

测绘大地图



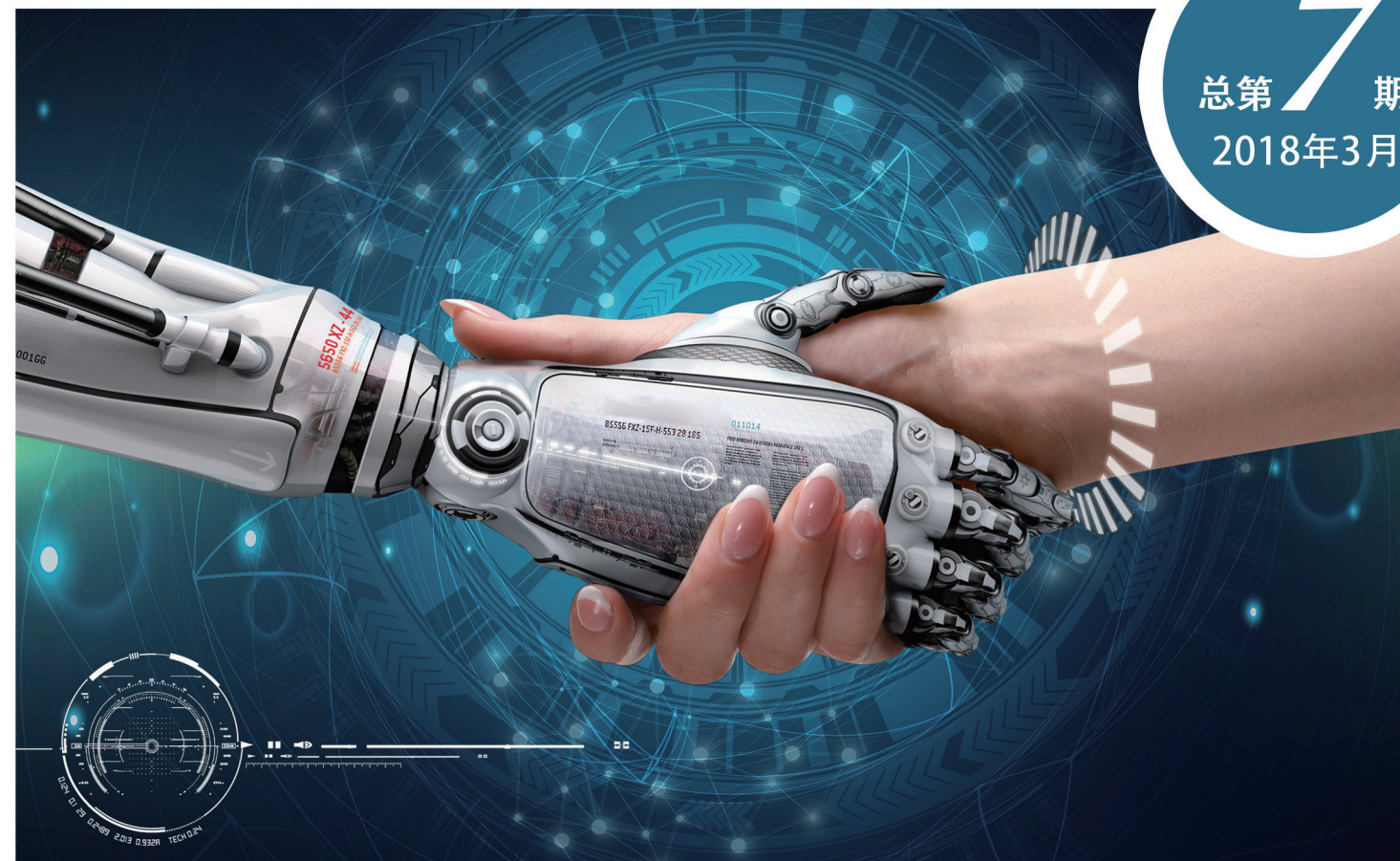
BIG MAP OF SURVEYING AND MAPPING

(内部资料 免费交流)

主办：中国测绘地理信息学会

承办：中国测绘地理信息学会地图大数据创新工作委员会 中科宇图科技股份有限公司

总第 **7** 期
2018年3月



智能时代测绘与位置服务 领域的挑战与机遇

特约访谈

全面提高测绘地理信息监管和服务水平该怎么做？

——原国家测绘地理信息局副局长
中国测绘地理信息学会理事长宋超智

深度观察

从测绘学到地球空间信息智能服务科学



中国测绘地理信息学会
官方微信公众平台

中国测绘地理信息学会

地址：北京市海淀区莲花池西路28号，中国测绘创新基地（100830）

《测绘大地图》编辑部

地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号创业大厦B座2层（100101）

电话：010-51286880 传真：010-51286880-801 邮箱：cehuidaditu@mapuni.com

京内资准字1618--L0129号

《测绘大地图》

关注热点 前瞻行业 引领发展

编辑委员会

主办：中国测绘地理信息学会

承办：中国测绘地理信息学会地图大数据创新工作委员会 中科宇图科技股份有限公司

编委会

主任委员：宋超智

总顾问：童庆禧 王家耀

编委会委员及专家顾问：王 丹 王 倩 王 瑞 王泽龙 申慧群 朱 光 刘 锐 刘玉璋
(按姓氏笔划排序)

刘耀林 孙和平 李志刚 杨宝峰 吴 岚 吴劲风 张文若 张文晖

张建平 张继贤 陈常松 周成虎 宫辉力 姚 新 倪庆华 郭华东

龚健雅 程鹏飞 燕 琴

总编辑：彭震中

副总编：孙世友 马振福

执行主编：范京生

责任编辑：周 露

编辑部：齐 阳 谢大尉 马 艳 杨竞佳 邢锐雅 张媛媛 秦 羽

美术编辑：李英杰

发送单位：中国测绘地理信息学会

印刷单位：北京海天舜日印刷有限公司

印刷日期：2018年3月27日

印刷数量：2000册

编辑部电话：010-51282880

地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号北京创业大厦B座2层

邮编：100101

投稿邮箱：cehuidaditu@mapuni.com

中国测绘地理
信息学会微信
公众平台



中国测绘地理信息学会 地图大数据创新工作委员会

正式成立

【服务宗旨】

加强测绘地理信息行业与大数据行业的交流，推动大数据技术在测绘地理信息行业的应用

通过多领域、多行业合作，实现资源整合和数据共享，促进测绘地理信息与大数据融合及成果应用

促进地图
大数据行业的发展；
推进相关标准规范的
制定和应用

开展国内外相关学术交流等活动，
激发创新成果的产出

立足于地理信息，吸纳更多行业外的
成员加入，促进产业发展

大地图： 测绘地理信息大数据理论与实践

孙世友 谢涛 姚新 刘锐 张林 ©主编

中国环境出版社
China Environment Press



继承李小文院士遗愿，发展 “大数据时代的大地图” “智管地图，慧引应用” 在科学研究与行业应用中体现测绘价值



第一章 “大地图”概述

第二章 大地图的体系构成与关键技术

第三章 大地图的多元信息采集与处理技术

第四章 大地图多元多维数据分析技术

第五章 大地图的服务模式

第六章 大地图平台构建方法

第七章 “大地图+环保”应用

第八章 “大地图+水利”应用

第九章 “大地图+公安”应用

第十章 “大地图+保险”应用

第十一章 “大地图+社区服务”应用

第十二章 “大地图+通信”应用

第十三章 大地图平台安全保障体系建设

第十四章 大地图平台的运行维护

第十五章 大地图产业生态构建与发展

迎着春天再出发

刊首语

春天意味着万物生命新动力的聚集和勃发。中国测绘地理信息学会 1959 年 2 月成立以来，从一个个春天出发，在中国科协和原国家测绘地理信息局的领导下，在全国测绘地理信息科技工作者和有关测绘地理信息单位以及相关学术团体的积极参与和支持呵护下，成长为涵盖大地测量、导航、摄影测量与遥感、地理信息、仪器装备、海洋测绘、地图大数据、卫星测绘、科学普及、注册测绘师等 20 多个专题分支机构、最具代表性的专业社团组织，全国有 31 个省、自治区、直辖市成立了省级测绘地理信息学会组织。学会集中了全国最优秀的测绘地理信息科技和管理人才，在推进科技创新、促进测绘地理信息事业和产业发展中发挥着重要而独特的作用。

2017 年，学会在测绘地理信息科技交流、科技奖评审、科技期刊出版、测绘工程专业教育认证、国际合作和科学普及等工作中取得了新成绩。在南京举办了一届最成功的学术年会和展览会，获得广泛赞誉；顺利完成了学会换届；建立了首批测绘地理信息科普基地，启动了科普中国——让人人享有地理信息的科普活动。

2018 年，学会将继续深入贯彻落实党的十九大精神，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，按照“四服务一加强”的职责定位，以“强基础、抓重点、拨亮点、谋发展”为主线，把“认识有深度、站位有高度、联系有广度、团结有密度、措施有力度”作为工作要求，围绕中心、服务大局，不断创新，充分发挥桥梁纽带作用，为广大会员和科技工作者服务，为建设世界一流的测绘地理信息科技社团而奋斗。春节前夕，宋超智理事长率团出席“中老一带一路论坛”，并作主旨发言，访问老挝和柬埔寨国家测绘地理信息部门出席合作会谈，并赠送中国自主知识产权测绘设备和软件，开启学会服务“一带一路”建设新征程。

过往的成绩离不开广大会员的支持参与，今后的美好企盼，依旧要靠广大会员的共同努力来实现。中国测绘地理信息学会作为广大会员和科技工作者事业上的家园，知识资源丰富，覆盖领域宽广，合作渠道广泛，成员志同道合，走过数载春夏秋冬，成就今天事业兴旺。我们从未停步，又在春天集结。一切过往皆为序章，让创新成为我们的动力，让创业实现我们的雄心，让硕果成为我们的足迹。新时代一起走，我们迎着春天再出发！

宋超智

P
1-4

业界要闻 INDUSTRY NEWS

库热西：提高政治站位 强化使命担当 扎实推进新《测绘法》贯彻实施

全面依法治国是中国特色社会主义的本质要求和重要保障，是习近平新时代中国特色社会主义思想的重要内容。党的十九大报告把坚持全面依法治国确立为新时代坚持和发展中国特色社会主义的基本方略之一

P
5-6

特约访谈 EXCLUSIVE INTERVIEW

全面提高测绘地理信息监管和服务水平该怎么做？

党的十八届五中全会公报指出“加快形成引领经济发展新常态的体制机制和发展方式”，“让创新贯穿党和国家一切工作”。做好新常态下的测绘地理信息监管服务工作，要充分发挥市场在资源配置中的决定性作用和更好发挥政府作用

P
7-30

深度观察 DEPTH OBSERVATION

从测绘学到地球空间信息智能服务科学

《测绘学报》创刊于1957年，2017年《测绘学报》创刊迎来了60周年。恰巧，笔者于1957年进入武汉测绘学院，今年也是踏入测绘行业的60周年。回顾测绘科学一个甲子的发展和变革

P
31-54

跨界应用 CROSS-BOUNDARY APPLICATION

3S技术与智能交通

地球空间信息技术是当前世界范围内发展最快的三大重要高新技术之一，随着其不断地发展和完善，其基础理论和技术方法已经日趋成熟，并正在从规划、国土、测绘、军事等专业应用向社会生活的众多行业和领域渗透和拓展

P
55-56

国际瞭望 INTERNATIONAL OUTLOOK

拓普康收购美国三维软件公司 ClearEdge3D

据拓普康公司财报显示，拓普康的三大业务包括定位系统、智慧基础设施、眼部护理，而此前在地理信息领域的重点，多在测量仪器等硬件设备的研发上。通过此次收购，可以推断出拓普康公司未来的发展方向，或将成为地理信息软硬件一体化提供商

P
57-58

科普天地 POLULAR SCIENCE

什么是RTK技术

常规的GPS测量方法，如静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度，而RTK是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法，它采用了载波相位动态实时差分（Real-time kinematic）方法，是GPS应用的重大里程碑

P
59-62

学会动态 SOCIETY DYNAMICS

宋超智理事长一行赴会员单位走访调研

为进一步推进学会为地方经济社会发展提供科技和人才支撑，助力会员单位发展。2月27日至28日，中国测绘地理信息学会理事长宋超智一行分别走访调研了中铁大桥勘测设计院集团有限公司和河南省中纬测绘规划信息工程有限公司

P
63-65

行业快讯 INDUSTRY NEWS

吉林两项测绘地理信息法规规章列入省政府年度立法计划

近日，吉林省政府发布2018年立法工作计划，《吉林省测绘地理信息条例》和《吉林省地图管理办法》两项测绘地理信息法规规章名列其中

声 明

内部资料，免费交流。欢迎转载文章和图片，转载时须注明出处。对不当使用者，将依法追究其法律责任，最终解释权归中国测绘地理信息学会所有。



库热西：提高政治站位 强化使命担当 扎实推进新《测绘法》贯彻实施

全面依法治国是中国特色社会主义的本质要求和重要保障，是习近平新时代中国特色社会主义思想的重要内容。党的十九大报告把坚持全面依法治国确立为新时代坚持和发展中国特色社会主义的基本方略之一，对深化依法治国实践作出了全面部署。2017年4月27日习近平主席签署主席令公布新修订的《测绘法》。全面贯彻实施新《测绘法》，是推进全面依法治国的重要组成部分，是践行习近平新时代中国特色社会主义思想的重要任务，是贯彻党的十九大精神、深化依法治国实践的重要举措。我们要以踏石留印、抓铁有痕的劲头，推动新《测绘法》各项规定落地生根，引领和保障新时代测绘地理信息工作更好地服务大局、服务社会、服务民生。

一、提高政治站位，深刻认识新《测绘法》的重要意义

新《测绘法》是检验测绘地理信息部门履职尽责的重要标准。党的十九大报告指出，中国共产党人的初心和使命，就是为中国人民谋幸福，为中华民族谋复兴。2015年7月1日习近平总书记亲自给国测一大队老队员老党员回信，充分肯定了测绘人为祖国发展、人民幸福作出的突出贡献。对于测绘地理信息工作者而言，初心和使命就是忠诚奉献于党和国家事业。服务经济建设、国防建设、社会发展和生态保护，维护国家地理信息安全，是新《测绘法》明确的测绘地理信息事业新职责新定位，也是新时代赋予我们的新担当新使命。服务经济建设是测绘地理信息工作的根本任务，服务国防建设是测绘地理信息工作肩负的战略责任，服务社会发展是测绘地理信息成果改善民生的重要体现，服务生态保护是测绘地理信息事业转型升级的主攻方向，维护国家地理信息安全是确保国家主权、安全、发展利益的重要内容。我们必须不忘初心、牢记使命，忠实履行新《测绘法》赋予的职责和使命，引领测绘地理信息事业行稳致远，在服务党和国家工作大局中彰显新作为。

新《测绘法》是监督测绘地理信息部门依法行政的重要准则。只有规范行政权力的运行，厘清行政权力边界，才能全面推进依法行政，推动测绘地理信息工作在法律框架下运行。我们要全面贯彻实施新《测绘法》，自觉运用法治思维和法治方式深化改革、推动发展、化解矛盾、维护稳定。要清理废除妨碍统一市场和公平竞争的各种规定和做法，优化营商环境，让“利企便民”内化为依法行政的重要理念，激发市场主体活力，推动双创发展。要树立新发展理念，继续深化“放管服”改革，让审批更简、监管更强、服务更优，实现测绘地理信息行业治理能力现代化，促进行业持续健康发展。要牢固树立执法为民理念，推进严格规范公正文明执法。我们必须按照建设法治政府的要求，推动测绘地理信息工作沿着法治轨道阔步前行，树立测绘地理信息部门依法行政的良好形象。

新《测绘法》是考核政府依法履责的重要标尺。新《测绘法》明确规定，各级人民政府应当加强对测绘工作的领导，应当将基础测绘工作所需经费列入本级政府预算，发挥地理国情监测成果在政府决策、经济社会发展和社会公众服务中的作用，建立健全政府部门间地理信息资源共建共享机制等等。新《测绘法》也明确了各级政府有关部门的职责。各级政府和有关部门应当进一步关心和支持测绘地理信息工作，做到守土有责、守土尽责。测绘地理信息部门要为各级政府提供不可替代的测绘地理信息服务保障，使各级政府用得顺、离不开。我们必须依据新《测绘法》，推进各级政府落实测绘地理信息工作相应的经费、职责、机构、人员，让新《测绘法》在实践中发挥强大生命力。

新《测绘法》是公民履行法律义务的重要依据。民众的法治观念是依法治国的内在动力，更是法治中国的精神支撑。按照中央部署，我们在全国内开展全覆盖排查整治“问题地图”专项行动，取得阶段性成效。“问题地图”产生的主要原因之一，就是公民国家版图意识淡薄。国家版图是国家主权和领土的象征，国家版图意识是公民对国家疆域的认知和自觉维护的意识。新《测绘法》对于增强公民的国家版图意识明确规定。要创新普法工作方式方法，培育测绘地理信息法治文化，落实好国家机关“谁执法谁普法”的普法责任制，开展国家版图意识宣传教育，引导公民正确使用、自觉维护国家版图。我们必须大力倡导全民守法，使尊法学法守法用法成为全体公民的共同追求。

二、强化使命担当，扎实推进新《测绘法》贯彻实施

坚持党的领导。办好中国的事情，关键在党。全面推进依法治国，关键靠党。测绘地理信息部门要在以习近平同志为核心的党中央坚强领导下，牢固树立“四个意识”，全面深化法治测绘实践，奋力开启新时代测绘地理信息事业新征程。党的十九大报告提出：“成立中央全面依法治国领导小组，加强对法治中国建设的统一领导。”我们要强化法治测绘建设的组织保障，成立全面推进法治测绘建设领导小组，更好地发挥党总揽全局、协调各方的领导核心作用，确保法治测绘建设沿着正确方向前行。要认真贯彻中办、国办印发的《党政主要负责人履行推进法治建设第一责任人职责规定》，党政主要负责人要把贯彻实施新《测绘法》摆在全局工作的重要位置，当好法治测绘建设的重要组织者、推动者和实践者。

做好顶层设计。要树立问题导向，遵循顶层设计，坚持改革与法治统筹推进，以法治凝聚改革共识，在改革中不断完善法治。要全面梳理新《测绘法》各项制度，找准我国社会主要矛盾发生转化对测绘地理信息工作的新需求，结合新型基础测绘、地理国情监测、全球地理信息资源开发、应急测绘、航空航天遥感测绘等“五大业务”体系建设，做好整体谋划、完善衔接配套，构建以新《测绘法》为核心的新时代测绘地理信息法律规范体系。要树立总体国家安全观，进一步完善测绘地理信息行政执法体制机制，规范市场秩序，捍卫国家安全，为建设测绘地理信息强国更好地发挥法治的保驾护航作用。

强化督察考核。“一分部署，九分落实。”我们要真抓实干、务求实效，把新《测绘法》落实情况纳入部门年度绩效考核和领导干部政绩考核，将督导落实作为一项长效机制予以固化。要按照新《测绘法》赋予的新职责新制度要求，细化实化工作举措，因地制宜确定方向，层层传导压力，层层压实责任。要组织开展新《测绘法》实施一周年评估交流和贯彻落实情况的检查，建立考核评估体系，对贯彻落实新《测绘法》情况予以对标对表，逐项检查，确保把立法成果切实转化为推动事业发展的具体举措，转化为测绘地理信息部门服务大局、服务社会、服务民生的实实在在成效。

创业维艰，奋斗以成。我们要更加紧密地团结在以习近平同志为核心的党中央周围，拥抱新时代，践行新思想，用全面贯彻实施新《测绘法》的扎实成效，奋力谱写决胜全面建成小康社会、夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利的测绘地理信息新篇章！



陆昊任自然资源部部长

十三届全国人大一次会议19日上午在人民大会堂举行第七次全体会议，决定了国务院其他组成人员。国家主席习近平签署第二号主席令，根据大会的决定，对这次大会表决通过的国务院其他组成人员予以任命。陆昊任自然资源部部长。

根据第十三届全国人民代表大会第一次会议17日通过的国务院机构改革方案，组建自然资源部。将国土资源部的职责，国家发展和改革委员会的组织编制主体功能区规划职责，住房和城乡建设部的城乡规划管理职责，水利部的水资源调查和确权登记管理职责，农业部的草原资源调查和确权登记管理职责，国家林业局的森林、湿地等资源调查和确权登记管理职责，国家海洋局的职责，国家测绘地理信息局的职责整合，组建自然资源部，作为国务院组成部门。自然资源部对外保留国家海洋局牌子。不再保留国土资源部、国家海洋局、国家测绘地理信息局。

组建国家林业和草原局。将国家林业局的职责，农业部的草原监督管理职责，以及国土资源部、住房和城乡建设部、水利部、农业部、国家海洋局等部门的自然保护区、风景名胜区、自然遗产、地质公园等管理职责整合，组建国家林业和草原局，由自然资源部管理。国家林业和草原局加挂国家公园管理局牌子。不再保留国家林业局。



首部《中国地理国情蓝皮书》发布

2月28日,《中国地理国情蓝皮书(2017版)》由中国测绘科学研究院发布。这是我国首次以蓝皮书形式将第一次全国地理国情普查成果进行出版。该书由中国测绘科学研究院等机构策划出版,旨在为国家和地方提供一套客观、科学的地理国情数据和分析结果。

蓝皮书围绕资源、生态、公共服务、区域经济、城市发展等重大国计民生主题,以第一次全国地理国情普查数据为基础,融合社会经济数据,建立科学可靠的地理国情统计分析方法,形成反映我国地理国情总体状况的指标体系。从地理空间的视角,系统地描述了我国地表自然资源禀赋与利用、地表生态格局、基本公共服务均等化、区域经济发展和城市建设的空间分布整体状况;对比了地域之间差异,在宏观尺度上反映了生态环境与经济发展的关系,以及自然要素与人文要素的耦合程度。

据了解,该书具有内容覆盖面广、表达形式多样、受众面广等3个特点。内容涉及到资源、生态、社会、经济等多个方面,分析单元涵盖了省域、城市、城乡、地理网格、地形单元等,统计指标既有总量又有均量、既有绝对量又有相对量,分析结果既有排序又有对比。该书以多种表现方式展现成果内容,充分发挥测绘行业制图优势,采用地图、图表、文字等多种表达方式,尤其采用了大量的专题地图插图,面向不同主题,从地理空间角度准确直观反映与经济社会发展相关的自然和人文要素的空间分布、空间关系和地域差异等。该书可以面向中央、地方各级政府,以及国土测绘、环保、住建、农林、交通、教育、卫生、文化等专业部门,以及经济、社会、管理、人口、统计、地理、生态、环境等众多学科领域。



测绘地理信息国际化工作座谈会在京召开

为贯彻落实党的十九大精神和新修订实施的《测绘法》《标准化法》要求,深入推进测绘地理信息国际化工作,全国地理信息标准化技术委员会于3月16日在中国测绘创新基地召开测绘地理信息国际化工作座谈会,全国地理信息标准化技术委员会主任、国家测绘地理信息局副局长李朋德出席会议并讲话。

