断发展,语言空间智能的研究也迎来了巨大机遇。例如,在方言语料丰富的基础上,利用AI有望实现基于方言语音的精细地域识别;结合知识图谱与GIS,打造空间交互的方言文化知识图谱系统;实现方言地图的机器理解等。

3)数据资源机遇。如今社交媒体、视频流媒体平台、智能设备等产生了海量的语言数据,长期的语言田野调查也积累了丰富的语言数据。这些大规模的文本、图像、音频和视频数据集为语言数据的深入分析和语言空间智能模型的构建提供了较好的数据基础。

4)应用前景机遇。语言技术在智能搜索、应急救援、公安刑侦、智慧旅游等众多领域得到广泛应用,凸显了语言技术的重要性和影响力。同时,百度、阿里巴巴、科大讯飞、字节跳动等知名企业积极布局语言产品市场,这些举措推动了语言相关技术的进步与融合,为语言空间智能发展提供了新动力、新契机和新机遇。

### 3.2 语言空间智能面临的挑战

尽管语言空间智能具有良好的发展机遇和广阔的应用前景,但仍然面临诸多复杂的挑战,主要包括3个方面:

1)创新理论构建与完善。语言空间智能是一个新兴的研究领域,其核心概念的定义、理论框架与方法体系的构建与创新均面临着挑战:(1)清晰的概念定义。语言空间智能的一些核心概念,如语言空间智能、语言地理计算、语言时空知识图谱等,其定义可能存在局限性或还不够明确,导致不同学者对此的理解存在差异。如何定义并准确使用这些概念,是理论构建的首要挑战。(2)跨学科的理论框架。语言空间智能理论框架的构建需要吸收并融合来自其他学科的理论、知识和方法。不同学科的理论框架和研究方法可能存在较大差异,导致跨学科的整合难度较大,如何在保证理论一致性和内在逻辑的前提下融入跨学科的观点是一个复杂的挑战。此外,理论需要在实践中不断发展,如何及时修正、扩展或推翻原有理论也是一种挑战。(3)学术共识的达成。在学科发展的不同阶段,学者们对于某些理论可能持有不同的观点,甚至会出现激烈的争论。学术共识的达成是理论发展的重要步骤,尤其在早期构建阶段,如何通过严谨的讨论和批判性思维逐步统一理论框架,形成学术上的共同理解和接受,是理论构建过程中必须面对的难题。

2)关键科学问题的突破。语言空间智能作为一个前沿研究领域,目前主要面临语言信息的空间化、语言地图智能认知和理解、语言时空知识图谱构建、语言的演化与变异建模以及智能化语言服务等科学难题。破解这些科学难题必然会遇到多项技术挑战,结合当前的发展现状,主要挑战可归纳为3个方面:(1)多语言和多文化处理。首先,不同语言的语法、词汇和表达方式各异,这对自然语言处理系统提出了复杂的要求。例如,同样的概念在不同语言中可能有不同的表达,甚至没有直接对应的翻译。然后,文化背景对语言理解和使用有深远影响,一些表达在某种文化中是常见的,而在另一种文化中则可能显得不合适或难以理解。这要求自然语言处理系统不仅要理解语言,还要理解背后的文化语境。最后,多种语言数据的稀缺性和质量不均衡也是一大难题,特别是对于那些资源稀缺的语言。以上问题直接影响到语言信息的识别、空间化及语言知识图谱的构建。(2)模糊语义信息理解与信息整合。语言空间智能需要将自然语言中的语义信息与GIS中的空间数据相结合,这涉及到复杂的信息提取、融合和上下文理解问题。具体来说,自然语言通常包含大量粗略、模糊、不确定和多义的位置信息,这类信息提取困难,即便成功提取,模糊的位置信息的空间化也常常遇到困难

或不准确的问题,从而影响语言信息的空间化。因此,这方面亟需进一步突破。此外,自然语言中的上下文理解也是一大难题,因为相同的词语或短语在不同的上下文中可能具有不同的含义。如何准确地解析和关联这些信息,确保语义和空间数据的有效结合,是实现语言智能化服务的一大挑战。(3)大模型应用与自主研发的挑战。克服该挑战,有助于解决智能化语言服务问题。当前,大语言模型具备较强的语言理解与生成能力,在机器翻译、文本生成、对话系统等领域具有广泛的应用前景。然而,在方言解译、地图生文、文生地图、文生场景等应用和地图语言大语言模型自主研发过程中,仍面临多个挑战。大模型的训练和推理需要耗费大量的计算资源和能源,对研究机构和企业来讲均需要高昂的硬件和运营成本。如何在保持模型性能的同时,降低计算资源的消耗,是一个重要的研究方向。现有模型尚未充分整合方言学、地理学、地图学等领域的知识,导致其在解释性、可控性以及特定内容生成方面表现欠佳。