李朋德指出,党的十九大提出要推动形成全面开放新格局,要求“瞄准国际标准提高水平”,对国际化工作提出新要求。近年来,我国持续推动深入参与测绘地理信息国际化活动,主导制定测绘地理信息国际标准总量已达6项,中国测绘地理信息标准国际化能力和影响力得到显著提升。进入新时代,要面向“一带一路”建设、全球可持续发展新议程、互联网时代世界互联互通、部门协同和大数据融合等新需求,提高认识、抓住机遇、勇于担当、机构配合、国际交流,更好迎接自然资源统一监管、生态文明建设、“多规合一”等标准化新挑战,开启测绘地理信息国际化工作的新征程。

会议邀请武汉大学龚健雅院士、美国乔治梅森大学狄黎平教授和杨超伟教授,以及国家标准委服务业部和国际合作部领导、国际标准化组织地理信息技术委员会国内技术对口单位负责人、测绘地理信息国际标准项目负责人共11位专家作主题报告。与会代表就测绘地理信息国际标准需求和如何推进测绘地理信息国际化工作等展开热烈讨论。来自国家测绘地理信息局科技与国际合作司、国家标准委、交通运输部、水利部、军委联合参谋部、中国卫星导航工程中心,以及有测绘地理信息相关大学、科研院所和企事业单位近50人参加会议。



库热西主持召开局党组扩大会议强调:坚决拥护中央关于机构改革的决策部署

3月13日下午,国家测绘地理信息局党组书记库热西主持召开局党组(扩大)会议,集体学习习近平总书记在党的十九届三中全会上关于深化党和国家机构改革的重要讲话,通报有关情况。会议表示,国家局党组和全体干部职工坚决拥护党中央关于党和国家机构改革的重大部署,坚决服从机构改革各项工作安排,不折不扣地抓好党中央决策部署的贯彻落实。

会议认为,习近平总书记在党的十九届三中全会上关于深化党和国家机构改革的重要讲话,高屋建瓴、总揽全局,深刻阐述了深化党和国家机构改革重大意义,明确提出了党和国家机构改革的总体要求,指明了方向、明确了目标,对加快推进国家治理体系和治理能力现代化,提高党的执政能力和领导水平,广泛调动各方面积极性、主动性、创造性,有效治理国家和社会,推动党和国家事业发展,具有重大现实意义和深远历史意义。国家局建局62年来,一代代干部职工辛勤努力、奋发有为,为保障经济建设、国防建设、社会发展和生态保护,维护国家地理信息安全作出了历史性贡献;机构改革将测绘地理信息部门职责上升到自然资源部层面,充分体现了党中央对测绘地理信息工作的高度重视,强化了新时代测绘地理信息工作职责。

会议要求,一是深刻认识深化党和国家机构改革重大意义。要提高政治站位,增强“四个意识”,坚定“四个自信”,坚决维护以习近平同志为核心的党中央权威和集中统一领导。要坚持党性原则和全局观念,服从组织安排,接受组织考验,切实把思想统一到习近平总书记重要讲话和党的十九届三中全会精神上来,统一到党中央关于深化党和国家机构改革的决策部署上来。二是要加强宣传引导,认真细致做好干部职工思想政治工作。各单位各部门主要负责同志要及时了解和关注干部职工思想动态,向干部职工积极宣传机构改革重大意义、党中央的决策部署、机构改革的主要原则,讲明白党中央对干部职工的关怀、妥善安置每个干部职工的政策考虑,保持干部队伍稳定。三是要认真履行职责,平稳有序开展各项工作。改革期间,全系统党员、干部要坚守岗位、努力工作,确保各项工作持续推进。特别是安全生产、应急保障和保密工作,必须加强力量,确保万无一失。国家局有关会议、文件及相关工作安排,严格按照中央统一规定要求继续做好。工作中的重大情况和问题及时请示报告。四是要强化纪律意识,严格按照中央要求执行各项纪律。要严肃干部人事纪律,内设机构、人员编制不得擅自调整;从严控制提拔和调整干部,严禁借改革突击进人、提拔和交流,严禁突击评定专业技术职称。要严肃财经纪律,严格执行中央八项规定精神,严格依法依规管理资金和资产,严防国有资产流失。五是要强化领导责任,确保改革任务顺利完成。局领导班子成员要勇于担当、高度负责,分别到分管部门和单位指导督促做好干部职工思想工作、扎实推进各项业务工作。局机关各司室、局所属单位党组织要充分发挥政治核心作用,主要负责同志特别是京外直属局主要负责同志要切实履行第一责任人的责任,把改革发展稳定各项工作抓细抓实抓好,确保测绘地理信息部门机构改革任务顺利完成。

会议决定立即组成四个工作组,分别由局领导带队,到局机关各司室、京内外各直属单位开展工作。一是传达学习习近平总书记的重要讲话精神,统一思想、凝聚共识,提高政治站位,增强行动自觉,保证机构改革顺利进行。二是了解掌握干部职工思想状况,深入细致开展思想工作,督导和推进各项工作继续开展,保证思想不乱、队伍不散、工作不断、干劲不减。三是强化领导班子和一把手责任,落实党组工作安排,严明各项纪律要求,发挥好各级党组织政治核心和领导班子战斗集体作用。

国家局党组成员参加会议,中央纪委驻国土资源部纪检组副组长、局总工程师及局机关各司室主要负责同志、在京直属单位党政主要负责同志列席会议。

全面提高测绘地理信息监管和服务水平该怎么做？

宋超智

（原国家测绘地理信息局党组成员、副局长 中国测绘地理信息学会理事长）

党的十八届五中全会公报指出“加快形成引领经济发展新常态的体制机制和发展方式”，“让创新贯穿党和国家一切工作”。做好新常态下的测绘地理信息监管服务工作，要充分发挥市场在资源配置中的决定性作用和更好发挥政府作用，突出问题导向，推进监管创新，实现精准发力，营造破束缚、促创新、保公平的良好环境，建设统一开放、竞争有序、诚信守法、监管有力的测绘地理信息市场体系。

一、健全测绘地理信息法律规范体系

立治有体，施治有序。加强市场监管，要发挥立法的引领和推动作用。《测绘法》在整个法律规范体系中处于“纲”的位置，配套法规规章则是“目”，纲举则目张。

一是全力推进修法工作。当前，要以《测绘法》修订纳入国家安全立法规划为契机，配合国务院法制办和全国人大，做好《测绘法》审议、颁布和宣贯工作。重点争取将加强地理信息安全监管、加强测绘基准站管理、加强地理信息资源共享、应急测绘、测绘航空航天遥感影像统筹、不动产测绘、地理国情监测等重大工作上升为法律制度。

二是贯彻实施立法规划。认真落实《国家测绘地理信息局立法规划（2015 — 2020 年）》，本着“拾遗补缺、急用先行、成熟先上”的原则，对列入规划的立法项目有序指导推进，确保按时出台，推动测绘地理信息法律规范体系更加成熟、更加定型，为市场监管提供有力的制度保障。

三是做好法规清理工作。全面清理现行测绘地理信息法律法规规章和规范性文件，坚持“立改废释”并举，坚持“破旧”与“立新”并重，对不符合测绘地理信息事业发展要求，与上位法不一致、不协调的，及时调整完善。

四是加强科学民主立法。充分利用全系统、全行业、高等院校和科研院所的力量，广泛吸纳民意民智，对事关全局的根本性、全局性和长期性问题，组织调研，广泛讨论，形成最大共识。法规制度准确反映测绘地理信息事业转型升级的制度需求，操作性强，备而不繁，简明易行。

二、深化行政审批改革打造责任政府

“十三五”期间，我国经济转型升级将步入从量变到质变，从产业规划到发挥市场力量的新阶段。深化行政审批改革，是顺应趋势、激发创业创新活力的重要举措。

一是实施清单管理。推进权力清单。按照国务院持续推进简政放权要求，围绕“清权、减权、制权、晒权”，对测绘地理信息行政审批事项进行“体检”、“瘦身”，给予市场主体更大的自主权，让市场主体拥有更多获得感。推进责任清单。对取消和下放的测绘地理信息行政审批项目，同步研究、同步提出加强事中和事后监管的具体措施。推进负面清单。认真贯彻《国务院关于实行市场准入负面清单制度的意见》（国发〔2015〕55号），制定测绘地理信息市场准入负面清单。对外资涉足测绘地理信息企业涉及国家安全问题，探索按照准入前国民待遇加负面清单的模式，将有关行为纳入外商投资负面清单，完善安全审查制度，依法采取禁止或者限制市场主体资质、股权比例、经营范围、商业模式等措施，维护地理信息安全，并向社会公开。

二是改进审批行为。树立服务意识。严格依照行政许可法规定的时限办结审批事项，简化审批流程，提高审批效率，坚持高效便民，反对拖沓低效。实行“一站式”审批。推动行政审批的申报、受理、审查、反馈、决定和查询告知等全过程、全环节网上办理。推进阳光审批。将审批事项、审批程序、申报条件、办结时限、办理结果、联系方式等在网上公开，提供公众咨询服务，并建立申请人评议制度。建立统一监管平台。探索大数据监管模式，加快建立“统一规范、并联运行，信息共享、高效便捷，阳光操作、全程监督”的网上联合审批监管平台，实现所有审批事项“一网告知、一网受理、一网办结、一网监管”。

三、加强事中事后监管规范市场秩序

按照国务院转变政府职能要求，推进商事制度改革，放宽市场准入门槛，释放了由准入监管向后续行为监管的政策信号。准入放宽不可避免会引起浑水摸鱼、鱼龙混杂的局面。要坚持放管结合，做到放活不放任，放权不放责。

一是加强信用管理。完善信用制度。制定符合测绘地理信息行业特点的信用管理办法和信用指标体系，做到于法周延、于事简便。征集信用信息。监管范围延伸到哪里，信息征集就要到达哪里，及时、全面掌握测绘单位的信用信息，并建立单位信用档案。加强信息披露。将测绘单位的信用信息向社会公开，发挥市场自身的奖优罚劣调节作用，构建“守信者收益、失信者受惩”机制。强化信用约束。根据失信行为严重程度，将失信行为与资质管理挂钩，设置市场准入限制措施，形成信用约束机制。对多次出现失信问题的单位，实施零距离监管；对偶尔出现失信问题的单位，实施近距离监管；对几乎不出现失信问题的单位，实施远距离监管，探索建立单位“黑名单”制度。加强信用共享。加强与工商等职能部门协调，推进测绘单位信用信息的互联互通、共享共治。推动将市场主体信用记录纳入“信用中国”网站和全国统一的信用信息共享交换平台。

二是加强日常监管。推广实施“双随机”监管执法。贯彻落实《国务院办公厅关于推广随机抽查规范事中事后监管的通知》（国办发〔2015〕58号）精神，在测绘地理信息领域推广实施随机抽查。建立健全随机抽查对象名录库、执法检查人员名录库。逐步健全测绘资质巡查、测绘质量检查、涉密测绘成果检查等联合抽查工作机制，填补监管缝隙，堵塞监管漏洞，降低市场主体成本。实施测绘资质年报公示制度。要求测绘单位按年度报告本单位符合资质条件、遵纪守法、信息变更、重大股权变化等情况，在测绘地理信息行政主管部门网站公开“晒承诺”。对未报送年度报告或者年度报告隐瞒情况、弄虚作假的，纳入单位不良信用记录。鼓励社会监督和行业自律。畅通举报渠道，鼓励社会公众尤其是利益相关方参与社会监督。推进测绘地理信息社团组织有序承接政府转移职能，建立健全行业经营自律规范、自律公约和职业道德准则，建立健全与市场准入负面清单制度相适应的行业自律机制。

三是加强队伍建设。强化法治思维。抓住领导干部这个关键少数，把领导立法、依法监管、保证执法纳入党政领导班子考核范围，推动厉行法治、依法行政。落实监管责任。改变重审轻管、有权无责的现象，将监管责任落实到部门、岗位和人头，破除“懒政”、“怠政”思维，清除“监管认知盲区”。建设精干队伍。加强监管执法人员培训，落实持证上岗制度，促其加强学习、把握大势、了解新知，增强履职本领，提高监管执法的科学性、有效性。

四、推进严格执法提高执法普法水平

十八届四中全会对行政执法体制改革做出全面部署，要求推进综合执法，全面落实执法责任制。要在行政执法领域创新管理方式，提高执法的权威性、公信力和影响力。

一是有序推进综合执法。根据测绘地理信息行政执法体制不健全、执法主体缺失、执法力量分散、薄弱等现状，按照总体设计、突出重点、分布实施的原则，有序推进综合执法。认真落实《国土资源部、国家测绘地理信息局深化部局业务协作实施方案》，测绘地理信息管理职责设在各级国土资源部门的，要积极协调地方机构编制部门，明确国土资源部门内设的执法监察机构履行测绘地理信息行政执法职责，推行国土资源与测绘地理信息的综合执法。通过实行“一综到底”、“一职多能”，真正实现“一支队伍管全部”，完成从条状专业执法模式向“条块结合、以块为主”的综合执法模式转变，有效提高执法效能。

二是全面落实执法责任制。按照“监管属地管理、执法重心下移”的要求，加强对市县测绘地理信息行政主管部门开展行政执法的指导协调和督促检查。要进一步明确测绘地理信息行政执法的具体操作流程，重点规范行政处罚、行政强制、行政检查等执法行为，对执法全过程要进行记录；进一步规范和细化行政执法自由裁量权标准，重大的执法决定，要实行法制审核。要依法扩大执法范围和提高执法频次，聚焦重点领域、重点市场进行专项执法检查，加大对涉及国家安全领域的测绘地理信息案件查处和曝光力度，对涉及面广、社会影响大、情节恶劣的重大测绘地理信息违法案件，要实行挂牌督办、限期查办。

三是深入开展法治宣传教育。做好法制宣传，弘扬法治精神，对于加强市场监管、维护市场秩序具有助推器的作用。要按照“谁执法谁普法”的要求，以测绘法宣传日为平台，开拓新阵地、新载体，探索构建新媒体与传统媒体、无声文字与有声视频、互动交流与媒体传播交融互补的“立体宣传”新模式，不断提升测绘地理信息法治宣传的吸引力、影响力和实际效果，推动各级测绘地理信息行政主管部门和测绘单位从业人员尊法学法守法用法，使依法行政、依法测绘的法治理念内化于心外化于形。党的十八届五中全会吹响了夺取全面建成小康社会决胜阶段伟大胜利的嘹亮号角。我们要牢记使命，锐意进取，勇于担当，做好新常态下的监管服务工作，为保障测绘地理信息事业改革创新，作出应有的贡献。

本文摘自《测绘地理信息蓝皮书》之《新常态下的测绘地理信息研究报告（2015）》

从测绘学到地球空间信息智能服务科学

李德仁^{1,2}

(1. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079;
2. 地球空间信息技术协同创新中心, 湖北 武汉 430079)

摘要：回顾了从传统测绘学到当今地球空间信息智能服务科学的60年发展历程；总结了测绘学从模拟到解析再到数字化发展的3个重要阶段；介绍了GNSS、RS与GIS(3S)集成，从而形成了地球空间信息学的兴起；分析了数字地球时代地球空间信息学的发展，进而论述了当今智慧地球时代地球空间信息科学走向实时智能服务的最新进展，并对“互联网+”空间信息智能服务的3个发展水平进行了重点论述。可以肯定，在大数据时代传统的测绘学必将集通信、导航、遥感、人工智能、虚拟现实和脑认知科学之大成，发展成为地球空间信息智能服务科学，为富国强军与利民作出应有的贡献。

关键词：测绘学 地球空间信息学 “互联网+” 对地观测脑 地球空间信息智能服务科学

《测绘学报》创刊于1957年，2017年《测绘学报》创刊迎来了60周年。恰巧，笔者于1957年进入武汉测绘学院，今年也是踏入测绘行业的60周年。回顾测绘科学一个甲子的发展和变革，不禁心潮澎湃，浮想联翩。值此之际，笔者希望通过本文总结测绘学60年发展历程，展望未来地球空间信息智能服务科学的发展。

从传统测绘学到当今地球空间信息智能服务科学的发展反映了历史进步和时代特征。本文首先回顾测绘学发展的3个重要阶段：即模拟法、解析法到数字法；第二，介绍从测绘学到地球空间信息学的发展，即GNSS(包括GPS、北斗、伽利略、GLONASS等卫星导航系统)、RS(包括光学遥感和雷达遥感)、GIS(地理信息系统技术)的发展，以及3S集成的变革；第三，介绍当前地球空间信息服务科学的形成与最新进展。在物联网、云计算、人工智能和大数据等新兴信息技术推动下，当今地球空间信息服务呈现出智能化、自动化、网络化与实时化的特点，形成了“互联网+”空间信息智能服务的新业态；最后，对未来测绘学的发展进行了展望。

1. 测绘学自身发展的三部曲

测绘学起源于人类生产实践，从远古尼罗河水泛滥，就产生了土地测量的需求。17世纪以前，人类使用简单的工具，如绳尺、木杆尺进行测量、制图。随着人类进入工业化时代，测绘学也进入初级发展阶

段：模拟法测绘。模拟法测绘主要依赖光、机、电的仪器，如经纬仪、水准仪，进行角度、距离的量测。通过以地面测量为主的方法来测绘地表的形状、位置、大小，制作各种比例的地形图。随着光、电技术的发展，模拟法测绘也发展到了一个顶峰阶段。各种模拟立体测图仪，可以在室内对航空相片立体交会测图，从而取代野外测量与制图的过程。随后，1957年电子计算机问世，人类使用电子计算机来完成测绘学的各种任务包括复杂的计算任务，如航空摄影测量中的解析摄影测量，测绘学得到了很大的发展，解析测绘技术大大提升了测绘工作效率，将人类认知地球的水平提升到了一个新的高度。20世纪七八十年代以后，随着计算机、IT技术的飞速发展，特别是数码相机、卫星导航系统、卫星遥感技术的出现后，对测绘生产技术、测绘产品均带来深刻变革，测绘生产开始摆脱模拟测绘仪器，大量采用计算机设备，测绘产品也从模拟测绘阶段的纸质地图变成了数字化测绘产品，如典型4D测绘产品(DEM数字高程模型、DOM数字正射影像、DLG数字线划图、DRG数字栅格图)，并利用数据库来管理这些测绘产品。上述3个阶段我们称之为测绘学发展的三部曲。



2. 3S集成使测绘学上升为地球空间信息学^[1-6]

20世纪90年代，随着信息技术的发展，以及卫星导航定位(GNSS)、卫星遥感(RS)和地理信息系统技术(GIS)的集成，测绘技术发展到一个新阶段。以3S集成为标志，传统测绘学逐步完成了到地球空间信息学的过渡和提升。

卫星导航定位系统(GNSS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)是目前对地观测系统中空间信息获取、存储管理、更新、分析和应用的3大支撑技术(3S)。随着3S研究和应用的不断深入，科学家和应用部门逐渐地认识到单独地运用其中的一种技术往往不能满足一些应用工程的需要。许多应用工程或应用项目需要综合利用这3大技术的特长，方可形成和提供所需的对地观测、信息处理、分析模拟的能力。20世纪90年代以来，3S的研究和应用开始向集成化方向发展。在这种集成应用中：GPS主要被用于实时、快速地提供目标，包括各类传感器和运载平台(车、船、飞机、卫星等)的空间位置；RS用于实时地或准实时地提供目标及其环境的语义或非语义信息，发现地球表面上的各种变化，及时地对GIS进行数据更新；GIS则是对多种来源的时空数据进行综合处理、集成管理、动态存取，作为新的集成系统的基础平台，并为智能化数据采集提供地学知识。

一个较好的3S技术集成系统的例子是2015年初，由立得空间自主研发出的集全景相机(CCD)、GPS、GIS、激光惯性导航系统(INS)和920 m超远距离激光扫描仪(LiDAR)为一体的移动式测绘系统(mobile mapping system)。该系统将GPS/INS、CCD LiDAR实时立体摄像系统和GIS同时安装在汽车、火车、飞机、轮船等任何移动载体上。随着载体的行驶，所有系统均在同一个时间脉冲控制下进行实时工作，可以在快速行驶过程中采集地理信息、公共信息和城市实景影像，并同步拼接成360°全景影像，可将整个城市的实景影像以实景三维地图的真实形态在互联网上呈现出来。



图2 移动测量车



图3 街景地图

3. 无所不在的地球空间信息服务

21世纪以来，人类进入大数据时代，测绘科学走向了一个地球空间信息服务新时代。特别是近年来“互联网+”的兴起，为各行各业，包括卫星对地观测与导航提供了无所不在的大众化、普及化、实时化和智能化服务的有利条件。地球空间信息学的数据获取手段已经从传统的专用传感器，如遥感、通信、导航卫星、航空飞行器、地面测量设备等扩展到物联网中上亿个无所不在的非专用传感器，如智能手机、城市视频监控摄像头，将大大提高地球空间信息学的数据获取能力。这将对地球空间信息学提出新的要求，使之具有新的时代特征：无所不在、多维动态、互联网+网络化、全自动与实时化、从感知到认知、众包与自发地理信息、面向服务^[7]。

在大数据时代，地球空间信息学正在形成和具有新的时代特征，因此应及时地赋予它符合时代特征的新定义：地球空间信息学是用各种手段和集成各种方法对地球及地球上的实体目标(physical objects)和人类活动(human activities)进行时空数据采集、信息提取、网络管理、知识发现、空间感知认知和智能位置服务的一门多学科交叉的科学和技术。

要实现全天时、全天候、全地域服务于每个人的目标，满足大数据时代对地球空间信息“4R”(sending right data/information/knowledge to the right person at right place and right time)服务的要求，未来地球空间信息学亟待突破“互联网+”空天信息服务体系构建和关键技术。根据国内外技术发展情况，“互联网+”空天信息服务可以分为3个不同水平的级别^[8]。

3.1 初级阶段(WebGIS)

初级阶段的主要特点为，将空天地数据获取手段获得的原始数据和影像，加工成各类地球空间信息后送互联网，为其他应用业务提供地理基准和位置服务。其基本出发点就是利用互联网发布地理信息，让客户通过浏览器浏览和获取地理信息系统中的数据和功能服务，以美国Google map、Google Earth、我国天地图和各大门户网站提供的导航地图为代表。WebGIS提供的电子地图LBS服务通过与电子商务、汽车导航、物流、消费等行业融合，已成为人们日常工作、生活中不可或缺的空间信息支撑。

在这种初级阶段，卫星遥感数据在地面接收站接收后，通过各种硬软件系统进行加工处理，提取有用信息，再传送到互联网去服务广大用户。但是，这种服务方式具有明显的缺点：天基信息处理是离线、非实时的；送到网络上去的信息与地表现势性可能是不一致的。因此，该阶段的 Web GIS，如各类导航电子地图是无法保证 100% 的现势性的。