3)科研成果转化与应用。语言空间智能技术虽然具备较大的应用潜力,但在科技成果转化与实际应用中仍面临挑战,主要包括两个方面:(1)技术与市场的脱节。研究者通常专注于技术创新,但与社会需求的紧密对接不足。这导致科技成果在转化为市场产品时,可能无法直接满足市场需求或用户期望。技术成果需要经过适配和优化,才能实现商业化并投入实际使用。(2)资金与资源不足。科研成果转化往往需要大量的资金投入,以进行产品开发、测试、市场推广等环节,若缺乏足够的资金支持或相关资源,成果转化的进程可能因此受阻。

### 3.3　语言空间智能的实现路径

为发展语言空间智能这一新兴研究领域,需要整合多领域的人才、多部门的资源、多学科的理论以及多方面的技术。为应对当前的挑战,可从理论建设、技术突破、成果转化3个方面探索实现路径。

1)在融合实践中持续推进理论建设。理论研究是实现语言空间智能的根基。语言空间智能理论建设主张“理论—实践—理论”的研究模式,强调在融合实践中持续推进理论建设,其中包括两大主要环节:(1)多学科理论与知识的整合与储备。团队成员需要从语言学、地理学和AI等学科中汲取精髓,构建一个多维度、多层次的理论框架。这一框架不仅有助于深化对这3个学科交叉领域的相关理论的理解,而且有助于揭示其内在联系,为后续的研究提供坚实的理论基础。(2)在实践中不断优化模型和算法。在理论框架的指导下,团队成员在实践中需要针对语言空间智能的需求,对现有的模型和算法进行深入分析,找出其不足之处,并提出新的解决方案。在完成这两个工作后,通过定期举办跨界交流会、研讨会,团队成员可以获得新的视角和思考方式,可推动语言空间智能的理论完善与科研实践。同时,跨界专家也可以从团队研究中找到新的灵感,实现知识的共享共创。

2)产学研协同推动关键技术的突破。语言空间智能所面临的挑战并非一朝一夕可以克服,需要不断地进行优化和创新。这些挑战也不是单一组织可以独立应对的,需要产业界、学术界和科研机构的多方合作。只有通过整合各种技术,才能突破难题。因此,建议以问题或需求为导向,开展项目研究,并进行产学研合作,以推动关键技术的发展和突破。研究团队要积极申报各级各类项目,通过持续性的项目实践,实现语言空间智能技术的不断优化与创新。技术突破往往需要通过不断的试验和反馈来完善,而持续性项目为此提供了平台,使得技术逐步进步并最终实现商业化。此外,要积极促成多方合作,集成各方的资源和优势,形成强大的研发团队。例如,与行业领先的企业、顶尖的研究机构合作,共同推动语言空间智能技术的发展。这种合作模式可以实现资源共享、优势互补,提高研发效率,助推关键技术的突破。

3)政产学研用融合助力成果转化与应用。为了确保语言空间智能科技成果的有效转化和应用,研究团队需紧密对接社会需求,积极争取政府科研项目资金支持,并与企业建立合作关系,共同推动科技成果向产品化和市场化的转化。本文倡导通过政产学研用深度融合,促进科技成果的高效转化与实际应用。在政产学研用体系中,高校主要承担基础研究和人才培养工作,科研机构专注于技术创新,深化科研成果。政府则在政策引导和资源分配中发挥关键作用,通过政策制定和资金支持,激励高校、科研机构、企业和社会的合作,加速科技成果的转化与应用。企业作为科技成果产业化的执行主体,负责将研究成果转化为市场化的产品和服务,并与高校或科研机构协作,共同推进技术研发和创新。