3.2 中级阶段（基于传感网的 WebGIS）

中级阶段是目前空天信息服务研究和系统实现的主要形式。其特点是通过传感网在线调用卫星和其他传感器数据，实现云计算支持下的空间信息服务。系统将各类空天传感器资源、数据处理资源、空间信息资源、地学知识资源、计算资源、网络资源和存储资源一体化纳入服务模型，通过在分布式注册中心进行注册，在云计算支持下，实现传感器调度、数据加工、信息提取和知识发现的网络化，为不同需求的用户提供精准服务。

这种互联网+Sensor WebGIS 的服务模式比互联网+天基信息服务初级阶段有重大进步，它实现了网络 GIS 与空天传感器的实时集成、融合和分析决策。但是，数据仍需要在地面站接收，由于卫星数量和传输能力限制，尚达不到全球实时获取和处理卫星资源的水平，一定程度上限制了天基信息服务的实时化和自动化程度。

3.3. 高级阶段（通信、导航与遥感的实时集成）^[9]

高级阶段的特点为，通过空天地各类传感器组网、星地实时处理、信息快速传输和聚焦服务，最终实现全球全覆盖的在线实时 PNTRC（定位、导航、授时、遥感、通信）服务，将这些信息实时地送到军民用户的智能终端（如手机）上，实现对各类任务和用户的灵性服务。

我国现有的通信、导航、遥感卫星系统各成体系。通信卫星尚无自主的业务化卫星移动通信系统，对遥感、导航等天基信息的传输保障能力受限；北斗卫星具有短报文通信能力，不具备宽带数据传输和实时高精度定位能力，而且北斗难以在我国境外建立地面 CORS 站；遥感卫星方面，需要过境或通过中继卫星向地面站下传数据，无星间链路和组网，无在轨数据实时处理和信息智能提取功能，数据下传瓶颈严重制约

信息获取效率；服务模式方面，主要面向专业用户，尚未服务大众用户。我国现有的通信、导航、遥感卫星系统面临系统孤立、信息分离、服务滞后的问题（见图 4）。

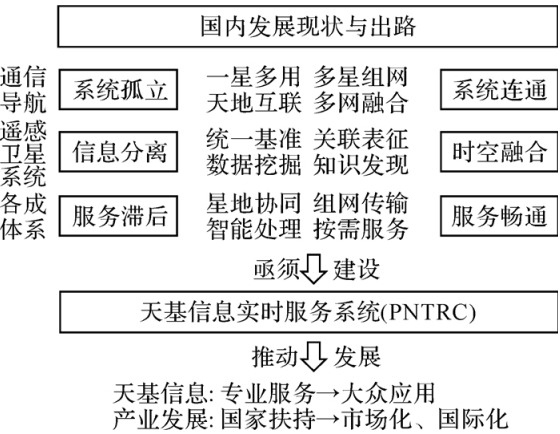


图 4 通导遥一体化的必要性

PNTRC（定位、导航、授时、遥感、通信）系统的基本设想是“一星多用、多星组网、多网融合、智能服务”。通过发射上百颗具有遥感导航通信多功能的卫星，建设低轨卫星网络，再将地面网、移动网和天基卫星网络结合在一起，实现对全球表面分米级空间分辨率的遥感成像、半小时时间分辨率的数据采样频率、米级精度的室内外导航定位服务和全球无缝的移动通信。在时空大数据、云计算和天基信息服务智能终端支持下，通过天地通信网络实现对广大用户智能手机的全球无缝的 PNTRC 服务。

PNTRC 一体化全球地球空间信息实时智能服务有极大的难度，它需要解决至少以下 7 个关键技术：星基导航增强技术、天地一体化网络通信技术、多源成像数据在轨处理技术、天基信息智能终端服务技术、天基资源调度与网络安全、全球空天地一体化的非线性地球参考框架构建技术以及基于载荷的卫星平台设计与研制等。

该系统的主要特色有：一星多用、多星组网、多网融合。通过通信、遥感、导航等载荷与平台高效集成，实现面向任务的空天资源按需配置和灵性服务；军民深度融合。系统平时服务经济建设和民生服务，战时服务于军方“打赢”需求；网络多源异构，节点动态变化。由于时空跨度大，信息维度高，信息网络

结构十分复杂，对网络可扩展性更高，且具有高动态性；覆盖范围大，应用前景广阔。拓展到全球和空间，应用涵盖空间观测、信息传输、处理及应用，是孕育战略性新兴产业的重要载体。

为了实现这个目标，我们提出了对地观测脑的概念^[10]，它是实现 PNTRC 服务的关键一步。所谓对地观测脑是一种模拟脑感知、认知过程的智能化对地观测系统，通过结合地球空间信息科学、计算机科学、数据科学及脑科学与认知科学等领域知识，在天基空间信息网络环境下集成测量、定标、目标感知与认知、服务用户为一体的一种实时智能对地观测系统。

图 5 所示的对地观测脑实质上是通过天上卫星观测星座与通信、导航星群，空中飞艇与飞机等获取地球表面空间数据信息，利用在轨影像处理技术、星地协同数据计算分析技术等对获取的数据信息进行处理分析，获取其中的有用的信息和知识，实时传送给不同用户，服务于用户决策，从而实现天空地一体化协同的实时对地观测与服务。图 6 是武汉大学针对海洋时敏目标提出对地观测脑的一个初步应用实例。

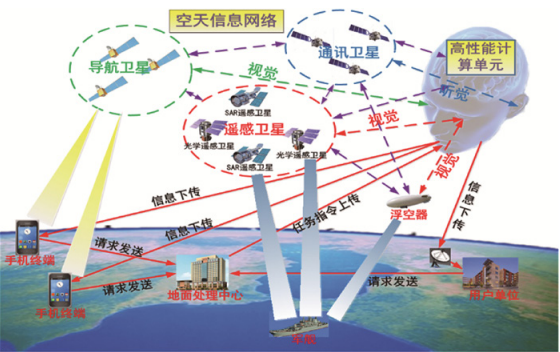


图 5 对地观测脑概念图

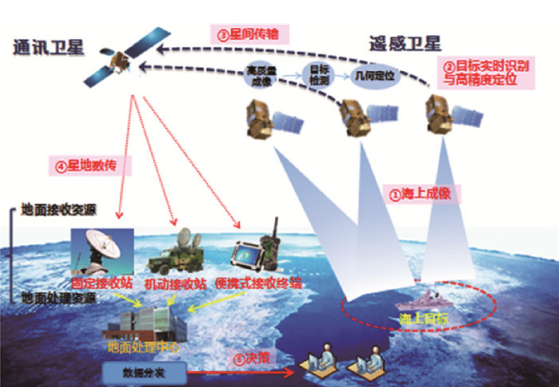


图 6 海洋时敏目标智能检测、定位与实时传输系统

用户对地观测脑发出对海上运动目标进行检测定位请求，对地观测脑通过视觉功能光学遥感卫星进行在轨成像，通过星上处理平台对获取的影像实现在轨辐射校正、目标检测、几何定位处理，提取影像中的有效信息。对提取的有效信息通过对地观测脑的听觉即中继通信卫星，无延迟下传至客户端地面处理中心，地面处理中心根据用户需求将有效信息快速推送给用户，用户根据推送信息做出决策判断。整个过程实现了用户对海洋目标快速准确的检测定位，进而辅助用户作出决策判断。

4. 结论与展望

60 年的回顾，测绘学突飞猛进，成就辉煌。面向未来的展望，测绘学发展空间巨大，形势喜人。可以看到，现在和未来的测绘学已经融入了更多学科的交叉，这些学科包括信息科学、通信科学、地球科学、服务科学、人工智能科学和脑认知科学。从当前国家需求和国际高科技与产业发展形势看，发展我国新一代 PNTRC 系统，建立地球空间信息智能服务交叉科学已提到议事日程。抓住机遇，群力攻关，开拓国内外互联网+天基信息服务的新产业和新市场是我们努力的方向。如今，测绘学面临着从未有过的大好形势，在回顾 60 年辉煌成就的今天，我们欢呼测绘科学已从当初的几何科学，发展成为多学科交叉的信息科学和服务科学。我们将充满信心迎接地球空间信息智能化服务的新时代。

参考文献

[1] 李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 64-68. [2] 李德仁. 地球空间信息学的使命[J]. 科技导报, 2011, 29(29): 3. [3] 李德仁. 论“Geomatics”的中译名[J]. 测绘学报, 1998, 27(2): 15-17. [4] 李德仁. 多学科交叉中的大测绘科学[J]. 测绘学报, 2007, 36(4): 363-365. [5] 李德仁. 地球空间信息学的机遇[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(9): 753-756. [6] 牛汝辰, 邓国臣. 展望智慧地球时代的测绘地理信息学——李德仁院士专访[J]. 测绘科学, 2014, 39(1): 3-8. [7] 李德仁. 展望大数据时代的地球空间信息学[J]. 测绘学报, 2016, 45(4): 379-384. [8] 李德仁. 论“互联网+”天基信息服务[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 708-715. [9] 李德仁, 沈欣, 龚健雅, 等. 论我国空间信息网络的构建[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(6): 711-715, 766. [10] 李德仁, 王蜜, 沈欣, 等. 从对地观测卫星到对地观测脑[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2017, 42(2): 143-149.

转载自《测绘学报》2017.10

智能时代测绘与位置服务领域的挑战与机遇

刘经南¹, 高柯夫²

- (1. 武汉大学卫星导航定位技术研究中心, 湖北 武汉, 430079;
2. 地球空间信息技术协同创新中心, 湖北 武汉, 430079)

1997年5月, 世界排名第一的国际象棋大师卡斯帕罗夫以2.5:3.5的总比分不敌美国国际商用机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)公司的“深蓝”人工智能(artificial intelligence, AI)程序, 在人与AI的智力对抗史上具有里程碑式的意义。然而, 此时AI在围棋上的棋力尚不如业余棋手。

2017年5月, Google公司的“阿尔法围棋”(AI程序)以3:0的总比分完胜世界排名第一的围棋大师柯洁, 可以说攻克了人类棋类对弈上最后的智力堡垒, 大大超出人们的预估。“阿尔法围棋”的团队负责人表示, “阿尔法围棋”在自我对弈中已无需人类棋谱帮助, 可以实现自我进步^[1]。其震撼性和带动效应从目前席卷全球的人工智能产业浪潮可见一斑。

20年的时间, 硅基的人工智能在特定领域实现了对于碳基的人类智能的某种超越, 那么, 是否可能实现全领域超越的智能时代成为人们思考的重大问题。

劳动力密集型产业的工人岗位正逐步被工业机器人取代, 司机的职位在未来5至10年将逐步被自动驾驶车辆所取代, 医生的外科手术和内科医疗诊断将越来越依赖医疗手术机器人和医疗智能诊断平台的辅助, 基于人工智能的个性化、游戏化、沉浸式的在线互动教学模式对于学生的吸引力将迫使教师改进传统课堂教学模式。一名精通法律条文和诉讼流程的律师需要专门知识头脑和阅历的历练, 而IBM的“沃森”(AI程序), 能够在几秒内完成准确度达90%的法律顾问, 比较起准确度只有70%的人类律师, 既便捷又准确^[2]。

由人工智能引发的智能革命星火, 正向各行各业蔓延, 行业兴衰和职业更替的周期将越来越短, 人们

对自己的工作还有多久会被机器取代这一问题值得思考。百度前首席科学家吴恩达曾提出一条准则: 如果人类进行一项思考时间少于1s的任务, 那么不久的将来或许能用人工智能自动化完成这项任务^[3]。

聚焦到测绘行业, 随着智能传感设备和测量设备的精确性、智能性、实时性和可靠性越来越高, 以前要由人跋山涉水、手提肩扛甚至冒着生命危险来完成的勘测类工作, 以及测绘过程中的数据采集职能, 在智能时代将逐步由智能设备或机器人来完成。专职野外型从业人员的需求量从长期看将会逐步萎缩, 传统测绘学科的相关知识结构和建设重点也必将有所调整。

与此同时, 随着地理空间信息资源的深度融合和地理信息产业的蓬勃发展, 测绘对象的范畴也将扩大到陆、海、空、天甚至互联网络及人自身等领域。多尺度、个性化、智能化、全天候的测绘服务型需求会越来越多, 又会产生诸如统一时空基准的四维地理信息服务, 无时不有、无处不在的泛在位置服务, 室内外一体、智能无缝的协同精密定位服务等新职能。

如果说泛在测绘是互联网时代的测绘, 那么, 在“互联网+”及其之后的人工智能和智能时代, 特别是与大数据、云计算、移动互联网、人工智能技术、智能制造技术和机器人技术的结合, 测绘与时空位置服务的技术、产业形态和商业模式的机遇与挑战, 也是需要深入思考的问题。

1. 人工智能及其引爆的智能革命

机器能否有思想或智能, 国际上人工智能研究作为一门科学的前沿和交叉学科, 尚无统一的定义。人工智能之父之一的马文·明斯基(Marvin Minsky)将其定义为“让机器做本需要人的智能才能够做到的事

情的一门科学”。代表人工智能另一条发展路线——符号派的司马贺(Herbert A. Simon)则认为, 智能是对符号的操作, 最原始的符号对应于物理客体。计算机科学理论奠基人图灵(Turing)在论文《计算机器和智能》中提出了著名的“图灵测试”, 即如果一台机器能够与人展开对话(通过电传设备), 并且会被人误以为它也是人, 那么这台机器就具有智能。

对于人工智能研究所能达到的高度, 目前存在3种观点:

1) 弱人工智能观点认为不可能制造出能真正地推理和解决问题的智能机器, 这些机器只不过看起来像是智能的, 只是来改善经济社会发展所需要的一些技术条件和发展功能。

2) 强人工智能观点认为有可能制造出非常接近于人的智能, 真正能推理和解决问题, 这需要脑科学的突破, 即机器与人类一样拥有进行所有工作的可能, 关键在于自动地认知和拓展, 预计2050年达到^[4]。

3) 超人工智能是脑科学和类脑智能有极大发展后, 机器产生了自我意识, 并拥有超人的机能和智能等, 目前仅存在于文艺作品中, 但有不少科学家努力探索超人工智能。

不难看出, 目前的研究还处于弱人工智能阶段。回顾人工智能发展历程, 从1956年达特茅斯会议的召开标志着人工智能研究的开启, 历经60年, 两起两落, 每次兴起都是人工智能算法有了新的突破, 比如50年代神经网络的提出, 80年代反向传播算法的出现。而每次低潮又是计算性能和数据规模的局限, 未能满足实际应用的需求, 从而导致政府和投资的冷落。自2013年始, 以深度学习为代表的神经网络算法为核心, 在大数据和图形处理器(graphics processing unit, GPU)大规模应用的推动下, 在语音识别、图像识别领域达到甚至超过了人类平均水平, 迎来了人工智能研究的第3次高潮。

人工智能技术在数据生产、采集、存储、计算、传输和应用流程的渗透, 随着网络的成熟和泛在而不断加深。核心算法、计算性能、大数据以及应用需求等方面的成熟度同步, 形成合力, 引爆了一场波及大多数领域的智能革命, 受到各国政府的重视和产业投资的追捧, 也预示着新智能技术(intelligent technology, IT)时代的到来。

2017年, 著名科技咨询公司Gartner发布技术成熟度曲线, 其中人工智能相关技术达12项, 备受市场关注。进入到曲线的人工智能相关技术包括深度学习、强化学习、通用智能、自动驾驶、认知计算、商业无人机、对话用户界面、企业分类法和本体管理、机器学习, 智能微尘、智能机器人、智能空间^[5]。Gartner认为, 未来10年, 随着通用人工智能、神经形态硬件、深度强化学习、量子计算、脑机接口等技术的上升, 人工智能将成为最具颠覆性的技术。

2. 智能时代的来临及其冲击

互联网的演化正从移动互联网向物联网迈进。与此同时, 基于各种网络对广域或全球性物态、事态的感知、认知及对目标、终端设备远程控制的膨胀性需求又激发了物联网向工业互联网(或称信息物理系统)(cyber physical system, CPS)的迈进。大数据的海量累积, 不断对更强大的计算能力和更智能的计算方法提出新的要求, 新一代人工智能建立在各种前沿技术加速互融互通的基础上, 使社会生产和消费从工业化向自动化、智能化转变, 人类因此进入到智能时代, 这是科技发展的必然结果。

2017-06-29以“迈向大智能时代”为主题的首届世界智能大会在天津召开。大会发布《天津宣言》, 认为以智能科技为代表的新技术革命, 其影响之大、渗透之广、植入之深前所未有, 智能科技产业形成从宏观到微观各领域的智能化新需求, 将重塑全球经济结构, 催生新技术、新产品、新产业、新业态、新模式, 打造智能经济、智能社会和智能生活。越来越多简单性、重复性、危险性的任务由新一代人工智能完成, 个体创造力将得到极大发挥。围绕提高人民生活水平和质量的目标, 加快人工智能深度应用, 将为我国经济发展注入新动能, 形成泛在随动的智能化环境, 全社会的智能化治理水平将大幅提升, 社会运行更加安全高效, 人们能够最大限度享受便捷生活和提升获得感。

同时, 智能科技应用与产业发展, 将对道德伦理、安全隐私、法律法规、商贸金融以及人才培养、劳动就业、知识产权保护等方面产生影响和冲击, 积极应对、主动作为, 让智能科技成果更好地服务人类命运共同体, 是国际社会的共同责任^[6]。

2.1. 智能时代人工智能的特征

经过 60 多年的演化，特别是在移动互联网、物联网、大数据、云计算、神经科学和脑科学等新理论、新技术以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下，人工智能加速发展，呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征^[7]。

其中，深度学习作为这一波人工智能高潮的代表性技术，极大拓展了人工智能的领域范围。与传统的为解决特定任务、硬编码的软件程序不同，深度学习是用大量的数据来训练模型，通过各种算法从数据中学习如何完成任务。深度学习模型属于机器学习中的神经网络，而神经网络的历史可以追溯到上世纪 80 年代^[8]，随着各类数据的不断积淀，信息社会演进到大数据时代，才让深度学习重放异彩。深度学习的本质是通过多层非线性变换，从大数据中自动学习统计性特征，深层的结构使其具有极强的表达能力和学习能力，尤其擅长提取复杂的全局特征和上下文信息，而这是浅层模型难以做到的。如今已有数种深度学习框架，如深度神经网络、卷积神经网络、深度置信网络和递归神经网络被应用于计算机视觉、语音识别、自然语言处理、音频识别与生物信息学等领域，并获取了很好甚至超过人类的效果。

跨界融合，则强调了新一代人工智能系统的数据源特征。通过跨界不同类数据的智能融合和综合算法，提升认知能力和智能决策水平是其宗旨。随着传感设备的日新月异和泛在网络不断演进，自动采集的海量感知数据，随同已有的人工处理数据，被用于训练并驱动人工智能的生成，呈现从文字、图像、音频、视频等单一媒体形态逐步过渡到跨领域、跨类别、跨环境、跨媒体、跨平台、跨层级的多种媒体形态一体化的特征。感知作为信息系统与物理世界的连接纽带，其对物理世界抽象能力的高低和精准度决定了其是否能创造出高级的人工智能系统。未来的 AI 系统应拥有类人甚至超人的智能感知和跨媒体的感知计算能力，包括类人和超人的主动视觉、自然声学场景的听知觉感知、自然交互环境的言语感知及计算、面向媒体感知的自主学习、大规模感知信息处理与学习引擎、城市全维度智能感知推理引擎等方面^[9]，而如何实现跨界的并发协同和融合处理就成为了研究和应用的关键问题。

人机协同，体现了新一代人工智能在人与机器的交互形态上，呈现由“人机分立”到“人机协同”，最终向“人机合一”发展的总体趋势。机器的信息感知、计算和存储能力已经达到甚至超过人类，然而，在没有人工干预的情况下，机器却缺乏发明出高效优雅算法的能力。“阿尔法围棋”所呈现出来的超强棋力，既来自于强大的机器计算性能，更取决于结合了强化学习与深度学习的人类算法。与其说是机器战胜了人类，不如说是人机协同的增强版让人类战胜了自己。在脑科学领域，左脑被视为逻辑脑和科学脑，右脑则是艺术脑和创造脑。机器在摩尔定律的加持下，可以说已经胜过人类的最强左脑。然而，尚无迹象表明，机器能以某种形式像人类右脑那样进行自主创新、创造和创意活动。自出生起，就习惯于左右脑协同工作的人类，在与机器增强的左脑协同下，将更加专注于右脑功能的开发，并尝试将人的作用或认知模型引入到人工智能系统中，形成混合－增强智能的人机协同形态，从而实现人类与机器的共同进化。

群智开放，体现的是在开放复杂网络信息环境中，新一代人工智能将从强调精英专家的知识模拟走向众包、众创，由下而上、跨层级、跨粒度涌现群体智能的特征。源于对蚁群、蜂群、鱼群、鸟群等社会性生物群体行为的研究，通过复杂系统内部个体之间的局部协同及与环境互动，涌现出在系统规模上才能观察到的新逻辑、新形态和新模式。在互联网环境下，已经有群体计算、参与式感知、社群感知等相关研究，通过互联网组织结构以竞争和合作等多种自主协同方式来共同应对挑战性任务。未来万物互联的泛在网环境，将人与人、人与物、物与物相互连接，恰如钱学森先生提出的开放式复杂巨系统^[10]，借鉴自然界群体智慧的涌现现象，研究整体大于局部之和的机理，将会为开放环境下的复杂系统决策任务的解决提供新途径。大数据驱动下的人工智能系统，将人类知识的智能库与深度学习的机器智能相互赋能增效，形成人机物融合的“群智空间”^[11]。群体智能将有可能成为泛在网智能生态系统的智力内核，从下到上涉及泛在网各层次的所有组织及关系网络。中国拥有全球最大的互联网及移动互联网市场，为群智研究提供了良好的平台基础，推动群智众创服务平台在智能制造、智慧城市、智慧农业、智慧医疗等重要领域广泛应用，

将有利于形成群体智能驱动的创新应用系统和创新生态，占据全球价值链高端。

自主操控，体现了新一代人工智能在自主无人系统的智能化水平上接近或达到，甚至在某些方面超过人类的趋势特征。自主无人系统的智能技术，包括无人车、无人机、服务机器人、空间机器人、海洋机器人、无人车间和智能工厂等^[12]。未来 10 至 20 年，中国城市轨道交通及高速铁路的全自动无人驾驶将逐步推进，无人驾驶车辆在局部地区 and 环境下将实现商业化应用，无人机将实现多行业规模化、产业化应用。自主无人系统产业将有效缓解中国“人口红利”消失对经济发展的冲击，成为世界经济进步的新引擎，在空间探测、深海探测、极地科考等军民融合领域发挥重要作用。同时，中国已迈入老龄化社会的门槛，随着自主无人系统的复杂动态场景感知与理解、实时姿态调整和精准定位、面向复杂环境的适应性协同精密导航等关键技术的飞速发展，服务型机器人将大量进入家庭，届时，拥有 3.5 亿个家庭的中国，家庭服务机器人的销量将如现在的手机一样，保守估计也有上亿台，而全世界总需求量将达到几十亿台。这个以万亿美元计的未来大市场不仅将包括目前计算机、无线通信、网络和软件在内的种种上游资源，单是催生出的机器人维修与配套市场就难以想象其规模。日、美、欧和中国的业界专家们都已预见到，这将是未来多年间，任何产业也无法比拟的大市场。

2.2 . 智能时代的机遇

新一代人工智能相关学科发展、理论建模、技术创新、软硬件升级等整体推进，正在引发链式突破，推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能化加速跃升。目前，各国均在政策层面强调和推动人工智能的发展，力争抢占产业技术的制高点。

美国于 2016 年 10 月发布了《为人工智能的未来做好准备》《国家人工智能研究与发展战略规划》两份报告，将人工智能上升到美国国家战略高度，确定了美国在人工智能领域 7 项长期战略^[13]；欧盟主攻以超级计算机技术来模拟脑功能，启动“人脑项目”，并在人工智能立法方面未雨绸缪；英国科学和技术委员会于 2016 年 10 月发布《机器人和人工智能》的报告，呼吁政府介入监管和建立领导体制。2017 年 1 月，英国政府宣布了“现代工业战略”，增加的 47 亿英镑

的研发资金将用在人工智能、智慧能源技术、机器人技术和 5G 通信等领域；日本依托在智能机器人领域的全球领先地位，于 2015 年提出了“世界机器人创新基地”“世界第一的机器人应用国家”“迈向世界领先的机器人新时代”3 大核心目标，并制定了五年计划。2016 年日本政府提出名为“超级智能社会”的未来社会构想，并于 2017 年制定了人工智能产业化路线图。

国内近几年也出台了扶植人工智能发展的相关政策，如国务院发布的《中国制造 2025》提出加快发展智能制造装备和产品，《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》明确提出人工智能作为 11 个重点布局的领域之一，《“十三五”国家科技创新规划》中智能制造和机器人成为“科技创新-2030 项目”重大工程之一等政策文件，积极推动人工智能在各个细分领域的渗透。2017 年 7 月 8 日，中国首部国家级人工智能发展规划——《新一代人工智能发展规划》由国务院印发，标志着新一代人工智能发展提升到国家战略层面。

目前，中国在全球人工智能方面的研究和应用处于第一梯队。从全球人工智能申请专利数量来看，美国、中国、日本位列前三，且数量级接近，3 国占总体专利的 73.85%。位列第 4 的德国人工智能专利数量仅为中国的 27.8%，美国的 16.8%^[14]。

全球人工智能企业数量集中分布在美国、中国、英国等少数国家，3 国企业数量占总数的 65.73%。与人工智能企业分布相同，美、中、英 3 国融资规模为全球最大，但三者间的规模差距较大，美国为英国的 21.9 倍、中国的 6.96 倍。

加速积累的技术能力与海量的数据资源、巨大的应用需求、开放的市场环境有机结合，是中国人工智能发展的独特优势。目前，中国在人工智能领域的国际科技论文发表量和发明专利授权量已居世界第二，语音、视觉识别技术已处于国际领先水平。人工智能创新创业日益活跃，一批龙头企业加速成长，在国际上获得广泛关注和认可。中国具备了领先人工智能领域的所有要素，包括政府资助、人口众多、研究界活跃，以及一个期待技术变革的社会。人工智能的研究和应用，将为中国的产业升级和供给侧改革创造“换道超车”的机遇期。

2.3 . 智能时代的冲击和挑战

人工智能是影响面巨大的颠覆性技术，可能带来就业结构的改变、新的阶层分化、冲击法律与社会伦理、侵犯个人隐私、挑战国际关系准则和权力格局等问题，将对政府管理、经济安全、社会稳定乃至全球治理产生深远影响。例如，如果人工智能的决策导致意外甚至犯罪，谁应当对其负责，人工智能创作的知识产权归谁所有，人工智能研发人员有哪些法律权利与义务，谁可以拥有个人数据，数据应以何种方式共享而又能保护隐私，面对日趋严峻的网络安全攻击又该如何保护数据安全，一旦人工智能拥有超级能力，又该用哪些措施进行管控，海量数据规模和算法复杂度的提升带来的高耗能如何解决等问题。

因此，必须高度重视可能带来的安全风险，加强前瞻预防与约束引导，最大限度降低风险，确保人工智能安全、可靠、可控发展，有效保障国家安全和个人隐私。史蒂芬·霍金、伊隆·马斯克及超过1000名人工智能和机器人研究员曾共同签署请愿信，要求禁止在战争中使用人工智能，并警告“自动化武器”可能带来可怕灾难^[15]。人类需要通过类似核安全公约一样强有力的国际公约，来确保人工智能系统的和平使用，以保障世界各国的安全。一些国家原本期待快速增长的人口能够推动劳动力密集型经济的发展，如印度。但如果这样的大国，让大量人力工作岗位被机器取代，将加大国家间的发展鸿沟，甚至可能出现新的社会动荡。机器智能在信息多元、数据体量、决策效能等方面远优于人类，这一优势可能会被掌握其技术的企业用以诱导甚至控制不同人群的行为习惯，人类如何保持行为与决策的自主地位，都是值得深刻思考的问题。

另一方面，虽然中国的人工智能研究和应用热度很高，还必须清醒地认识到中国人工智能整体发展水平与发达国家相比仍存在差距，缺少重大原创成果，在基础理论、核心算法以及关键设备、高端芯片、重大产品与系统、基础材料、元器件、平台软件与接口等方面差距较大。有行业影响的人工智能开发平台和产业生态尚未形成，也没有产生世界知名的人工智能重大产品，缺乏支持行业发展的试验平台和数据集，适应人工智能发展的基础设施、政策法规、标准体系亟待完善。

人工智能尖端人才同样远远不能满足需求。人工智能领域的竞争，主要体现为人才之争。只有投入更多的科研人员，不断加强基础研究，才会获得更多的智能技术。中国企业的人工智能转型，不仅需要依靠研发费用和研发人员规模上的持续投入，还应该加大基础学科的人才培养，尤其是在算法和计算性能领域。一些企业可以通过学习国外先进的产品和技术，充分发挥国内的研发成本优势和行业风险把握优势等，来获得在中国乃至国际市场份额的突破。

为应对智能时代的上述冲击和挑战,《新一代人工智能发展规划》给出了较系统的研发部署:瞄准应用目标明确、有望引领人工智能技术升级的基础理论方向,加强大数据智能、跨媒体感知计算、人机混合智能、群体智能、自主协同与决策等基础理论研究。布局前沿基础理论研究,针对可能引发人工智能范式变革的方向,前瞻布局高级机器学习、类脑智能计算、量子智能计算等跨领域基础理论研究。开展跨学科探索性研究,推动人工智能与神经科学、认知科学、量子科学、心理学、数学、经济学、社会学等相关基础学科的交叉融合,加强引领人工智能算法、模型发展的数学基础理论研究,重视人工智能法律伦理的基础理论问题研究。

《新一代人工智能发展规划》还明确了中国发展人工智能的“三步走”战略：到2020年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步；到2025年人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平；到2030年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心。“三步走”战略作为国家层面的顶层设计，为中国在人工智能领域达到世界领先水平树立了明确的发展目标。

3. 智能时代的测绘与位置服务的机遇与挑战

人工智能和智能时代的到来，意味着颠覆性的技术革命和传统性观念的革新，智能时代的测绘与位置服务领域同样需要重新审视自己，以应对未来的机遇与挑战。

3.1. 作为行业，不会消失，但须转型

时间和空间位置是人类生存和发展一切活动的基础,人类永远需要了解基于时空位置的生存和发展环境,永远需要获取时空位置对地球、太空进行层次观

测。因此，测绘与位置服务作为一个行业是不会在智能化浪潮的冲击下消失的。

另外，了解自身生存和发展环境的现状和变化，并与环境相适相生，是人类生存和发展的重要演化动力。随着科技的发展和社会的进步，人类对时空位置信息的需求从事后走向实时和瞬间，从静态走向动态和高速，从粗略走向精准和完备，从陆地走向海洋和天空，从区域走向广域和全球，从地球走向深空和宇宙。目前，正从实体空间走向虚拟网络空间，从自然走向人类社会和人自身。为满足这些广泛而巨大的新需求所带来的机遇与挑战，测绘与位置服务行业必须推进本身的转型升级。否则，不进则退，生存空间将会越来越小。

测绘与位置服务行业曾借助计算机技术实现了从模拟到数字的转型,借助互联网和移动互联网技术,又实现了信息化的转型。如今,借助卫星定位和遥感等技术,测绘与位置服务在准确性、实时性、可靠性、泛在性、可持续性方面的能力不断提高,再融合云计算和大数据技术,正在实现从传统测绘到泛在测绘的新一轮转型^[16]。智能化革命浪潮冲击下的测绘与位置服务行业,又产生了向智能化转型的新需求。由此,构成了泛在化和智能化双重转型的复杂叠加。显然,若测绘与位置服务行业的内涵和外延不与时俱进,必将制约这一双重转型的成功而造成行业的衰退。

本文认为,对于测绘与位置服务行业转型中其内涵作用的认识,就是要深刻体会作为产生和获取时空位置大数据的行业,测绘与位置服务的优势如何发挥。而作为人工智能和智能革命中数据、算法、计算能力三大支柱的基础支撑,时空位置大数据的顶梁柱作用又如何发挥。另外,从同类和跨界的不同类大数据中找出数据间的关联,直接发现事物的结果并找出其原因是大数据智能的思维模式和处事哲学,是支撑智能决策的核心。而时空位置的关联始终是获取数据间关联的最普适、最可信、最坚强的关联。因此,时空位置大数据的智能发掘和利用,其共享方式和规则将是测绘与位置服务行业转型绕不开的机遇与挑战。另一方面,对测绘与位置服务行业外延在转型中作用的认识,就是测绘与位置服务行业及其信息和数据必须实现跨界融合,并遵循群智开放。跨界融合和群智开放既是组织行为学上 21 世纪的最伟大创新,也是人工

智能当前发展加速的最关键特征。

例如，对未来自动驾驶或无人驾驶汽车而言，价格便宜的厘米级精度卫星导航接收机、高精度低漂移惯导、前视后视和侧视摄像机和激光雷达等是其标配，它们既是汽车行驶时的场景感知设备，又都是高精度实时泛在测绘设备，能够产生全天候、全道路实时场景及车流、人流实时状态大数据。测绘与位置服务行业占有直接提供精准时空基准服务的先机，还有这些数据融合处理获取三维高分辨率视频数据的长期积累，如何构建好实时、无缝、可靠、高精度的位置服务平台满足百万、千万级自动或无人驾驶用户的需求，如何跨界共享这些数据，如何通过众包、众筹的群智开放，利用这些数据支持众创进一步开发智能产品，满足大众和社会各界的需求就是测绘与位置服务行业现在就要规划的行业转型目标和任务。

在测绘与位置服务向智能化转型的过程中，规划建设一批智能化新型基础设施迫在眉睫。

1) 建立新型的一体化智能测绘与位置服务基础设施。包括建立对地观测智能感知的基础设施(陆海空天环境感知网),形成低轨遥感卫星或可附加导航增强与通信信号组成的太空平台,区域性定点遥感高空平台,区域性中空和低空移动遥感平台,作为地基增强时空位置基准的卫星连续运行参考站和作为地基感知网平台的物联网,共同感知地球表层信息,即事件、目标、信息的特征及其发生的时间和位置状态及其变化。这些信息和数据是产生智能活动的前提条件和必要条件,也是测绘实现从静态感知获取信息到动态感知、从定时动态感知到实时和永久性监测的转型所必须建立的基础设施,如图 1 所示。

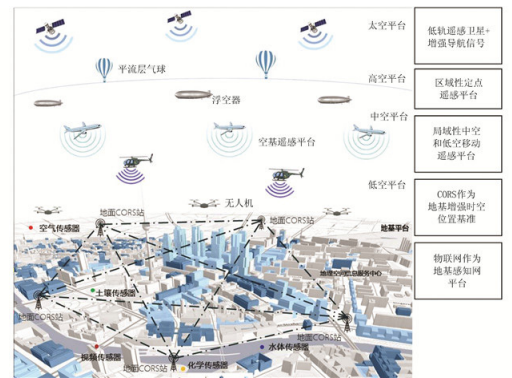


图6 海洋时敏目标智能检测、定位与实时传输系统

2) 构建测绘行业大脑。在构建上述对地观测智能感知基础设施以获取信息和数据的基础上，智能时代的测绘与位置服务也必须将感知提升到高级认知阶段。一方面要通过信息、数据和人工智能满足传统测绘所需要的地物、地貌分类等认知，并用图示符号或编码体系表征其数学和物理特征。另一方面要利用已有的卫星定位地基增强网络获取实时、精准、连续的时空位置大数据与其他行业数据跨界融合，通过深度学习、群智开放等技术手段为各行各业和相关大众提供高精度位置基准服务、跨界时空信息监控和管控智能化服务。因此，测绘大脑在功能上应具备：(1) 记忆和思维能力。能简约或按需动态存储感知到的外部事件的历史和现状，存储前人思维产生的知识，同时能够利用已有的知识对过去和现在的信息特征状态进行分析、计算、比较、判断、联想，形成新的知识，并利用动态信息和新的认知在指定的时间点做出改变事件、目标位置、姿态或状态的决策与控制。(2) 学习能力和自适应能力。通过事件、目标与环境的相互作用，不断学习积累经验 and 知识，使其自身能够适应环境变化，这些变化多与时间和位置相关。(3) 管控决策能力。对外界的感知所形成的刺激做出反应，形成决策并传达相应管控的信息。(4) 智慧化能力。更强的感知能力、记忆和思维能力、学习和自适应能力、决策管控能力，进而拥有预测和预判的能力。

拥有了这些能力的智能化硬件环境可以构成测绘大脑，物联网可看作与大脑中枢神经系统及其控制连接的感觉神经系统和运动神经系统，通过终端节点具有感知和控制能力。一体化的陆海空天网信息基础设施构成了大脑的信息传输通路。大数据则是测绘大脑各神经系统在运转过程中传输和计算的信息源。过去50年随着互联网的快速扩张而数据量急速膨胀，未来的数据体量将为测绘大脑形成人工智能知识池提供充分的原材料。云计算则可看作测绘大脑的中枢神经系统，它通过服务器、网络操作系统、神经元网络、大数据和基于大数据的人工智能算法对测绘大脑的其他组成部分提供计算能力。人工智能算法则作为测绘大脑产生智能的核心思维方法，不仅通过算法如深度学习和机器学习与大数据结合，也运用到测绘大脑的神经末梢、神经网络和智能终端中，使得各个神经系统同时提升认知能力。

测绘大脑的硬件环境是依托于互联网、专有云和公有云的协同，并通过互联网和物联网实现对端、对事物和目标（人或物）的管控。随着人类对脑结构及其功能认知的深化，测绘大脑的硬软件环境也将随之进化。其结构如图2所示。

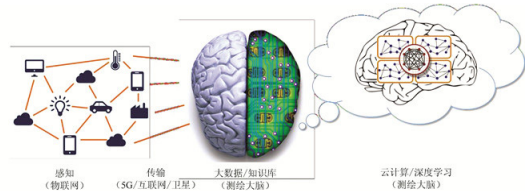


图2 测绘大脑框架示意图

3.2 作为学科，不会扩张，但须跨界

测绘学科从来都是先导性、基础性学科，而不是主导性、主干性学科。其先导性、基础性使其不会消亡，其非主导性、非主干性使其也不会过度扩张。但在信息时代，特别是互联网、物联网阶段，跨界则生、守成则死，善处则生、孤高则死。抓住信息时代对时空位置服务的需求，实现学科间的交叉和知识内涵的跨界融合，服务于行业跨界需求，是学科发展之道。应鼓励测绘学科在原有基础上拓宽人工智能专业教育内容，形成“测绘+人工智能”跨学科专业培养新模式。

人工智能是基于数据和算法解决不确定性的理性判断工具，随着其应用领域不断扩大，其与数学等自然科学、计算机等技术科学的交叉融合将越来越深，构成许多跨界融合的工具性智能方法模块。这些工具性模块也使得测绘学科与其他自然科学及技术科学的跨界融合越来越容易。另一方面，解决人类生存问题的各类工程，除了需要科学技术支撑之外，还必须融合如艺术、哲学、心理学、人类学、社会学、政治学、组织管理学等学科的知识、经验和思维方式，才能建造一个符合生态需求、人文和社会需求的现代化、智能化工程。而这些人文社会学科或创意性强，或影响因素复杂多变，或相应大数据不够充分，使得不确定性更高，跨界融合工具性模块等智能方法一时较难形成。因此，作为工程学科的测绘学科研究者，还必须具备人文社会科学的相应知识基础和思维方式，使思维更富想象力，更具发散性，更有创意感，更有法规意识，更有文化内涵，更有生态观念，才能满足现代工程对人才能力和素质的要求。

3.3 作为职业，蓝领消失，创客、智士领军

随着智能传感设备和测量设备的精确性、智能性、实时性和可靠性越来越高，以前要由人跋山涉水、手提肩扛甚至冒着生命危险来完成的勘测工作，在智能时代将逐步由智能设备或机器人来完成。特别是地球空间信息智能感知网络的形成和成熟，专职数据采集型的蓝领从业人员，需求量将会逐步萎缩，甚至消失。

大数据的发掘、应用和服务是需要创意的。创意是一切创新、创造、创业的灵感和先导。善于结合测绘行业和跨界服务发展需求，开展创意构思，善于运用已有的开放源代码智能软件、深度学习软件构建新的智能应用，善于运用众筹开发多种应用型智能软件、智能装备的创客将引领潮流；善于捕捉市场机遇，利用大数据资源开发互联网新应用的极客将成为新科技的弄潮儿；善于思考测绘未来发展智能模式，提出解决方案的智士将成为新的行业领军人物。

4. 智能时代的测绘与位置服务的机遇

4.1 智能时代测绘行业的优势

测绘行业掌握了时空位置数据的基准：法律地位上的空间位置基准^[17]，应用意义上的时间同步基准，对于经济民生、节能减排、国家安全、社会治理等领域是至关重要的基础支撑。测绘行业有时空位置基准的法律主导解释权，时空位置数据精确性、特征性、复杂性标准的制定权，在一定领域里，对于中国在国际上获得相关话语权举足轻重。

测绘行业已建立了位置大数据产生、获取、感知和服务的基础设施以及新的类似基础设施的法律上的管辖权，可以为政府治理、公共服务、产业发展、技术研发等领域提供时空大数据基础信息数据库，依托国家数据共享交换平台、数据开放平台等公共基础设施，通过整合社会各类数据平台和数据中心资源，可以形成覆盖全国、布局合理、链接畅通的一体化服务能力，为国家经济建设和社会治理大数据应用提供基础设施支撑。此外，测绘行业通过服务也能够掌握交通流、人流、物流等重要的时空信息流。随着技术进步，时空位置作为时空基准必将进入移动和工业互联网领域，对资金流、信息流、能源流这些数据流也能提供管控和协同服务的能力，因而承载着最有价值的，涉及经济、社会、文化、国家安全乃至政治和个人的地理信息和时空位置信息。总之，测绘行业有跨界合作的广泛机遇，智能道路就会越走越宽；反之，利用行业优势，心怀管控之私，智能道路则会越走越窄，

优势终将失去。

4.2 智能时代测绘行业的机遇举例

智能时代测绘行业的机遇源于不断增长的时空位置服务需求，例如位置服务的范畴将不局限于地球表层信息，还将涵盖到人体本身（如智能虚拟个人的建立和服务，时空环境对特殊人群影响，流行疾病的时空特征分布等），建立与人体的动态和姿态变化相适应的人体时空参考框架，并实现传感生命体征的参数与人体器官健康运行宏观和微观状态的精准融合。在位置服务的范畴涵盖到人体本身之后，对于医疗的认知度和精准度将提升到一个新的层次。位置服务将作为精准医疗的动态时空基础，对于医疗方式、医养模式和医院智慧管理带来深远影响。

此外，加快培育具有重大引领带动作用的人工智能产业，促进人工智能与各产业领域深度融合，形成数据驱动、人机协同、跨界融合、共创共享的智慧经济形态，也将是未来的重要趋势之一。

智慧经济就是创意、创新、创造、创业经济，是创新性知识在产业经济中占主导、创意产业成为龙头的知识经济形态，包含智慧城市、智能交通、智慧农业、智慧医疗、智慧能源等^[18]。如智能交通，就是要对与道路、车辆、人及环境相关的位置数据进行全面感知（实现人、车、路、环境全面互联），对每一条道路进行交通全时空感控，对每一辆汽车进行交通运行全过程管控（进路控制、运行控制、出路控制、安全控制）。其核心就是建立具有智能精准控制的车联网和智能网联汽车。因此，智能精准控制的车联网就是一个提供精准时空位置服务的CPS网络，远程时空位置精准协同控制是其必备需求。

互联网和通信网络的能源消耗和其降耗问题也是“互联网+”必须面临的另一巨大挑战。据美国国家矿业协会资助的一项研究显示^[19]，全球移动通信网络每年耗电达1.5万亿千瓦时，相当于德国和日本用电的总和，达到全球发电总量的10%以上，比航空业耗能还要多出50%。

随着各个行业互联网化发展趋势的日益明显，网络基础设施建设、维持和更新所占耗能将会越来越大。采用北斗系统作为授时源进行时间同步，不仅可以实现网络时间同步精度从目前的城域范围毫秒级和广域范围微秒级到全球范围纳秒级的飞跃，而且可以简化时间同步（授时源-时间传送-时间分配）的流程。如果能做到互联网中的每一关键节点（如基站、网关、

路由、服务器等)设备都加载北斗时间位置测量模块,实现高精度的时钟同步和位置感知,时钟同步的设备将能够在没有通信的情况下进行协作,极大地提高网络数据传输效率,减轻网络带宽负荷,减少网络延迟以及数据包丢失,降低设备尤其是无线设备的功耗。

新的智慧经济业态也会给测绘行业带来新的机遇。比如共享经济、非场所经济等,基于泛在位置服务、CPS 以及移动智能移动终端实现人-机-脑融合和远程感控,可实现非现场劳动,使人们从固定劳动时间和固定场所中解放出来,释放智慧劳动的效能,这也是人类智慧生活的开始。智慧生活拓展了人们非现场的活动时空,将出现非现场的工作、交流和交易。这些都极大地依赖于时间和空间位置信息的智能化获取。

4.3. 测绘行业把握机遇的钥匙

逻辑思维,奠定了古希腊和欧洲高度发达的思辨文化。牛顿机械论思维,引发了人类的第一次科技革命。相对论思维和不确定性思维,驱使人类进入了信息时代。互联网时代则诞生了以大数据、零距离、趋透明、慧分享、便操作、惠众生为主要特征的互联网思维^[20]。随着 4G/5G 通信的发展,手机等移动设备的迅速普及,移动互联网时代又有了以去中心化和伙伴经济为特征的移动互联网思维。本文认为,到了人工智能时代,以下 3 个思维方式将成为测绘行业开启智能时代大门的钥匙。