社会作为科技成果的最终用户和消费者,通过需求反馈促使技术不断优化和升级。通过政产学研用协同合作,科研成果能够迅速转化为社会和经济效益,实现创新成果的最大化利用。因此,构建政产学研用深度融合的成果转化与应用体系,是实现语言空间智能科技成果高效转化与应用的关键路径。

## 4 结 语

在国家新文科创新发展、新工科加强建设、中国语言资源保护工程建设,以及地理信息科学、大数据、云计算、AI等新兴技术交叉发展的时代背景下,本文首次在国内提出了语言空间智能这一研究方向,这是一次全新的探索与创新。首先,本文明确了语言空间智能的基本内涵,区分了狭义和广义的概念,指出狭义的语言空间智能是指语言学、地理学和AI三者交集的研究领域,阐述了语言信息、空间信息与AI的交互机制,揭示了语言空间智能的核心本质、应用领域及其面对的科学问题。然后,指出了现阶段语言空间智能的5项核心研究内容或方向,包括语言空间信息的智能提取与重构、语言地图的地理信息智能解译、语言时空知识图谱与智能推理、语言地理计算与分析、语言地图与语言GIS的智能化,并介绍了其支撑理论与方法。最后,分析了语言空间智能当前面临的机遇与挑战,并从理论构建、技术突破和成果转化与应用3个方面,探讨了该领域发展的基本路径。建议未来从事该领域研究的团队或学者,根据自身的工作基础、科研能力、兴趣以及社会需求,找到合适的研究切入点,明确优先研究的方向、重点攻关的技术和应用领域。本文提出语言空间智能的意义在于响应国家和社会的重大发展需求,推动学科交叉与科研创新,促进科研成果的转化与应用,提高学科的社会服务能力,并支持国家新文科、新工科的建设及人才培养。未来,这一领域有望从理论研究转向应用实践,将促进科技发展,也将为解决实际问题提供新途径。

## 参 考 文 献


[1] 曹志耘. 我国大规模语言调查的成就与启示[J]. 中国语文, 2023(6): 752-763.
CAO Zhiyun. Achievements of Large-Scale Language Investigations in China and Their Inspirations [J]. *Studies of the Chinese Language*, 2023(6): 752-763.

[2] 张勇生. 地理语言学助推语言资源保护开发[EB/OL]. (2024-05-21)[2025-06-20]. https://www.cssn.cn/skgz/bwyc/202405/t20240521_5753586.shtml.
ZHANG Yongsheng. Geolinguistics Facilitates the Conservation and Development of Language Resources [EB/OL]. (2024-05-21)[2025-06-20]. https://www.cssn.cn/skgz/bwyc/202405/t20240521_5753586.shtml.

[3] 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 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.

[4] 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.

[5] 黄河, 方树益. 语言学与数字人文: 来自方言测量学者的观察: 黄河副研究员访谈[J]. 数字人文研究, 2023, 3(3): 27-36.
HUANG He, FANG Shuyi. Linguistics and Digital Humanities: Observations from Dialectometry Scholars: Interview with Associate Researcher Huang He[J]. *Digital Humanities Research*, 2023, 3(3): 27-36.

[6] KONG T L, YIN S Y, ZHANG D W, et al. Dynamic Multi-scale Convolution for Dialect Identification[C]//Interspeech, Brno, Czechia, 2021.

[7] 李铮. 语种识别中的深度联合学习研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2021.
LI Zheng. A Study on the Deep Joint Learning for Language Recognition [D]. Xiamen: Xiamen University, 2021.

[8] 谢可欣, 董胡, 邹孝, 等. 基于GRU-HMM声学模型的湖南方言辨识[J]. 计算机与数字工程, 2019, 47(3): 493-496.
XIE Kexin, DONG Hu, ZOU Xiao, et al. Hunan Dialects Identification Based on GRU-HMM Acoustic Model [J]. *Computer & Digital Engineering*, 2019, 47(3): 493-496.

[9] XU F, DAN Y J, YAN K Y, et al. Low-Resource Language Discrimination Toward Chinese Dialects

with Transfer Learning and Data Augmentation[J]. *ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing*, 2021, 21(2): 1-21.

[10] 张岸, 朱俊锴. 新一代人工智能驱动下地图学研究的机遇与挑战[J]. 地球信息科学学报, 2024, 26(1): 35-45.
ZHANG An, ZHU Junkai. Opportunities and Challenges of Cartography Research Driven by New Generation Artificial Intelligence[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2024, 26(1): 35-45.