1) 系统性思维是智能时代最为重要的思维方式。在物理层面,融合的高效智能算法、节能设计、软硬件芯片化集成将是必然的趋势。融传感器、模数转化、中央处理器、控制器于一体的系统级封装(system in package, SIP)是微型化从感知到认知,再到反馈控制集成智能终端的普遍形式。人工智能的本质也是服务,硬件只是服务的载体,最好的人工智能服务会成为云端的服务、“隐形”的服务,而硬件将高度集成化、微缩化。如随着自然语音处理技术的成熟,会话式用户界面极可能成为下一代智能服务的入口,这是一个足以颠覆搜索引擎和移动应用程序的应用场景^[21]。另外,跨界融合、群智开放、共享经济等都需要思维方式的整体性和系统性。

2) 时空观思维在智能时代将贯穿宏观和微观两个层面。智能发展的目的是让其为人类发展种种难题提供多维的,即古今中外不同区域、不同文化、不同思想与智慧的解决思路。因此,需要从历史时间维度、

地理空间维度、文化哲学维度采集和建立数据、经验和知识等各类大数据,通过人工智能方法为难题的解决提供智慧。这就是智能时代需要的时空观思维。要对数百年的老行业,特别是数十年的新行业的经验与知识建库;要对跨世界各洲、各国相关行业、企业的经验、知识、专家进行建库,为建立测绘大脑提供知识养料。泛在测绘在时空域上也有宏观和微观两个发展方向,测绘界对精准位置的应用与服务已有精到的认识,当今要把时间特别是精准时间应用与服务作为泛在测绘的主要任务。就时空观而言,在宏观上,所谓不谋万世者,不足以谋一时,不谋全局者,不足以谋一域;在微观上,所谓不积跬步无以至千里,不争分秒,难以成大事。

3) 创意性思维。智慧经济就是创意、创新、创造、创业经济,是创新性知识在产业经济中占主导、创意产业成为龙头的知识经济形态。人工智能驱动创意革命时代的到来,数据和知识将成为经济增长的第一要素,人机协同成为主流生产和服务方式,跨界融合成为重要经济模式,共创共享成为经济生态基本特征,个性化需求与定制成为消费新潮流。因此,在泛在测绘的应用层面,还需要有创意思维。做到“跟着兴趣走”,即把兴趣、探索、创意作为智能与智慧产生的源动力;“跟着感觉走”,即感知作为智能的数据基础;“跟着认知走”,即把认知的不断完善作为智能与智慧化的核心。正如 GPS 的首任总设计师帕金森教授所指出的:全球卫星导航系统同时提供时空位置解决方案,它的应用只受人们想象力的限制。

5. 结语

智能时代的来临所带来的巨大挑战与机遇是空前的,将引起未来至少五十年的产业变革、社会变革、权力格局变革、资源分配变革及思维模式变革。每个国家、区域、行业的领导者和个人都必须认真思考,积极应对,既做一个推动发展的积极参与者,也做一个消解负面影响的清醒批判者。

在智能变革时代,行业的转型、资源的重组、权力格局的变化、智能主导权对人的行为、思维的变化与自主决策的影响,是对行业和个人最大的挑战。

测绘与位置服务行业应牢牢把握时空位置服务在基础设施、数据资源和法律标准的掌控优势,转变思维方式,树立系统性思维、时空观思维和创意性思维,通过跨界融合,服务社会,服务国家安全,争取智能化的主导权,实现测绘与位置服务向绿色、智能、泛在发展的整体转型。

参考文献

- [1] Deepmind Corporation. Full Length Games for Go Players to Enjoy[EB/OL].<https://deepmind.com/research/alphago/alphago-vs-alphago-self-play-games/>, 2017
- [2] Hudson A. '40% of Jobs' Taken by Robots by 2030 but AI Companies Say They're Here to Help[EB/OL].<http://metro.co.uk/2017/05/10/40-of-jobs-taken-by-robots-by-2030-but-ai-companies-say-theyre-here-to-help-6628469/>, 2017
- [3] Ng A. What Artificial Intelligence can and can't Do Right Now[EB/OL].<https://hbr.org/2016/11/what-artificial-intelligence-can-and-cant-do-right-now>, 2016
- [4] Oltermann P. Jürgen Schmidhuber on the Robot Future: "They Will Pay as Much Attention to us as We Do to Ants"[EB/OL].<https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/18/robot-man-artificial-intelligence-computer-milky-way>, 2017
- [5] Gartner Corporation. Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017[EB/OL].<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>, 2017
- [6] Mao Zhenhua, Li Kun. World Intelligence Conference Issued the "Tianjin Declaration" Called for Creating Intelligent Technology to Build Intelligent Economy[EB/OL].http://news.xinhuanet.com/tech/2017-06/30/c_1121243621.htm, 2017(毛振华, 李鲲. 世界智能大会发表《天津宣言》呼吁共创智能科技共建智能经济 [EB/OL].http://news.xinhuanet.com/tech/2017-06/30/c_1121243621.htm, 2017)
- [7] The State Council. Notice of the State Council on Printing and Distributing a New Generation of Artificial Intelligence Development Plan[EB/OL].http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm, 017(国务院. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知 [EB/OL].http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm, 2017)
- [8] Ciucci F. Deep Learning Is Not the AI Future[EB/OL].<https://www.linkedin.com/pulse/deep-learning-ai-future-fabio-ciucci>, 2017
- [9] Tian Y, Chen X, Xiong H, et al. Towards Human-Like and Transhuman Perception in AI 2.0: A Review[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering
- [10] Qian Xuesen. Open and Complex Giant System Review[J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1991(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(1): 1-4.)
- [11] Li Wei, Wu Wenjun. Swarm Intelligence: An Important Direction for New Generation of Artificial Intelligence[EB/OL].http://stdaily.com/index/kejixinwen/2017-08/03/content_564559.shtml, 2017(李未, 吴文峻. 群体智能: 新一代人工智能的重要方向 [EB/OL].http://stdaily.com/index/kejixinwen/2017-08/03/content_564559.shtml, 2017)
- [12] Zhang T, Li Q, Zhang C, et al. Development Trend of Intelligent Unmanned System[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2017(1): 68-86
- [13] Xinhua Net. Artificial Intelligence Power Strategy[EB/OL].http://news.xinhuanet.com/globe/2017-03/29/c_136168263.htm, 2017(新华网. 人工智能大国战略 [EB/OL].http://news.xinhuanet.com/globe/2017-03/29/c_136168263.htm, 2017)
- [14] Wuzhen Think Tank. Wuzhen Index: Global Artificial Intelligence Development Report 2016[EB/OL].<http://sike.news.cn/hot/pdf/10.pdf>, 2016(乌镇智库. 乌镇指数: 全球人工智能发展报告 2016[EB/OL].<http://sike.news.cn/hot/pdf/10.pdf>, 2016)
- [15] Bao Damin. Five Strategies for Future Development of Chinese Artificial Intelligence[EB/OL].<http://www.iyiou.com/p/47545>, 2017(鲍达民. 中国人工智能未来发展的五大战略 [EB/OL].<http://www.iyiou.com/p/47545>, 2017)

p/47545, 2017)

[16]Liu Jingnan.The Concept and Development of Ubiquitous Mapping & Surveying and Ubiquitous Positioning[J].Digital Communication World, 2011(S1):28 - 30(刘经南 . 泛在测绘与泛在定位的概念与发展 [J]. 数字通信世界 ,2011(S1):28 - 30.)

[17]The National People’s Congress of the People’s Republic of China. Surveying and Mapping Law for People’s Republic of China[EB/OL].http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-04/27/content_2020927.htm,2017(中国人大网 . 中华人民共和国测绘法 [EB/OL].http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-04/27/content_2020927.htm, 2017)

[18]Chen Shiqing.What Is Intelligent Economy[J].Business Culture,2016(29):14 - 16(陈世清 . 什么是智慧经济 [J]. 商业文化 ,2016(29):14 - 16.)

[19]Vereecken W,van Heddeghem W,Deruyck M,et al.Power Consumption in Telecommunication Networks:Overview and Reduction Strategies[J].IEEE Communications Magazine,2011,49(6):62 - 69 DOI:10.1109/MCOM.2011.5783986

[20]Chiang J,Lin C.A Bite of China:Is’Internet Thinking’ a Fad?[EB/OL].https://www.forbes.com/sites/ceibs/2014/05/20/a-bite-of-china-is-internet-thinking-a-fad/#2eb5c7ela817,2014

[21]Mallya H.How Google Is Going from Mobile-First to AI-First While Competition Heats Up[EB/OL].https://yourstory.com/2016/10/google-ai-strategy/,2016

转载自《武汉大学学报·信息科学版》2017.11

人工智能对测绘学科发展带来的机遇和思考

李建成

(武汉大学测绘学院教授，中国工程院院士)

各位朋友非常高兴有这个机会和大家做个交流。按照学会的邀请让我做一个报告，我最近做的课题主要是人工智能发展，最近半年我做有关于 GPU，大家知道我们 GPU 发展非常快，做了调试以后，我觉得可能将来 GPU 和我们 CPU 的迅速发展，甚至于 GPU 会对社会产生深远的影响，所以就做这个报告“关于人工智能对测绘学科发展带来的机遇和思考”。

我们从 80 年代就开始发展了计算，但是在很多情况下不能满足，所以在近期要进行广泛使用离子计算。通过这张图大家可以看到，从单核的 CPU，大家知道我们现在目前所有做的程序都是暴力算法，就是我们调通可以，而我们调优不行。而计算能力是提高 CPU 自身有关系，而且和我们本身的算法更有直接关系。大家看到我列了某一个案例，在过去单 CPU 算法有 6900 多秒，将近 7000 秒。16 核的要快 12000 秒，大家看到 68 核 KNL 是多核的，提速了 15 倍。还有一个 GPU，大家知道现在 GPU 每 18 个月性能提升到 50 倍，现在英特尔的 CPU 已经有瓶颈了，它的发展一年半提高到 55%。

大家看到最近测试的要比单核快 2000 多倍，比多核的要多 12 倍，计算能力的提升必将引来测量测绘地理信息系统发生根本性的变化。所以我下面从三个方面给大家做一个介绍，人工智能引发的技术革命。

大家知道最近 15 年这发展当中，我们 GPU 发展非常快，主要是计算能力可能会引发人工智能。所以我们国家在 2017 年的规划当中把人工智能也列为重要的一项，我后面会讲到。

首先看人工智能，大家知道人工智能，人的识别是通过感官，就是通过我们五官去感受。计算机来识别，通过计算，简单的计算，是通过算出来，而不是通过感官感觉出来的。所以要实现人工智能，当然它

的计算能力要无限强大。

大家知道计算机的发明到今天整整 71 年，71 年的发展历程当中，我们计算机的速度一天一个变化，它的性能一天比一天高。最早的就是我们 1949 年 2 月份的第一台计算机，当时计算机有多大呢？大家知道将近 30 吨，全部是用电子管，占地面积有 170 平方，将近 200 个平方，造价 48 万，当时的 48 万和现在的 48 万完全是两码事，非常昂贵。它的运算速度有多少呢？只有 5000 次，也就是我们算一个东西，一秒钟 5000 轮算，但是当时的 CPU 也非常不得了。到了 50 年代，电气革命以后，就有了晶体管了，产生晶体管计算机，到了五六十年代中小规模集成电路计算机，到了 70 年代是大规模和超大规模的集成电路计算机，使个人电脑成为可能，有了个人电脑，1982 年的第一台 PC 电脑诞生，另外第五代未来是人工智能计算机。

它的构架仍然是第三代，现在还没有突破第三代。大家知道第一代机器语言是汇编语言，少数人可以用。到了第二代就是我们的高级语言出现，第三代是操作系统、编辑系统、应用程序，它的计算可以达到百万级。到了第四代可以达到几千万到千百亿次计算速度，我们现在的计算机，像一个笔记本的运算速度是多少呢？就是一千亿次。大家知道我们天河一号、天河二号，天河二号的运算次数达到 3.3 亿次。我们江苏的一个 CPU256 核，它的运算速度是当今世界最快的计算机，达到 9.9 亿亿次。第五代计算机，将计算机、网络、通信合为一体，开启人工智能的前奏。

如果谈计算机的话，我们自然会想到互联网，我们的计算机离不开网络，如果离开网络计算机是没脉络的。也就是我们中国的中医发明脉络、经络，如果没有网络，计算机就没有脉络。所以网络随着计算机的发展才诞生，而同时它又推动着计算机得以发展。

大家知道我们建超算，建高性能计算都是通过网络去交流，网络去交换，有了无线网络、移动互联网以后，我们有了云计算、云服务等等提供。网络的发展对于人类社会的推动也起着非常非常重要的作用。

大家知道网络是美国最早，1969 年为了将四台计算机联系在一起，开始使用的网络。所以美国首次组建了 ARPANET 网，将四台计算机连在一起，为了使四台计算机连一起，美国创建了 NCP 协议，现在我们都是 TCP/IP，奠定了一个网络使用的基础，由此 TCP/IP 多提了 NCP 协议。当时在美国一个典型的使用，就是军方发起、高校教育发起。我们国家在 1982 年，当时我们的国安系统考虑到国家安全，就把网络限制了，影响了我们国家网络十年的发展。大家知道 1995 年我们的教育网首先进入中国，当时网络通讯非常非常慢。

60 年代到 70 年代互联网协议的建立，80 年代初到 80 年代末期，大家知道网络是以当时最典型的范围就是邮件，电子邮件的出现。到了 1989 年以后有三大网络出现，世界上成立两家互联网公司，一个是 Google，一个是雅虎，大家知道雅虎现在已经濒临关闭，基本上处于关闭状态。而 Google 现在不仅仅是一个互联网公司，而且是一个高科技公司，它有无人驾驶，引领了世界各行各业的发展。

这是 90 年代末期，大家知道 90 年代末期完了以后就进入了新世纪，当时我们也考虑到计算机的千年虫，最后不了了之。2007 年也就是苹果的世界上第一台智能手机的出现，使互联网进入了真正的移动互联网阶段，真正开启了互联网的新时代。所以现在我们的工作，大家知道我们的工作、生活都离不开网络，都离不开移动互联网、wifi，对于我们中国在世界网络化发展当中已经有 8.2 亿人口，网络用户是世界大国，而网络的应用也推动了整个经济社会发展等等一系列。

超级计算机的发展，伴随着计算机的发展，我们也倒闭了很多过去大的公司，例如 SCI、惠普的高性能计算业务、IBM 过去小型机的高性能计算机语言。大家看到列表的计算机的运行次数，从 40 年代到 60 年代，到目前大家知道计算机的核数越来越多，因为我们目前的计算机还没有突破电子文档，我们的能耗功耗非常大，未来可能会是量子计算机。如果量子计

算机的出现，就会产生什么呢？所有计算机的密码、手机的密码等等所有密码都有可能在那瞬间被破解。现在我们之所以破解不了密码，是因为计算能力不够。

从 CPU，大家知道到 GPU 这个发展非常快，大家知道外卖。外卖实际上不是中国人发明的，就是取送。现在目前大家知道中国的外卖都是电动车去送的，如果说我们有很多电动车去送的话，要快得多。这就是 GPU 的核心高于 CPU 的技术，是多核的。最早的 GPU 主要是为了显示，2006 年斯坦福大学的一位教授发现这个 GPU 不仅可以用于图形显示，而且可以用于高性能计算。目前 GPU 逐渐成熟，很多环境，节点与节点之间，就是用 MPI 技术。当时为了推动 GPU 的发展，提出了一个六大平台，除了 GPU，还有 OpenMP，它的循环性能提高。对于六大平台提出来以后，它也是日趋完善，目前已经比较成熟了。但是后来开发了 OpenACC，这为 GPU 的推广和扩展使用提供了非常便利的条件。

刚才我说了 CPU，如果我们一个人开车去送的话，我们用所有电动车去送的话，立即运行。目前 GPU 仍然遵守 486 定理。我们看到 2016 年 4 月，Nvidia 发布 Pascal 架构，峰值性能达到 1 千万次，今年又发布一块卡，达到 15T，大家知道用 CPU 到 GPU，去年的人工智能还没有用到 TPU，今年的 AlphaGo 打败柯洁用的就是 TPU，TPU 是未来发展方向，为我们深度计算，为遗传算法，为网络计算提供了便利。所以今年英美达发布的 100，除了有 15 个单个运算，还有性能非常高的 TPU，峰值达到 180T，运算非常非常发达。

大家知道人工智能发展是从游戏开始，有很多方面是从游戏开始。从 AlphaGo 之前，大家知道美国最早在 90 年代的研究生与深蓝下象棋，当时排名最前的俄罗斯的卡斯帕罗夫与深蓝下棋，大家知道人能判断十步，能判断十步的话一定是国际象棋大师，深蓝可以判断十二步，所以首次战胜人类。深蓝的运算次数是达到了 11 个 G，但是大家知道 T 是 G 的 1000 倍，当时的运算能力还不算很强。大家知道 2005 年中国收购了 IBM 的 PC 业务，是 IBM 卖掉了，不想做 PC 业务了，开始做高性能计算，研究蓝基因的运算速度达到 3 万 G，现在 3 万 G 对于我们计算机来说非常非常廉价，几百万就可以买到。现在英美达厂 100 万的卡就可以达到 12 年前的运转能力。2016 年，大家

知道韩国的棋手李世石和 AlphaGo 开始下，2017 年 AlphaGo 挑战柯洁，今年又形成了 AlphaGo0，用的是 1002 个核的 CPU，用了 500 多个 GPU，所以从这个计算深度来说，我们人类的计算能力越来越强大，人工智能正在进行。

从 AlphaGo 的围棋启示，从 AlphaGo1、AlphaGo2，到两个月以后的 AlphaGo0，过去的 1 和 2 都有国际棋谱，但是现在的 0 都没有棋谱了，计算能力很强大。所以高性能计算 1200 个 02 的 GPU，总结人工智能 AlphaGo 的启示，我们目前有数据、有算法，有高性能的计算能力。将来我们的人工智能，一个婴儿出来虽然不会表达，但是他知道他的母体是谁。通过什么呢？通过嗅觉可以刹那间感受到，而计算机识别语言是通过计算。

大家知道今年苹果发布了 iPhoneX，是 2007 年到 2017 年的一个纪念版，采用的面部识别。这个面部识别可以区分出双胞胎，同卵双胞胎，所以它的难度非常快，所以也开启了人工智能的新时代。

20 世纪还认为是一个不可解决的复杂的人工智能问题，21 世纪由于计算能力的突破，所以我们今天的人工智能也有惊人的突破。本质上就是搜索算法，大家知道搜索算法非常简单，而它改变我们人类开启人工智能的步伐。

计算机能不能超越人工智能呢？无数方面可以超越。另外群体智能，就是 3000 万棋谱的智慧，从大数据终发现知识。另外更高层次，AI 也就是人工智能可以改变世界。

这个是与社会有关的，就是 Google 计算机专家发布的 PlaNet，大家知道，我们过去都知道，就是把室外的地形、地物、地表勾画到我们的图上，我们人看到这个地图首先要去测，这个是会展中心就是会展中心，我们测的时候就知道是会展中心，所以我们在上面标注。而现在已经不是人工去测，而是航空遥感、地面摄影等等。这种识别就要采用人工智能，在过去人工智能不成熟的时候，还要用视觉来解决，而今天的人工智能，一切都有可能。

所以大家知道现在我们的手机，大家都会照相，都可以照相。而我们的照相，大家知道我们的地理位置在哪儿，时间，在你手机上照片信息位置全部有了。所以我们 Google 做了这么一个工作，将整个地球打

成无限的网络，每个网络代表一个地理。将来我们可以拍摄出来地球的影像，所以用网格的信息来叠加，来识别我们在哪个地区。

识别的结果，大家知道就是三种颜色，黄色是真实地位，绿色是人工预测位置，这个蓝色是 PlaNet 系统预测的位置。大家可以看到 PlaNet 神经网络普适性更强，可以对地貌、代表物体甚至动物和植物进行地理定位，实验表明该网络识别定位能力超过人脑。所以人工智能将机器识别图像的能力超过人类，因为人类是有极限的。所以未来人工智能，大家知道要精密定位，精密定位要做什么工作呢？首先要把卫星轨道弄清楚，而且今天要把数据下载下来。将来我们有没有可能在卫星上装一块卡，把所有的 GPS 在卫星上直接发布到用户手上，因为将来的精密定位、高精度定位再不用处理。还有一个影像的原始数据很大，将来可以加几个高性能 GPU，把信息处理完，下发到我们地面上的人，这样数据量变小了，我们的信息就变得实时了。

突破动因，目前从人工智能大数据时代，我们人类经历三次工业革命，计算机从发明到现在广泛应用只有 71 年，而 71 年当中大大推动了人类发展。如果没有计算机，我们仍然在原始时代，包括智能制造业。大家知道我们现在的建筑行业发展非常快，也是有计算机的支持。如果说南京长江大桥，20 年以后修建一座大桥，它修建的周期非常强。现在有工业化水平，有计算机的信息水平，所以我们现在的南京长江大桥，包括武汉，所有沿长江城市大桥特别多，就是采用最新的方法。过去几千年，人类认识地球，认识自然是通过科学实验。我们有数学以后，通过数学公式来归纳。第三个阶段，数学已经表达不出来了，怎么办？我们可以用数字计算出来，大家已经不仅仅是一个接受信息者，而且是一个信息发布者。刚才古德查德 (Goodchild) 教授也讲了大数据时代，而大数据时代，不光是地理位置，要和方方面面密切相连。在过去第三方算不出来的情况下，我们制造业的很多数据，生产的很多数据，要通过大数据来进行分析。所以自底向上、自顶向下进行深度学习的算法，自然语言的学习和认知计算。

人工智能，从 AlphaGo 就理解到，用人工的方法在计算机上实现智能，称为人工智能或机器智能，在

1956 年夏季达特莫斯大学的一次历史性聚会上提出人工智能。

所以按照时间划分，50 年代提出，60 年代、70 年代是一个形成期，知识应用期是 70 年代到 80 年代末，80 年代到上世纪末和本世纪初是人工智能算法的兴起，大家知道算法非常重要。因为人工智能，算法形成了三种主义，符号主义、连接主义和行为主义三大学派。人工智能技术的兴起是在本世纪初，计算能力的提升。

人工智能的兴起，主要是一个以人工智能为核心的，以自然智能、人工智能、集成智能为一体的新的智能科学技术学科正在逐步兴起并引起了人们的极大关注。主要特征有由对人工智能的单一研究走向以自然智能、人工智能、集成智能的发展。

基于重大变化的信息新环境和发展新目标的新一代人工智能，主要是指信息新环境，主要是互联网的数据、传感网的渗透、大数据的涌现和网上社区的兴起。新目标是指智能化的发展。

人工智能 2.0 主要这几个方面，从传统知识表达技术到大数据驱动知识学习，专项大数据驱动和知识指导相结合方式。从分类型处理多媒体数据，迈向跨媒体认知、学习和推理新水平。从追求智能机器到高水平的人机协同融合，走向混合型增强智能的新计算形态。从聚焦研究“个体智能”到基于互联网络的群体智能，形成在网上激发组织群众智能的技术与平台。将研究的理念从机器人转向更加广阔的智能自主系统，从而促进改造各种机械、装备和产品，走上智能道路。

大家知道，德国是一个工业国家，同样非常注重智能制造业的发展，就是将信息物理融合和自动化生产。美国也是一个靠科学技术进步发展起来的一个国家，大家知道美国在 2012 年奥巴马就提出网络理念，在前年提出先进制造，有三个目标，第一个计算能力的持续增长，第二个是通信和分析能力迅速提高，还有是机器人技术和控制系统快速进步。

中国的战略，2017 年 7 月国务院发布了《新一代人工智能发展规划》，有八项共性关键技术。国内外发展对比，这是 Gartner 公司发布的，这是中国新兴技术成熟度，国内外发展对比主要结论，5G 技术都尚处于科技诞生触发期，需要 5 到 10 年的发展才能

进入成熟期。VR 和 AR 技术能够展示令人惊讶，但是定植的价格和成本依旧高昂。

在云计算方面，大家知道过去是基于平台的服务，基于技术特征的服务，国内都是处于发展阶段，在技术上与国际先进水平还相当远。在机器学习方面，中国和全球都处于期望膨胀的高峰期，在无人驾驶技术方面距离成熟还需要至少 10 年的时间。

另外对于社会的正面影响和负面影响都有，这个 PPT 可以给大家留下。

智能化发展，大家知道总体的趋势是互联网 +、大数据 + 到人工智能 +，会成为各行各业数字化转型的重要方向。我们测绘对于社会贡献是比较有限的行业，所以我认为我们作为一个学会，我认为学会就是学术和行业的连接，协会就是一个产业与行业的连接，所以我们一个学会，两个协会，都要把我们未来的高科技发展走向渗透到产业和行业当中。

下面我做两张简单的 PPT，回顾一下测绘界发展的脉络，从传统的测绘到所谓的信息化测绘，但是测绘都没有抓住信息化时代的发展机遇，我们测绘采集的数据大多数依赖于国外的，所以我们的竞争显得无力沧桑。我们测绘对整个社会的感知没有问题，但是对认知还有问题，也就是我们从数据到信息到知识，这后半段还有差距。

技术形态，包括内容、关注手段、关注时间都发生了比较大的变化，主要体现在先进技术。在过去 20 年，全数字摄影测量、卫星导航定位、高分辨率等都推动着产业信息化，但是我们产业化程度与社会的要求还远远不够。比如说我们现在使用最广的产品就是导航，而导航产品不是我们测绘界做出来的，是导航界和互联网界做出来的，所以我们必须要将测绘与互联网连接，与其他行业连接，与新技术连接。

最后我讲一下智能测绘时代的发展战略思考。大家知道现在的智能机器人、智能社会都与地理信息分不开。我们行业从来没有向大众提供更多可用的产品，我们只为国家的事业单位，某个领域工程建设提供，而对全国人民或者全民众没有提供。所以 22 条重要观点当中，这是联合国未来的立体空间发展 22 个要点，相关的地理信息不再仅用于制图和可视化，更重要在于它的数据集成、数据分析、模拟和决策，将各种数据混合到一起进行决策分析。总的来说，数据获

取能力远远超前于采用数据解决复杂问题的能力，解决此问题需要用数据各个与人工智能或机器学习技术结合，以便高效处理复杂问题。

人工智能的进步开始改变机器与客观世界的交互方式。现阶段，主要用于诸如机器人组装的明确定义任务、先定义规则的数据分析。未来 5 到 10 年，发展趋势是机器与环境的自主与自适应交互。期望通过改进地理空间特征识别的准确度，提高航空和卫星影像解译的准确度。

从数据到信息到知识到智慧转化，我认为有三种关系密不可分。解决复杂问题的能力，以地球系统变化感知与认知为例，从感知到认知，从表征变化进入到物理变化。

智能化测绘、遥感、导航装备，从无人机到家用机器人，都需要用感知，将来自适应交互式使用。

未来的方向，是测绘机器人、移动测量机器人、飞行测量机器人等等，实现人机一体。

未来人有很多地方是到不了的，但是机器人是可以到的，各种关联的机器人，农业、工业、医学。大家知道医学为什么那么发达？是因为它密切与最新科技结合。当然我们也对我们的中医有很多微词，因为中医主要是在号脉，而目前西医用的都是现代的核磁共振、CT 等等，包括影像技术都用进去。如果我们的行业不把最高新技术用进去的话，发展是会被制约。对于行业来说，新技术对于每个行业来说都是平等的。

另外 NVIDIA 公司，全世界视觉计算机的引领。典型应用，从农业、国防、智慧城市、交通设施、土地管理、健康等等。远景是建立实时、泛在的测绘、遥感与导航理论和技术体系。

建议开展新一代信息技术下的测绘、遥感、导航技术体系的发展战略研究，推动测绘、遥感、导航产生再跃变的颠覆性理论和技术是什么。激光同样的用于医学，也解决医学非常大的问题，所以我们一定要引起大家的关注。

转载自泰伯网

推进“测绘 4.0” 实现测绘地理信息事业转型升级

肖建华，王厚之，彭清山，李海亭
(武汉市测绘研究院，湖北武汉，430022)

摘 要：随着大数据、移动互联、人工智能、云计算等现代智能技术对测绘技术的不断渗透，测绘行业发生了第四次技术革命，逐步从信息化测绘升级为智能测绘，进入“测绘 4.0”时代。在回顾测绘技术发展历程的基础上，详细诠释了“测绘 4.0”时代的主要技术；并通过具体的工作实践阐明了测绘地理信息及相关单位在推进“测绘 4.0”进程中所做的探索；最后针对测绘地理信息事业的转型升级提出了一些策略与建议，以期为测绘地理信息产业的发展提供参考。

关键词：“测绘 4.0” 泛在获取 智能处理 知识发现 按需服务

随着我国经济发展进入新常态，向形态更高级、分工更优化、结构更合理阶段深化的趋势更加明显，对转型升级的要求也更加紧迫。作为支撑我国经济社会发展的重要基础公益事业，测绘地理信息事业也面临着转型升级的机遇与挑战。“测绘 4.0”是互联网时代下的测绘地理信息体系，是测绘行业的第四次技术革命^[1]。推进“测绘 4.0”是实现测绘地理信息事业转型升级的重要技术支撑与转型基础。

1.“测绘 4.0”：现代测绘技术第四次革命

回顾历史，测绘行业一直紧跟时代步伐，利用当前各种先进技术进行转型升级。从以模拟测绘为主的“测绘 1.0”时代，到以数字测绘为主的“测绘 2.0”时代，再到以信息测绘为主的“测绘 3.0”时代，测绘技术一直与时代的先进技术紧密关联^[2]。近年来，随着测绘地理信息技术与大数据、移动互联、智能处理和云计算等高新技术的融合不断加快，测绘数据的获取方式、测绘信息的处理技术和测绘产品的提供形态已发生了深刻变革，逐步由信息化测绘升级为智能测绘，进入了“测绘 4.0”时代。各测绘发展阶段的特点对比见表 1。

“测绘 4.0”的本质是信息化、智能化与社会化相互融合的测绘新形态，实现了测绘地理信息从信息服务到知识服务的转变，以及测绘地理信息事业从专业服务走向社会化服务的转型升级。

发展阶段	时期	特点
“测绘 1.0”	20 世纪 90 年代以前	以光学测绘仪器为代表的模拟测绘阶段；生产工具笨重，作业方法陈旧，劳动强度大，工期时间长，成果形式单一
“测绘 2.0”	20 世纪 90 年代	以电子测绘仪器为代表的数字测绘阶段；3S 技术进一步融合，数字化测绘技术体系初步形成
“测绘 3.0”	21 世纪初	以地理信息服务为代表的信息化测绘阶段；测绘产品多元化，能提供实时有效的地理信息综合服务
“测绘 4.0”	近年来	以智能测绘为特征，融合大数据、移动互联、智能处理和云计算等先进智能技术，提供知识服务

表 1 测绘发展阶段的特点对比

2.“测绘 4.0”的主要技术手段

通过对“测绘 4.0”内涵的分析可知，它是测绘地理信息技术与现代信息化技术的集成，其推进与实现离不开信息化技术在测绘地理信息领域中的应用。“测绘 4.0”的主要技术手段包括大数据、移动互联、智能处理和云计算等。

2.1. 大数据

目前，随处分布的传感器正在产生越来越多的数据，世界进入了大数据时代。大数据可概括为“5V”特征：Volume（体量大）、Velocity（速度快）、Variety（模态多样）、Veracity（真伪难辨）和 Value（价值巨大）^[3-4]；前 4 个是大数据产生的难度，第 5 个是大数据产生的价值。大数据就是一块埋藏在地下的巨大宝藏，需要通过人工智能等技术对其去伪

存真、去粗取精，使其变成价值更高的知识服务。

在“测绘 4.0”时代测绘地理信息系统已经积累了大量的地理信息数据。例如，资源三号 01 星发射（2012-01-09）以来至 2016-10-20 在轨飞行 1746 天，接收原始数据总量已超过 1 PB；我国第一次全国地理国情普查历时 3 年建成了国家级地理国情数据库，数据总量达到 770TB，相当于 7 亿册 50 万字的图书。

2.2. 移动互联

移动互联是移动通信与互联网的结合，是互联网技术、平台、商业模式和应用与移动通信技术结合应用的总称。在“测绘 4.0”时代，智能手机、移动互联网等各种非专业测绘传感器通过众包的方式，产生了大量实时的自愿者地理信息，极大地提高了测绘地理信息数据的实时性与丰富性。专业测绘人员可在自愿者地理信息中，抓取感兴趣的文本、图片或视频信息，利用智能处理方法对其进行识别，并与专业的测绘地理信息数据进行匹配，提供实时性的大众与专业服务。例如，Mapillary 基于自身研发的众源平台，采集公众拍摄的带有空间参考的照片，构建了一套街景地图，且更新及时。

2.3. 智能处理

地理信息的智能处理是测绘技术发展的必然方向，借助人工智能技术可以提高地理信息的获取效率，提升地理信息应用与可视化的效果。在“测绘 4.0”时代，智能处理主要是利用人工神经网络、遗传算法、支持向量机等机器学习或深度学习算法以及 SLAM（实时定位与制图）算法对测绘地理大数据进行自动识别、数据挖掘和三维重建，快速提取地物特征、发现隐藏在大数据中的知识和还原地物模型，为社会各界提供知识服务。

2.4. 云计算

云计算是对计算能力、存储能力等计算资源进行虚拟化后，以服务方式对计算资源进行动态分配和调度。在“测绘 4.0”时代，与测绘地理信息行业最相关的云计算是遥感云和位置云^[5]。其中，遥感云是将海量遥感数据、遥感处理算法放在云计算平台上，构建一个“软件即服务”平台，用户只需选择相关数据和算法即可获得最终结果。

3.“测绘 4.0”的探索与实践

随着大数据、移动互联、智能处理和云计算等技

术的发展越来越成熟，现代化智能技术在测绘行业中的应用也不断深化。本文分别从泛在获取、智能处理、知识发现和按需服务等 4 个方面阐述各单位在测绘技术与现代化信息技术的融合中所做的部分工作，为推进“测绘 4.0”，实现测绘地理信息事业转型升级提供参考借鉴。

3.1 . 泛在获取

在“测绘 4.0”时代，需要获取的测绘地理信息数据不仅包括专业的测绘数据，还包括非专业的志愿者地理信息数据。专业的测绘数据可通过构建“空天地海”一体化的高精度实时测绘体系，实现从静态到动态、地基到天基、区域到全局、室内到室外、被动到主动的快速智能测绘^[1]；非专业的志愿者地理信息数据可通过物联网和互联网，实现整个传感器网络 and 大众用户之间的实时互动，利用多种传感器感知目标的位置、环境及变化，获取大众用户的位置数据和行为数据等，提高了专业测绘数据的丰富性，实现了从专业测绘向专业与非专业测绘结合的泛在测绘转型。

近年来，随着无人机技术的成熟，在专业测绘地理信息数据获取方面，可通过无人机实时、准确地获取城市局部的正射、倾斜或 Lidar 点云数据，大大减少了外业测绘工作量。广州市城市规划勘测设计研究院利用无人机获取了广州全市域 7434km 的倾斜摄影数据，市中心城区 1800km、精度优 10cm 的倾斜摄影数据和长州岛 40km2、精度优于 5cm 的倾斜摄影数据，为广州市的城市规划提供了最新的基础地理信息数据。

高德公司利用社会化的众源测绘地理信息数据采集模式，依靠大众用户的力量实现了高质量、低成本的非专业测绘地理信息数据的采集。通过为大众用户提供方便快捷的出行服务收集交通大数据信息，并鼓励用户发布纠错反馈信息，由高德核实后快速更新发布。在这一过程中，大众用户既是信息的使用者，又是信息的贡献者，形成一种互利的良性循环。面向城市地理空间信息数据动态持续更新的需求，武汉市测绘研究院将非专业测绘地理信息数据作为专业测绘地理信息数据采集和更新的有益补充，围绕众源测绘地理信息“发现 - 采集 - 处理 - 更新”的技术主线，提出了互联网环境下众源测绘地理信息动态更新方法；并以“勘测成果一张图”为基础平台，整合网络

地图、网页文本、视频图像等众源测绘地理空间数据，提升了“一张图”的数据更新速度和在线分析功能，增加了服务的种类和深度。

3.2. 智能处理

在“测绘 4.0”时代，无处不在的传感器每时每刻都在产生反映人类、群体、自然和城市活动的专业和非专业测绘地理信息数据，数据量从TB级到PB级、EB级甚至更大，形成测绘大数据^[3]。由于数据量巨大，人工处理耗时耗力，为了使获取的数据能快速、有效地提供服务，必须采用现代智能技术，实现自动、智能的数据处理。对专业测绘地理信息数据要实现影像自动匹配、地物自动提取等；对非专业测绘地理信息数据，要实现数据的自动抽取、清洗和融合等。为了对位置大数据进行分析处理，刘经南院士提出了一种“位置大数据分析平台”^[6]，集成了数据处理的一系列方法，包括采用地图匹配算法将轨迹数据与地图数据进行关联；采用局部位置特征提取方法获取区域静态特征、区域动态特征和个体移动等多种模式特征；在空间尺度上对位置大数据进行降维处理，通过关键分量分析自动获取其全局特征；从时空尺度上对位置大数据进行协同、关联，解决位置大数据的空间稀疏性问题。

为了快速、高效地获取和更新海量的测绘地理信息数据，武汉市测绘研究院采用低空无人机对城市影像进行快速采集，实现影像的变化检测和增量更新。例如，利用机器学习算法进行城市新旧多源影像自动匹配，从而避免了无人机影像数据处理所需进行的控制点量测工作；实现基于影像的地理信息增量的快速更新，以补充更新城市空间信息，提高测绘地理信息产品的生产效率。

由于地图导航在大众生活中的应用不断深化，各大互联网公司越来越重视地图产品在其产品体系中的作用，测绘地理信息数据的生产也逐渐由专业的测绘地理信息企事业单位向非测绘地理信息专业的公司渗透。例如，百度基于街景车获取的点云和影像数据，利用深度学习、图像识别和自动差分融合等技术，实现了全景地图自动提取道路、建筑物轮廓、警示牌及POI信息，自动化识别准确率高达95%，极大地提高了地图生产效率。

3.3. 知识发现

在“测绘 4.0”时代，测绘地理信息的价值

已发展为知识经济服务价值，要求测绘人利用优化算法、机器学习、深度学习等智能化处理方法，对测绘地理信息大数据进行分析、归纳、挖掘，发现其中隐藏的信息，为社会生产生活服务。通过对大数据的处理分析，可以得到除了传统测绘所强调的物理世界测量结果以外的更多信息，测绘地理信息服务的需求已从获取位置信息转变为获取位置信息背后更为丰富的社会信息。通过地理信息大数据的社会感知，可以更好地发现和认识世界。微软亚洲研究院正在进行的“城市计算”项目，利用人们的移动特性和地理数据，发掘城市的功能区域类型和分布，对制定合理的城市规划有着及其重要的意义。该项目还可基于人的移动性数据发现不合理道路规划；以及利用高速和环路等主干道将城市分割成区域，分析大规模车流轨迹数据在不同区域之间行驶的特征，发掘城市道路网的不足，为下一版规划的制定提供参考建议。

北京市测绘设计研究院立足传统测绘数据优势，结合不同类型的社会属性数据，如互联网数据（导航数据、社交网络数据等）、移动设备数据（手机信令、手环数据等）、传感器数据（位移传感器、速度传感器等）、社会调查数据（调查问卷、在线调查等）等，通过研发空间大数据分析模型，分析了北京市详细的建筑量与人口分布等信息，并将分析结果成功应用于多场景的城市现状评估和未来决策中，为城市体检、规划等重要工作提供决策依据。重庆市勘测院针对越来越丰富的测绘地理信息大数据，结合自然、人文、经济、规划等数据，对测绘地理信息大数据在城乡规划中的应用进行了探索，形成了一个三维地理空间环境城市用地竖向解决方案^[7]，从中发现城市用地利用变化、城市扩展方向等城市规划、土地、经济变化信息，对城市资源配置作定量定性分析，为城市发展和规划提供知识服务。

3.4. 按需服务

在“测绘 4.0”时代，测绘地理信息行业将从传统的地图产品制作转型为面向社会经济、专业建设和大众民生应用的服务行业。它将智能处理、知识发现的成果在规定的时间内及时传递到需要的用户手上，为社会中的用户提供实时的地理信息服务^[5]。

武汉市测绘研究院研发的“三规”修编基础信息平台（城市总体规划、土地利用总体规划、综合交通规划），通过搭建云存储环境，采用分布式的数据服

务管理不同部门的测绘地理信息数据（地形地貌数据、遥感影像数据、基础测绘数据、国情普查数据、地质调查数据、建筑物用地数据、公交线路数据等），在统一的数据共享管理标准的基础上，通过对数据资源的科学整合和平台建设，在不同单位、不同用户间架起沟通的桥梁。通过该平台，用户可依据权限访问各类相关专题数据和功能应用，并能灵活定制，从而实现各类数据资源的集成共享与综合利用，使信息共享由数据汇交向网络在线转变，共享手段由文件共享向数据云转变。

上海市测绘院针对海量遥感影像数据的管理和服务应用，研发了基于云计算架构的“遥感影像云服务平台”^[8]。该平台采用云计算技术，将海量遥感影像数据分布式存储在云盘，实现共享交换和下载；通过云计算的资源调度分配，可根据用户在线影像处理服务的需求，提供遥感影像的动态裁剪和拼接以及复杂遥感影像分析模型的服务。

宁波市测绘设计研究院充分结合宁波市市情，在第一次地理国情普查的基础上，建设了“宁波市地理市情普查与监测平台”。该平台整合了多尺度的国情普查数据、社会经济数据以及行业数据等，提供了实时数据支持、动态监测和历史数据时空分析等服务，以满足市政府行政决策和民生服务的需要^[9]。

4. 测绘地理信息事业转型升级的策略建议

在探讨了“测绘 4.0”的理念并示例了其实践的基础上，本文就如何推进“测绘 4.0”，实现城市测绘地理信息事业的转型升级，提出如下策略与建议：

1) 加快体制机制改革，实现职能定位转型升级。在测绘时代的演变过程中，城市测绘的生产形态、组织结构及知识价值相互继承、不断发展。从“测绘 1.0”时代的以生产为主，到“测绘 2.0”时代的以生产为主、科研为辅，到“测绘 3.0”时代的加大科研比重，引进、消化、吸收最新的信息技术、网络技术和通信技术，再到“测绘 4.0”时代的增强自身创新能力，升级成为为社会各界提供知识服务的基础公益智库，实现城市勘测职能的转型升级。

2) 加强关键技术创新，实现生产方式转型升级。目前，测绘数据获取方式已由人工采集升级为通过无人机、航空影像、移动测量车和三维激光扫描仪等进行自动采集，以及通过物联网、智能终端等互联网设备进行非专业众源地理信息数据的自动采集，从数据

获取方式到获取范围都发生了重大变化。同时，数据生产方式也由一次测绘、一次使用升级为一次测绘、多次使用。数据获取阶段，专业测绘地理信息数据与非专业测绘地理信息数据进行一次采集、信息融合，再根据用户需求进行定制化处理，通过数据挖掘、深度学习等智能方法进行数据分析挖掘，实现多次应用。

3) 深化测绘成果应用，实现服务层次转型升级。随着测绘时代的发展演变，测绘行业的服务层次也在不断升级，“测绘 1.0”时代其作为其他工作的辅助，仅提供生产劳务价值；“测绘 2.0”时代开始参与平台建设，提供技术成果价值；“测绘 3.0”时代参与决策，提供社会经济价值；“测绘 4.0”时代通过深度学习、数据挖掘等技术，提供智力支持，对测绘地理信息大数据进行深度应用，实现从提供基础测绘数据、地图产品到提供深层次知识服务价值的转型升级，为城市管理、大众生活提供智慧感知和智慧服务。

4) 加快产品标准制订，实现服务规范转型升级。在“测绘 4.0”时代，测绘新技术、新产品不断出现，但对应的标准规范仍有缺失，影响了测绘地理信息产业的升级和成果应用。测绘地理信息成果在新时期的共建共享和社会化应用，需要依靠科学、严谨的标准规范加以保障。因此，加快制订测绘新技术、新产品和新服务的标准规范，积极参与国际标准化活动，加强测绘标准宣传工作，是实现测绘地理信息服务规范转型升级的重要举措。

5) 推进示范项目建设，实现测绘事业转型升级。在“测绘 4.0”的推进过程中，要坚持示范先行，通过具体项目和具体城市的应用与示范，积累“测绘 4.0”推进中的经验教训，归纳其方法路线，发挥带头作用，带动社会各界和各城市广泛参与“测绘 4.0”，最终推进城市测绘地理信息事业的转型升级。“测绘 4.0”是集智能测绘、泛在获取与知识服务为一体的新一代测绘体系。推进“测绘 4.0”，实现测绘地理信息事业的转型升级，必将使测绘行业与城市管理、人民生活和经济服务之间产生越来越广泛的联系，使测绘地理信息真正融入到各行各业和日常生活中，为生产、生活提供更为便捷和高效的服务。