[11] 曹志耘. 汉语方言地图集-词汇卷[M]. 北京: 商务印书馆, 2008.
CAO Zhiyun. Atlas of Chinese Dialects-Vocabulary Volume [M]. Beijing: The Commercial Press, 2008.

[12] 吴建华, 魏宁, 涂浩文, 等. 面向多种应用的方言微观范围地图的研制: 以江西省县域方言分布图制作为例[J]. 现代语言学, 2024(6): 252-264.
WU Jianhua, WEI Ning, TU Haowen, et al. Development of Dialectal Micro-scope Maps for Multiple Applications: A Case Study of Developing County-Level Dialect Distribution Maps in Jiangxi Province [J]. *Modern Linguistics*, 2024(6): 252-264.

[13] 吴建华, 涂浩文, 魏宁, 等. 江西赣方言地理信息系统构建与应用[J]. 地理与地理信息科学, 2024, 40(4): 8-14.
WU Jianhua, TU Haowen, WEI Ning, et al. Construction and Application of Geographic Information System for the Gan Dialect in Jiangxi[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2024, 40(4): 8-14.

[14] 王莉宁. 汉语方言中的"平分阴阳"及其地理分布[J]. 语文研究, 2012(1): 46-51.
WANG Lining. "Equally Dividing Yin and Yang" in Chinese Dialects and Its Geographical Distribution [J]. *Linguistic Research*, 2012(1): 46-51.

[15] 张维佳. 语言地理学学科及其在中国的发展[J]. 语言历史论丛, 2016(1): 12-45.
ZHANG Weijia. Linguistic Geography and Its Progress in China[J]. *Papers on Languages and History*, 2016(1): 12-45.

[16] 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 Li, FENG Liangzhen, ZHONGYE Shangmei. Explaining the Origin of Mixture Dialects with GIS: The Case of Lingshi Highland[J]. *Language Teaching and Linguistic Studies*, 2011(5): 30-39.

[17] YANG S Z, SUN X R, JIN L, et al. Inferring Language Dispersal Patterns with Velocity Field Estimation[J]. *Nature Communications*, 2024, 15: 190.

[18] TAO Y X, WEI Y C, GE J Q, et al. Phylogenetic Evidence Reveals Early Kra-Dai Divergence and Dispersal in the Late Holocene[J]. *Nature Communications*, 2023, 14: 6924.

[19] 高松. 地理空间人工智能的近期研究总结与思考[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(12): 1865-1874.
GAO Song. A Review of Recent Researches and Reflections on Geospatial Artificial Intelligence[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(12): 1865-1874.

[20] HU Y J, GOODCHILD M, ZHU A X, et al. A Five-Year Milestone: Reflections on Advances and Limitations in GeoAI Research[J]. *Annals of GIS*, 2024, 30(1): 1-14.

[21] 李海峰, 罗琴瑶, 贺丝露, 等. 地理空间因果原则及地理空间效应的因果发现[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, 48(11): 1800-1812.
LI Haifeng, LUO Qinyao, HE Silu, et al. Geospatial Causal Principle and Causal Discovery for Geospatial Effects[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2023, 48(11): 1800-1812.

[22] 陈军,艾廷华,闫利,等. 智能化测绘的混合计算范式与方法研究[J]. 测绘学报,2024, 53(6):985-998.
CHEN Jun, AI Tinghua, YAN Li, et al. Hybrid Computational Paradigm and Methods for Intelligentized Surveying and Mapping[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2024, 53(6): 985-998.

[23] 李学勤,赵平. 字源[M]. 天津:天津古籍出版社, 2013.
LI Xueqin, ZHAO Ping. Etymology[M]. Tianjin: Tianjin Ancient Books Press, 2013.

[24] 周杨. 计算机汉语方言辨识的理论与方法探讨: 以黄孝片方言为例[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
ZHOU Yang. The Exploration of Theories and Methods for Computer-Based Chinese Dialect Identification: A Case Study of the Huangxiao Dialect Group[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008.

[25] 李肖. 基于Wavenet的方言种属识别[D]. 北京: 北京工业大学, 2020.
LI Xiao. Dialect Species Recognition Based on Wavenet[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2020.

[26] 刘瑜, 康朝贵, 王法辉. 大数据驱动的人类移动模

(下转第 98 页)