参考文献略

转载自《地理空间信息》2017年第15卷第一期

3S 技术与智能交通

李德仁¹ 李清泉^{1'2} 杨必胜^{1'2} 余建伟^{1'2}

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

(2 武汉大学交通研究中心, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要：地球空间信息技术是当前世界范围内发展最快的三大重要高新技术之一，随着其不断地发展和完善，其基础理论和技术方法已经日趋成熟，并正在从规划、国土、测绘、军事等专业应用向社会生活的众多行业和领域渗透和拓展，3S 技术在交通领域的应用已成为当前国内外研究和应用的热点。着重介绍了地球空间信息技术在道路交通领域的应用背景，阐述了 3S 技术与道路交通结合的理论支撑和技术方法，进而介绍了其在交通管理、物流管理、智能导航、交通信息服务和交通安全等方面的典型应用，并展望了 3S 技术在现代交通领域的发展前景。

关键词：3S 技术 智能交通 GIS

1. 3S 技术与现代交通

1.1. 3S 技术

地球空间信息科学 (geo-spatial information science) 起源于 20 世纪 60 年代，是包含了 GPS、GIS 和 RS 等技术，并强调与通讯、计算机技术融合的一门综合性集成技术学科。3S 技术构成了地球空间信息科学的核心，它是快速获取和更新大区域地球动态和定位信息的重要手段，通过信息处理快速再现和客观反映地球表层的状况、现象、过程及其空间分布，并深层次地探索现象、事物的形成机理及其之间的内在联系。它是地球科学的一个前沿领域，是地球信息科学的重要组成部分，是数字地球的基础 1-2。美国劳工部在 2004 年初已经将地球空间信息和纳米、生物等技术一起列为正在发展中和最具前途的三大重要高新技术。

1.2. 智能交通

交通系统维系着国民经济建设和人民生活的正常运转。城市交通需求的迅速增长，同时也带来了交通拥挤、交通事故、环境污染等一系列问题，成为困扰许多大城市发展的通病，交通拥堵已成为制约城市经济和社会发展的“瓶颈”。在我国，特别是即将召开

的 2008 年北京奥运会和 2010 年上海世博会将会对城市交通提出更高要求和重大挑战，因此，解决交通问题已迫在眉睫。

经过多年的实践，城市建设和交通管理部门已意识到单纯地进行道路基础设施建设已不可能从根本上解决目前的交通状况，相关部门也将注意力从完善交通设施和扩大路网规模逐步转移到运用高新技术来改造和管理现有交通系统，建立高效、便捷的路网管理体系来满足日益增长的交通需求。这就形成了智能交通系统 (intelligent transportation system, ITS)。ITS 是综合应用多种现代信息技术改善道路交通状况、提高交通系统运输效率、管理水平和安全状况的技术方法。

1.3. 3S 与智能交通

在智能交通系统 (ITS) 发展的过程中，3S 技术发挥的作用越来越重要，它能为 ITS 提供必要的空间数据和交通信息的获取、处理、分析以及可视化的理论和技术支持。交通地理信息系统 (GIS—T) 是地理信息系统技术在交通领域的拓展，它是构建信息化、智能化交通系统的重要基础，也是 ITS 的一个重要基础。

3S 技术为 ITS 信息采集、数据库建设提供了关键技术‘引。借助 3S 技术在处理和分析基础地理数据、路网数据等空间数据的优势，合理地组织、管理和发布交通信息将有助于提高交通系统的运行效率，降低交通事故的发生率。通过交通信息的分析和对交通数据的挖掘，掌握人们在不同时段、区域的出行规律，为交通管理部门进行交通规划、交通诱导、车流量预测提供支持，为缓解交通拥堵提供理论依据。

3S 技术在交通领域经过多年的应用与发展，正在建立适合交通系统的时空基准、时空数据模型和时空数据分析等理论基础，开创了以信息源采集、信息融合处理、交通数据挖掘、交通信息传输表达为代表的技术方法，应用于交通管理、物流管理、智能导航、交通信息位置服务和交通安全等领域。

2. 地球空间信息理论为 ITS 提供理论支撑

2.1. 时空基准

地球空间信息基准是确定一切地球空间信息几何形态和时空分布的基础 [2]。在交通领域，交通信息的位置不是由单一的坐标基准确定，而是根据应用需求配合线性参照系统 (linear referencingsystem, LRS) 共同确定。

线性参照系统主要是为解决交通网络中事件的定位和表达而设计的，通常由交通网络、线性参照方法 (linear reference methods, LRM) 和基准 3 部分组成，其核心技术是线性参照基准的建立和动态分段技术。LRM 是事件位置信息传播的有效手段，用经纬度来描述收费站的位置没有用相对于所属道路里程值更直接、更易理解，并且用坐标描述的点与路网匹配时，因精度问题往往出现偏离道路的情况，而用 LRM 描述的点能够很好地与道路匹配 [4]。因此，实现两套坐标系统的融合和高效转换是一项必要的基础工作。

同时，交通信息在空间基准的基础上引入时间维，从而确定在某一空间位置的某个时间点或时段所处的状态和包含的属性信息。时间基准结合地理或线性参照系统就构成了 ITS 的时空基准。

2.2. 时空模型

智能交通应用除了必要的时空基准支持外，同时

还需要合适的模型来存储、管理和表达与交通系统有关的多源数据，如路网几何、路网属性、路况等数据。GIS-T 数据模型经历了从平面模型到非平面模型，从基于车道模型到基于路幅 (roadway) 模型，跨越了从结点—弧段 (arc—node) 网络模型到基于定位参照体系和动态分段的数据模型的发展历程，并向三维及一体化的时空数据模型方向延伸。

平面拓扑集成数据模型是表达道路网络的一种最常用方法。结点—弧段模型能基本上表达交

通网络，同时支持最短路径算法和空间拓扑分析等功能，但也有诸多不足，如节点的表达方式增加了数据存储的冗余，弧段与属性记录只支持一对一的关系、不支持一对多的关系等 [7]。为解决平面模型的缺点，提高平面模型的应用范围，脱离平面强化限制，将平面模型扩展到非平面模型，将车道作为建模单位，发展为基于车道的数据模型，对车道中的交通流、车道转向、车道之间的连通性等问题一并考虑。虽然这种表达方式简单，易于实现，但仍有定位实时性差，成熟算法较少，数据生产困难等因素，制约了基于车道的数据模型的发展。

20 世纪 70 年代初，NCHRP 指出动态分段技术可以克服线性参照中定长分段的缺陷，使路段的长度改变以适应不同的情况，并于 1994 年提出了 NCHRP 模型。NCHRP 模型分为线性参照系统、事务数据和图形表达 3 个层次，并随后扩展为 MDLRS (multi—dimensional LRS) 模型。Dueker 和 Vrana 1992 年提出了一个线性 LRS 数据模型，并在 1997 年将其发展为 GI 丿 T 企业级数据模型。

在交通路网分析和应用中，将时间维引入现有的数据模型中也是必然。时空数据模型的研究起源于 20 世纪 70 年代，Gail Langran[8] 首次总结了 GIS 数据库应用中的时态特征，标志着 GIS 时空数据建模的正式开始，其代表性的模型主要包括强调时空状态序列的过程模型，重点描述某个事件上形成的时空因果联系的时间点模型以及面向对象的时空数据模型等 [9、10]。前面提到的 MDLRS 模型就是一个适合于基于交通要素的多维时空数据的记录、表现、应用的综合时

空一体化数据模型，它为交通系统中多维数据的集成管理和应用提供了一个框架，这方面的深入研究和应用也正在进行中。

2.3. 动态时空分析

交通信息具有多源、多维等特性，时空数据的分析理论是提供现势性交通信息服务，开展路网信息检测、更新，交通流量预测，进行移动目标管理和查询的前提。空间分析与移动数据库管理技术的发展为开展时空数据分析提供了有力支撑。

空间分析在交通领域的应用中通常需要将空间数据与交通信息结合，并融入时态特征，同时还要考虑到出行者的因素，这使得传统的空间分析理论在 3S 与交通结合的应用中需进一步扩展。

目前，交通路网可达性，基于出行者行为(activitybased)建模、分析，交通信息系统对出行行为的影响等研究，已逐步成为交通领域中时空分析的热点。

时空分析中移动目标的存储、索引和查询是开展分析应用的基础。近年来，移动数据库技术的发展，为移动目标的管理及应用提供了便捷，移动数据库领域的飞速发展，为开展交通时空数据管理与分析提供了更坚实的技术后盾。

3. 地球空间信息技术为 ITS 提供技术方法

3.1. 基于多传感器的动态信息采集

智能交通应用的数据主要包括具有地理标识的交通基础空间数据和反映道路运行状况的交通信息。基础空间数据是路网基础地理信息、逻辑网络或线路中几何位置与空间关系的几何信息、属性信息；而路况、交通规则、交通管制等非空间信息构成了路网中重要的交通信息。

以空间信息技术为支撑的交通信息获取主要利用安装了 GPS / INS 和无线通信设备的移动车辆——浮动车和高分辨率遥感影像进行采集。浮动车采集方式具有建设周期短、覆盖范围广、采集效率高、数据精度高、实时性强等优点。而将近景摄影、航空摄影、卫星遥感以及红外相机、SAR 系统、机载 LIDAR 等手段应用于交通信息的采集，对浮动车数据进行了有效

的补充，从多时相、高分辨率的航空和航天影像中进行交通要素的识别、监测，提取车辆类型、运行速度等特征，获取道路流量信息和拥堵状况等。通过地球空间信息技术采集交通信息，根据不同数据的特征、层次、状态进行筛选和融合，是对传统交通数据获取方法的重要拓展，丰富了交通数据采集的手段和方法，保证了高质量、高精度和现势性交通信息的生成。

3.2. 多源信息融合处理

信息融合 (information fusion) 是 20 世纪 80 年代发展起来的一种自动化信息综合处理技术，它充分利用多源数据的冗余性、互补性和计算机的高速运算能力与智能化技术，增加信息处理的置信度和可靠性，能够将不确定、离散、甚至相互矛盾的复杂信息转化为抑制性的解释和描述 [11]。

路网信息融合是将不同来源、层次、精度的路网信息，组织和集成多源空间数据和交通信息，处理路网特征实体间的空间与语义关系，并考虑时态性特征，将多种来源的信息整合成统一的几何分布、拓扑、语义、时态的路网信息数据集。目前，使用较多的融合方法主要有加权平均法、Kalman 滤波、Bayes 估计、Markov 链、统计决策理论、模糊逻辑、神经网络、粗糙集理论等。

交通信息源融合处理主要涉及定位参考融合、多源数据类型融合和语义融合以下几个方面：定位参考融合主要是交通信息的空间基准和线性参照进行统一便于多模态的路网管理；多源数据类型融合则是将矢量地图数据、遥感影像数据、视频录像、感应线圈信息等多种来源的数据进行集成；语义融合体现在多种数据信息的属性一致性、数据标准统一，从而满足不同应用需求，实现数据共享。

3.3. 交通数据挖掘与知识发现

数据挖掘与知识发现 (datamining andknowledge discovery, DMKD) 技术是一种有效、方便、快捷的数据分析手段，以便从海量数据中获取有用的知识以用于决策分析和管理，而与空间信息相结合已发展为一门新的学科——空间数据挖掘。

交通数据挖掘很大程度上依赖于空间数据信息，

可以将其认定为空间数据挖掘的一个特殊层面，它能有效地进行出行规律发现、交通事件探测、交通状态识别等特征级的知识发现，同时，配合实时获取的车辆状态和路况信息为动态路径规划、车辆监控管理和实时动态优化提供必要的数据级信息支持。

3.4. 交通信息发布与自适应表达

交通路网信息不同于常规的空间信息，除了具有地理参照外，还具备线性参照特征，同时具有多层次、多车道等特性。目前，用户多样化和显示终端的限制对交通路网信息的可视化表达提出了新的挑战，应用简单的图论、空间分析方法和可视化理论难以满足其分析与表达要求，而线性参考、动态分段、渐进式传输以及自适应可视化表达等技术应用到交通路网信息的传输和表达中，能更好地反映实际路网结构，抽象出路网的逻辑层次与组织方式，增强交通信息的表达效果。

线性参考和动态分段技术引入到交通信息的表达中为路网提供了明确的位置参照，解决了同一路段多个属性并存或某条道路具有分段属性等问题。而渐进式传输是采用一些数据压缩方法，实现主要的轮廓数据先传递给用户，然后辅之以细节，从而缩短用户等待时间，减轻服务器端负担，提高传输速度。

自适应可视化表达则集成了空间数据简化算法、制图综合的理论对空间对象进行几何变换和内容综合，实现无级比例尺显示，它能够根据显示终端的大小。自动确定显示的地理空间范围和内容，并对空间对象进行比例尺的无级变换，最终在显示的内容和比例尺方面取得平衡，实现细节层次模型 (level of detail, LOD) 的动态可视化。同时，能够对时空信息进行融合和符号化，实现时空信息的个性化表达。

4.3. S 技术在道路交通领域中的应用

合理运用 3S 技术，可以为交通规划和交通管理部门提供准确的交通信息和新的技术方法，为其进行道路规划、车辆引导、重点路口的监控，以及辅助决策起到至关重要的作用，集中体现于交通管理、物流管理、智能导航、交通信息服务、交通安全等应用方面，这些应用在智能交通系统所处的地位 E1 趋显著。

4.1. 道路交通管理

RS 应用于交通数据的采集和更新，通过对高分辨率、大比例尺影像的特征提取、变化检测、目标识别以及多源数据融合实现来获取现势性强的地理数据，并以此作为路网等基础地理信息的更新依据；借助 GIS 建模，配合通讯和网络技术，实现车辆和路网的动态监测，以及应急事件的快速响应和处理；依托路网信息，配合历史和实时的动态交通信息进行长、短期交通流量预测；基于路网、车辆、环境和出行者行为等因素来探索交通需求的生成机理，研究路网拥堵形成原因和传播特性，完善应急条件下的人员疏散和交通疏散理论；应用 GPS、摄影测量和遥感技术进行交通设施的病害监测，实现对桥梁、路基等交通设施的变化检测，实现对面路面病害的检测和识别，通过 GIS 将病害与路网信息关联，做到实时监测、及时维修，保障交通基础设施的安全，确保交通系统的正常运转。

4.2. 物流管理

应用 3S 技术的物流管理模式是集地图显示、车辆定位与监控、通讯传输为一体，实现以货物流为基础，信息流与货物流相互印证，对运输工具、监管区域和监管货物实行全方位、全过程有效监控和高效配送的新一代物流作业管理体系。它依托于 GIS 强大的空间分析、建模，以及便捷的查询、匹配功能，同时借助无线通信线路及 GPS 实时定位和网络 GIS 的发布功能，及时掌握物流现状。通常配备 3S 集成系统的物流监控中心不仅提供实时监控、行车记录回放、信息管理等基本功能，还提供了相关的数据库查询管理、客户在线查询等功能，更主要的是能实现物流选址、配送路线选择、成本估算等功能，从而实现库存管理、运输配送的效率最优化和利润的最大化。3S 技术在物流上的应用提高了车辆、货物和驾驶员安全系数，并在很大程度上提高了监管部门的管理、监督和服务能力。

4.3. 智能导航

据统计，2003 年我国装有导航设备的车辆仅有几百台，而 2006 年发展为上 10 万台。尽管如此，相对于拥有 3 000 万辆的汽车总数来说，我国的导航设

可以将其认定为空间数据挖掘的一个特殊层面，它能有效地进行出行规律发现、交通事件探测、交通状态识别等特征级的知识发现，同时，配合实时获取的车辆状态和路况信息为动态路径规划、车辆监控管理和实时动态优化提供必要的数据库信息支持。

3.4 交通信息发布与自适应表达

交通路网信息不同于常规的空间信息，除了具有地理参照外，还具备线性参照特征，同时具有多层次、多车道等特性。目前，用户多样化和显示终端的限制对交通路网信息的可视化表达提出了新的挑战，应用简单的图论、空间分析方法和可视化理论难以满足其分析与表达要求，而线性参考、动态分段、渐进式传输以及自适应可视化表达等技术应用到交通路网信息的传输和表达中，能更好地反映实际路网结构，抽象出路网的逻辑层次与组织方式，增强交通信息的表达效果。

线性参考和动态分段技术引入到交通信息的表达中为路网提供了明确的位置参照，解决了同一路段多个属性并存或某条道路具有分段属性等问题。而渐进式传输是采用一些数据压缩方法，实现主要的轮廓数据先传递给用户，然后辅之以细节，从而缩短用户等待时间，减轻服务器端负担，提高传输速度。

自适应可视化表达则集成了空间数据简化算法、制图综合的理论对空间对象进行几何变换和内容综合，实现无级比例尺显示，它能够根据显示终端的大小。自动确定显示的地理空间范围和内容，并对空间对象进行比例尺的无级变换，最终在显示的内容和比例尺方面取得平衡，实现细节层次模型（level of detail, LOD）的动态可视化。同时，能够对时空信息进行融合和符号化，实现时空信息的个性化表达。

4.3S 技术在道路交通领域中的应用

合理运用 3S 技术，可以为交通规划和交通管理部门提供准确的交通信息和新的技术方法，为其进行道路规划、车辆引导、重点路口的监控，以及辅助决策起到至关重要的作用，集中体现于交通管理、物流管理、智能导航、交通信息服务、交通安全等应用方面，这些应用在智能交通系统中所处的地位 E1 趋显著。

4.1. 道路交通管理

RS 应用于交通数据的采集和更新，通过对高分辨率、大比例尺影像的特征提取、变化检测、目标识别以及多源数据融合实现来获取现势性强的地理数据，并以此作为路网等基础地理信息的更新依据；借助 GIS 建模，配合通讯和网络技术，实现车辆和路网的动态监测，以及应急事件的快速响应和处理；依托路网信息，配合历史和实时的动态交通信息进行长、短期交通流量预测；基于路网、车辆、环境和出行者行为等因素来探索交通需求的生成机理，研究路网拥堵形成原因和传播特性，完善应急条件下的人员疏散和交通疏散理论；应用 GPS、摄影测量和遥感技术进行交通设施的病害监测，实现对桥梁、路基等交通设施的变化检测，实现对路面病害的检测和识别，通过 GIS 将病害与路网信息关联，做到实时监测、及时维修，保障交通基础设施的安全，确保交通系统的正常运转。

4.2. 物流管理

应用 3S 技术的物流管理模式是集地图显示、车辆定位与监控、通讯传输为一体，实现以货物流为基础，信息流与货物流相互印证，对运输工具、监管区域和监管货物实行全方位、全过程有效监控和高效配送的新一代物流作业管理体系。它依托于 GIS 强大的空间分析、建模，以及便捷的查询、匹配功能，同时借助无线通信线路及 GPS 实时定位和网络 GIS 的发布功能，及时掌握物流现状。通常配备 3S 集成系统的物流监控中心不仅提供实时监控、行车记录回放、信息管理等基本功能，还提供了相关的数据库查询管理、客户在线查询等功能，更主要的是能实现物流选址、配送路线选择、成本估算等功能，从而实现库存管理、运输配送的效率最优化和利润的最大化。3S 技术在物流上的应用提高了车辆、货物和驾驶员安全系数，并在很大程度上提高了监管部门的管理、监督和服务能力。

4.3. 智能导航

据统计，2003 年我国装有导航设备的车辆仅有几百台，而 2006 年发展为上 10 万台。尽管如此，相对于拥有 3 000 万辆的汽车总数来说，我国的导航设

被普及率不到 1%，而日本的汽车车载导航安装率高达 59%，欧美约占 25%，中国的导航产业正从发育期向高速成长期发展，特别是基于实时交通信息的智能导航系统是未来人们所希望的，具有极大的应用价值和市场前景。

车载终端通过接收卫星的定位数据，计算出车辆的当前姿态（位置、速度和状态等信息），借助 GIS 的图形界面能方便地显示 GPS 接收机所在位置并实时显示其运动目标的轨迹，利用无线通信技术接收实时交通信息，进而通过路线图或语音的方式来引导用户行驶，设定个性化的行车路线或路径规划方案，满足个性化导航需求。此外，高精度 GPS 技术的使用在很大程度上提高了车辆的定位精度；浮动车技术和高分辨率影像的应用能提高交通信息的现势性；而不少学者从用户认知、界面负载、数据传输等方面研究移动终端的可视化策略可以满足用户自适应需求。

4.4. 交通信息服务

通过车载终端和无线网络的配合，实时获取车辆的绝对或相对位置信息，从而根据用户需求为其提供与位置相关的交通信息服务或实现决策支持。交通信息服务不仅为具备车载终端用户提供了一种方便、快捷、实用的增值服务。而且，随着商业网点信息、路况信息、天气信息等多种与空间信息的融合将为所有出行用户提供功能更加强大、全面、人性化的信息服务。

4.5. 道路交通安全

3s 技术在交通安全方面的应用也越来越广泛，它与多传感器、智能识别、智能控制等技术结合，根据车身安装的传感设备、雷达、红外、摄像机等设施，通过终端系统中的电子地图和数据库，实现道路障碍的自动识别、紧急情况自动报警、道路转弯处自动转向、安全车距提示、超速提醒等多种功能的辅助驾驶。同时，可以实时接收来自道路管理部门的各种指导信息（如气象、监管等），从而保证实现安全驾驶。另外，3s 技术为通讯系统与监管、交警、消防、养护、管理、救援等连成有机的整体提供了一个集成平台，可方便地为道路管理者提供现场紧急处理、事故信息发布以

及道路养护管理等服务。

5. 发展前景

3S 技术在我国国民经济建设中地位日趋重要，已经成为国家中长期科技发展计划的重要内容，将为我国综合国力的提高、信息化社会的建设、高新技术产业的发展、和谐社会的构建起到巨大的推动作用。

5.1. 加强道路交通安全，减少能源消耗，构建节约型和谐社会

从 1994 年到 2004 年的 10 年间，全国民用汽车保有量从 941. 5 万辆增加到 2 742 万辆，年均增长 11. 3%，其中私人汽车拥有量从 205. 42 万辆增加到 1 365 万辆，10 年增长近 6 倍。与此同时，我国高速公路的通车里程也在迅速增加，预计到 2010 年将达到 8 万 km。

从上面的数据可以看出我国交通事业的飞速发展，但同时也为社会的和谐发展提出了难题：①管理好数目如此庞大的车辆，使之能够高效、顺畅地运转，需要投入大量的人力、物力，但就我国目前的情况来看，车辆与道路的信息化管理还很落后，智能交通系统只在个别地区开展试验性研究，要在全中国范围内达到车辆与道路的信息化管理还有很多工作要做；②随着车辆数目增多，交通拥堵日益严重，能源需求与消耗量增加，我们将面临新一轮的能源危机和环境污染，与我国构建节约型社会轨道相偏离。因此，交通信息化对改善我国目前以及未来的交通系统运行状况、提高资源利用率、降低能源消耗、减少环境污染、加速社会发展、构建和谐社会，都将起到举足轻重的作用。

5.2. 完善道路交通系统信息化、智能化，实现交通现代化跨越式发展

交通运输行业一直是维系着整个社会资源供求环节的重要纽带，在社会经济发展中的行业地位与日俱增，特别是在我国加入 TWO 后，随着我国经济持续高速发展，我国交通运输将面临前所未有的机遇和挑战，提高出行效率、减少交通拥堵、降低交通事故率也成为现代化交通面临的主要问题，而这些正是信息化交通的要求，智能化交通的发展方向。3S 技术以其特有的空间信息处理和空间分析能力，通过对各种交通数

据的获取、存储、管理和分析，借助于计算机技术、通讯技术的集成，开展交通应用，为现代交通朝信息化、智能化方向发展提供了技术保障，也将成为实现交通现代化跨越式发展的直接动力。

5.3. 优化道路交通基础设施,加快产业发展,促进交通经济快速增长

我国交通运输领域中，3S 技术已经开始得到重视和发展，并步入推广、运用阶段。有些城市的出租车服务、物流配送等行业已经开始利用交通地理信息系统技术对车辆进行监控跟踪、调度管理，合理分布车辆，以最快的速度响应用户的乘车请求，降低能源消耗，节省运行成本。车辆导航产品已经成为人们的一种日常电子产品，并得到越来越多用户的青睐。以 3S 技术为基础的交通地理信息产业正在形成，并将成为地理信息产业重要组成部分和新的增长点，同时也将进一步完善交通产业链，从而促进交通经济快速、稳步增长。

6. 结语

随着 3S 技术在各个领域的成功应用，为空间信息科学带来的前所未有的发展空间。作为维系国运、民生的交通事业，也应抓住空间信息科学发展的机遇，努力寻找结合的突破口，不断完善自身理论体系和关键技术，迎接智能化、信息化所赋予的挑战。3S 技术与交通的集成应用将开创新地球空间信息技术发展新的业绩，为国家的经济建设、公众服务以及和谐社会的可持续发展作出更大的贡献。

参考文献

[1] 国家遥感中心. 面向 21 世纪空间信息技术的发展趋势以及我国空间信息技术发展对策 ER3. 北京：国家遥感中心，2002 万方数据 336 武汉大学学报·信息科学版 2008 年 4 月

[2] 李德仁. 地球空间信息学及在陆地科学中的应用 [J]. 自然杂志，2006，27(6)：316—322

[3]Gewin V. Mapping Opportunities[J]. Nature，2004，427：376-377

[4] 宋孝斌. 中国城市交通可持续发展水平的综合评价与对比分析 [J]. 辽宁工程技术大学学报（社会科学版），2007，9(2)：148-150

[5] 史文中，贺志勇，张肖宁. 浅析 3S 技术集成与公路交通建设 [J]. 测绘通报，2003(3)：12—15

[6] 李清泉，左小青，谢智颖. GIS-T 线性数据模型研究现状与趋势 [J]. 武汉大学学报·信息科学版，2004，20(3)：31—35

[7]Miller H J, Shaw S L. Geographic Information System for Transportation: Principles and Applications[M]. Oxford: Oxford University Press, 200 1

[8]Langran G. A Review of Temporal Database Research and Its Use in GIS Applications[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1989(3)：215—23Z

[9] 余江峰，冯学智，都金康. 时空数据模型的研究进展评述 I-J]. 南京大学学报（自然科学版），2005，41(3)：259—267

[10] 姜晓轶，周云轩. 从空间到时间——时空数据模型研究 EJ]. 吉林大学学报（地球科学版），2006，36(3)：480—485

[11] 张汝华，杨晓光，严海. 智能交通信息特征分析与处理系统设计 EJ]. 交通运输系统工程与信息，2003，3(4)：27—33

转载自《武汉大学学报·信息科学版》2008.4

地图大数据云服务开放平台建设及其应用研究

张林，麻馨月，王宝刚

（中科宇图科技股份有限公司，北京，100101）

摘 要：地图大数据云服务平台以服务的模式，整合、分析空间地理信息和与空间相关联的信息，通过平台提供所需服务，支持各行业应用，最终达到数据共享、服务共享的目的。本文重点阐述了地图大数据云服务平台的建设内容、服务模式和应用案例，旨在说明建设地图大数据云服务平台的必要性，为地图大数据的管理、应用与发展提供支持。

引言

近年来，中国地理信息产业高速发展，2016 年总产值达到 4360 亿元，同比增长 20.1%；2017 年总产值预计达 5180 亿元，同比增长 18.8%；地理信息产业的从业人员达 60 万人左右。伴随着地理信息产业的发展，数据正以前所未有的速度在不断地增长和积累，大数据时代正大步向前迈进。大数据，目前还没有统一的定义，维基百科对其定义为：“一个超大、难以用现有常规的数据库管理技术和工具处理的数据集。”麦肯锡对其定义为：“无法在一定时间内用传统数据库软件工具对其内容进行采集、存储、管理和分析的数据集合。”大数据与海量数据有所不同，除了体量大以外，还有多样性、价值密度低和处理速度快等特点。大数据更像是一种策略而非技术，其核心理念就是以一种比以往有效得多的方式来管理海量数据并从中提取价值^[1]。

大数据中约有 80% 的数据与空间位置有关^[2]，我们称其为地图大数据。地图大数据是由空间地理信息和与空间相关联的信息共同组成的。地图大数据来源广泛、业务需求应用复杂，按照一般的方式并不能满足其数据存储、管理以及分析的需求，因此，需要云计算技术的支持。地图大数据云服务平台正是以华为云为基础设施层，着力打造地图大数据资源池和云服

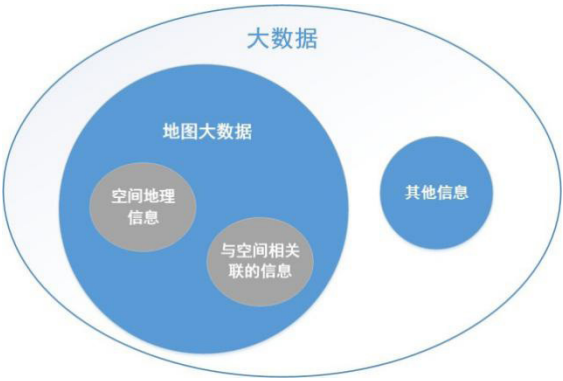


图 1 大数据与地图大数据

务平台，打破以往项目的模式，以提供服务的方式为客户提供数据和相关服务，实现数据共享、服务共享。

1. 地图大数据云服务平台建设内容

地图大数据云服务平台主要包括地图大数据资源池和地图大数据云服务平台两部分内容的建设。

1.1. 组织架构

地图大数据云服务平台通过建立统一的数据标准，整合多维、多时空的数据，利用云计算、大数据分析、数据挖掘等技术手段，为业务应用提供基础平台，其组织架构如下图所示：

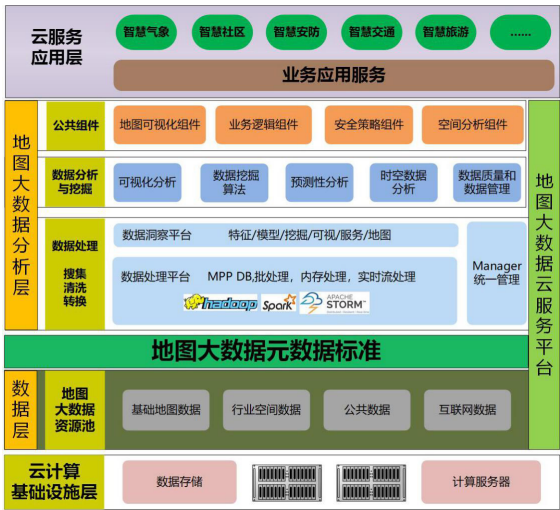


图 2 地图大数据云服务平台组织架构

由图 2 可知，地图大数据云服务平台基于华为云，构建地图大数据资源池、打造地图大数据云平台，通过数据处理、分析与挖掘来支持行业应用。

地图大数据资源池，为平台的分析、应用提供数据支撑。其构建意在解决分散的具有时空维度的大数据，涉及数据的搜集、存储、标准化、加工与服务等。地图大数据资源池由基础地图数据、行业空间数据、公共数据和互联网数据构成。

地图大数据云服务平台是共享以云计算的方式对数据进行加工和分析，以分析结果和服务的方式进行数据共享和开放，利用大数据的存储能力和分析能力，在数据和服务扩展上，达到集约管理分散异质数据资源的目的。

1.2. 地图大数据资源池

许多数据是重复的或者没有价值的，我们的任务不再是获取越来越多的数据，而是数据的去冗分类、去粗取精^[3]。地图大数据资源池中的数据正是整合了所有空间信息及与空间信息相关的数据，进行数据分析挖掘，从而获取更有价值的信息，挖掘出数据背后的潜在价值。

数据资源

地图大数据资源池中的数据包括基础地图数据、行业空间数据、公共数据和互联网数据，主要采用地

图数字化、摄影测量、遥感影像处理、外业采集、众包、网络爬取等方式获取^[4]。

(1)基础地图数据：包括矢量数据、影像数据（航拍影像、卫星影像）、三维数据（360°数据、720°数据、倾斜摄影和真三维数据，等）、全景数据和行业符号库。

(2)行业空间数据：包括位置数据（POI）和行业专题图。其中，位置数据还分为旅游景点、教育科研、体育休闲、餐饮服务、交通设施、医疗保健、生活服务、公司企业、汽车服务、商务住宅、汽车销售、购物服务、金融证券、住宿服务、汽车维修和公共场所。

(3)公共数据：包括人口库、法人库、自然资源库、宏观经济库和政府共享数据。

(4)互联网数据：包括人口流动数据、房产数据和

企业详细信息。地图大数据资源池中的数据是根据以往的项目积累下来或自行采集的，目前来看并未涵盖所有的数据，因此，地图大数据资源池建设是一个持续的工作，并且随着建设和应用的发展，数据内容和数据量会逐步丰富。

数据整合

目前，地图大数据较为分散且信息资源利用程度较低。数据整合是把在不同数据源的数据收集、整理、清洗、转换后加载到一个新的数据源，可有效解决地图大数据标准不一致、集成度低、互联性差和管理分散等问题，是地图大数据由多变少、由复杂变简单、由无序变有序的过程。实现多源数据整合的方式大致有三种：传统数据格式整合方式、间接数据整合方式、信息映射机制数据格式整合方式。简单来说，对于本身就带有坐标信息的数据，只需要将其转换为标准的 GIS 数据，通常是以 Shape（.shp 文件）格式为标准；对于带有地址信息的数据，需要使用地址解析工具得到记录的坐标位置；对于地理栅格数据，需要使用 GIS 处理软件进行地理配准、矢量化等工作^[4]。地图大数据资源池通过对数据的整合，将地图大数据进行分类管理，为数据访问提供统一接口。

数据分析挖掘

数据分析挖掘是指运用各类数据处理模型和信息技术手段，对数据资源进行深度的挖掘，从而发现其中蕴含的规律，作为管理决策的依据。数据分析挖掘实际上是数据增值的过程，将数据转化成有用的信息，来解决现实问题。以此看来，数据分析挖掘服务和大数据资源一样存在巨大的市场需求^[5]。

地图大数据分析挖掘大致可以分为三层结构：数据源、挖掘器和用户界面^[4]。数据源，指利用空间数据库或数据仓库管理系统提供的索引、查询优化等功能获取和提炼与问题领域相关的数据，或直接利用存储在空间数据立方体中的数据；挖掘器，即利用空间数据挖掘系统中的各种数据挖掘方法分析被提取的空间数据，一般采用交互方式；用户界面，即使用多种方式如可视化工具将获取的信息和发现的知识以便于用户理解和观察的方式反映给用户，用户对发现的知识进行分析和评价，并将知识提供给空间决策支持使用，或将有用的知识存入领域知识库内。地图大数据资源池将整合好的地图大数据进行深度分析挖掘，将复杂的时空关系变得简单、有条理，更好地为用户所用。

1.3. 地图大数据云服务平台

地图大数据云服务平台主要面向政府和企业。基于地图大数据资源池，搭建地图大数据云服务平台，在互联网、政务外网、政务内网三个网络中部署云平台向政府各部门、企业提供可视化、在线地图、应用专题图集、二次开发接口、运维服务等功能，满足行政管理部门、各委办局、企业对高精度地图的需求。具体功能包括：

可视化

基于地图大数据资源池，将资源池中的数据进行可视化表达，充分体现数据的时间和空间信息，不仅可以直观的展示数据，还可以通过在地图上对比、分析，挖掘出潜在的信息，实现数据增值，更全面的为各委办局、企事业单位提供数据服务。



图 3 时空数据可视化展示

在线地图

提供二维（矢量地图、遥感影像地图）、三维（真三维）、全景地图（360°全景、720°全景）的在线服务功能，对不同的行业应用建设按权限开放精细地图服务，使各行业应用能够在标准化的高精度地图基础上开展建设。

应用专题图集

基于地图大数据资源池，打造各行业应用专题图集并定期进行更新。将各行业专题图制成固定模板，将所需数据上传，实现“一键成图”。不仅展示信息全面，而且使用方便，可有效避免重复工作，大幅度提升政务服务效率。



图 4 应用专题图集

二次开发接口

为用户提供一套使用 JavaScript 语言编写的应用程序接口，可帮助快速创建功能丰富、实用的基于浏览器的地图应用。支持 Chrome、Firefox、IE9 等浏览器，支持具有 HTML5 特性的 Web 应用开发。

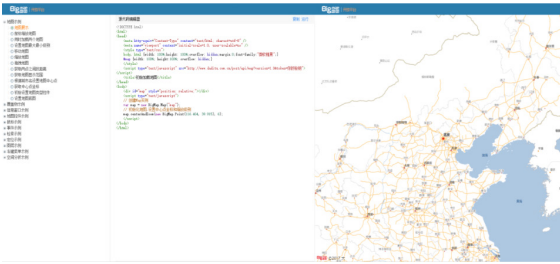


图 5 二次开发接口

运维服务

按需求可提供平台的运维服务，包括：数据更新与维护、新增数据采集、平台修复与功能完善，等等。

2. 地图大数据云服务平台采用的模式

地图大数据云服务平台采用“1+N”服务模式为用户提供服务，采用本地化运营模式和定向型应用模式促进地图大数据云服务平台持续、稳定发展。

2.1. “1+N”服务模式

地图大数据云服务平台采用“1+N”服务模式“1”是指第 1 年打造 1 个地图大数据资源池、搭建 1 个地图大数据云服务平台，建立 1 套地图大数据资源整合机制；“N”是指未来 N 年的 N 项服务，包括 N 年资源池数据更新、N 年平台运维服务、N 个委办局的定制服务、支撑 N 个行业应用等。

相比较其他模式而言，“1+N”服务模式的优势众多（1）数据集约化程度高，采取数据调用接口的模式提供数据服务，而非数据购买的方式，可节约成本；（2）应用集约化程度高，平台提供持续性服务，与用户建立长期合作关系，有益于平台的持续建设与发展；（3）用户分 N 年付款，不仅可以减缓财政压力，还可以督促提供高质量服务。

2.2. 本地化运营模式

地图大数据云服务平台采取本地化运营模式，可

根据本地的经济、文化、政治环境等因素，有针对性地提供数据、满足个性化服务需求。本地化运营模式可增加地图大数据云服务平台在当地的影响力，更容易了解当地的需求、更容易获得当地的认同、更容易把握住与当地用户的合作机会，利于平台的建设与发展。同时，本地化运营可提供 7*24 小时售后服务，增强用户满意度。因在本地的便利条件，加上资源池中的数据积累，可大大缩短建设周期。但这并不意味着平台只提供本地的数据和服务，平台会用全国范围内的地图大数据资源来支持本地化服务，致力于打造立足本地、辐射周边乃至全国的地图大数据云服务平台。

2.3. 定向型应用模式

由于地图大数据云服务平台采取本地化运营模式，便可借助本地化的便利条件，实现平台的定向型应用模式。所谓定向型，即从本地政府、相关委办局及企业拿到一手的项目规划材料，精准挖掘各项目对地图大数据的需求，如交通地图大数据、规划地图大数据、水利地图大数据等，根据项目的需求，精准提供地图大数据服务、精准拓展地图大数据云服务平台市场。定向型应用模式可提高地图大数据云服务平台的服务效率，更好地为用户服务。

3. 地图大数据云服务平台应用案例

基于地图大数据资源池中的数据资源和地图大数据云服务平台提供的服务，地图大数据云服务平台可以支持众多行业应用，方便各个行业业务系统调用地图大数据云平台中的地图服务，本文以地图大数据气象应急指挥、地图大数据治安防控指挥以及地图大数据旅游服务系统三个方面进行应用案例展示。

3.1. 地图大数据气象应急指挥

地图大数据气象应急指挥即通过整合气象业务数据、地图大数据与其他相关数据，将各数据叠加到地图上，形成与气象相关的“一张图”。通过对这“一张图”的应用与分析，达到防灾减灾和时况展示的作用。

防灾减灾

将天上系统与地上系统融合，即将气象数据、雷达数据与地图数据、其他相关数据叠加，根据气象数据、雷达数据反馈的信息，判断天气情况。如发现天上有一大片乌云，发生暴雨或冰雹的可能性很大，那么需要在地图上快速、准确地找到乌云在具体位置，结合该位置周围的信息，明确周围是否有景区、实时人口密度多大、是否有主干道、是否有高速公路，地下是否有西气东输管道等一系列信息，从而分析、确定是否有必要利用防雹弹进行人工干预，是否有必要进行疏散、撤离，避免因冰雹而发生不必要的灾害。

如确定下冰雹的概率很大，且周边有景区、主干道这些人口密度大、人流量大的区域，那么需要进行人流疏散和撤离。这时，就需要结合地质调查数据、道路交通数据、基础设施数据等来判断哪些地方土质比较松软，容易发生塌陷、山体滑坡；哪些地方交通比较畅通，合理规划快速疏散、撤离的路径；哪些地方基础设施比较健全，可保证基本生命安全。由此可以避免因自然灾害而引起次生灾害的发生，减少生命、财产的损失。

实况展示

气象部门的雷达数据几分钟更新一次，并可向后预报近半个小时的雷达数据情况。可以整合气象数据、雷达数据与地图数据，在大屏上展示不同区域的气象实时情况，给用户直观、震撼的视觉体验。同时，可以显示雷电、暴雨等强对流天气情况，做到提前预警。

3.2. 地图大数据治安防控指挥

地图大数据治安防控指挥即通过整合公安业务数据、地图大数据与其他相关数据，进行数据叠加、分析、展示，辅助实现治安防控全覆盖、无死角，有效帮助警情分析。

治安防控

整合摄像头位置数据，在地图数据、三维数据和全景数据的支持下，可以直观展示全市各个摄像头所在的具体位置及摄像头的辐射范围，据此进行增、减摄像头，在保证“全覆盖、无死角”的前提下，合理节约摄像头资源。整合摄像头的视频监控数据，实时

进行全面监控，可有效保证在危险事件发生前积极预防安全隐患；当有突发事件和应急事件发生时，借助地图数据，迅速、准确找到事件发生具体位置，并明确事件严重程度、主要责任人等相关信息，进行应急事件指挥，保证在事件发生过程中实时感知和快速响应，并保证有所依据进行事后快速调查分析。借助真三维数据和全景数据，将设施设备数据关联到具体的每一条街道，明确基础设施的具体位置、辐射范围，方便使用和调配。

整合房屋信息数据、人口信息数据、所在单位信息数据和时态数据，借助真三维数据和全景数据，将这些数据关联到每间房子，可实现“以房管人、人房关联”，快速、准确获得房子居住者的姓名、性别、年龄、学历、婚姻状况、犯罪情况、是否有宗教信仰、是否参与邪教组织等信息，有效进行综合治理，意在加强重点人口管控，全面强化重点人口、高危人群的管控工作，打造平安稳定的社会治安环境。

警情分析

整合公安业务数据与地图数据，进行犯罪热点分布分析，将盗窃、斗殴、诈骗等案件高发区域重点分配警力，实现精准、有效预防犯罪；结合区域范围警情时段平均数和现在时间段的警情发生数，对于剩余时间段警情发生概率进行预判和预警；生成重点人员的人际关系图谱，第一时间梳理警情涉及的人脉关系，有效帮助警情分析。

3.3. 地图大数据旅游服务系统

地图大数据旅游服务系统即通过整合旅游业务数据、地图大数据与其他相关数据，进行深度分析与挖掘，为旅游管理部门提供旅游信息资源分析、辅助决策功能，为社会大众提供旅游信息查询咨询服务。

辅助决策

在旅游景区闭路监控数据和地图数据的支持下，可准确掌握突发事件、安全事件、应急事件发生的具体位置，按照具体情况迅速调配人员解决问题；将卫生间等基础设施数据进行可视化处理，根据人员密集程度综合分析，判断基础设施辐射范围是否能够满足需求，并进行合理规划。综合运用信息化手段，将旅

游管理、游客服务、旅游营销等多领域数据资源进行整合，助力实现景区流程化的生产运营、精细化的企业管理、精准化的营销决策、智能化的应急指挥、人性化的游客服务和网络化的生态保护。

查询咨询

在地图数据、真三维数据和全景数据的支持下，直观展现景区情况，使用户可以足不出户看到景区全貌，包括天上、地面的所有景色及旅游景点的整体情况，进而选择感兴趣的景点前往，避免临时规划旅游路线，有效节约时间。除此之外，还可以整合景区周边酒店、饭店等相关数据，辅助游客进行景点周围基础信息的查询，可以帮助游客提前预定门票、酒店，解决旅游高峰期排队买票难、取票难等问题。

基于地图大数据资源池中的数据资源，地图大数据云服务平台可以支持众多行业应用，方便各个行业智慧应用业务系统调用地图大数据云服务平台中的地图服务，从而进行智慧应用系统建设。

4. 总结

本文重点介绍了地图大数据云服务平台的建设内容、服务模式和应用案例。地图大数据云服务平台的建设具有十分重要的意义，一是对于云计算和大数据产业发展能够产生直接的经济效益和社会效益；二是对于各行业的经济发展起到添砖加瓦的作用，利于企业 and 经济快速、均衡发展；三是对于政府的业务具有直接的支撑能力，提高政府管理效率，降低政府成本；四是助力“智慧城市”建设，改善居民生活水平。

地图大数据云服务平台是管理、应用与发展地图大数据的有效途径，是更好地服务于地图大数据的必然趋势。目前，关于地图大数据云服务平台的建设还比较少且不太成熟，但相信在不久的将来，地图大数据云服务平台会像雨后春笋般涌现，为地图大数据的管理、应用与发展提供有力支持。

参考文献

[1] 张春磊，杨小牛．大数据分析（BDA）及其在情报领域的应用 [J]．中国电子科学研究院学报，2013，8（1）：18-22.

[2] 李清泉，李德仁．大数据 GIS[J]．武汉大学学报（信息科学版），2014，39（06）：641-644+666.

[3] 甘晓，李国杰．大数据成为信息科技新观众点 [J]．中国科学报，2012.

[4] 孙世友，谢涛，姚新，等．大地图．测绘地理信息大数据应用与实践 [M]．环境科学出版社，2017.

[5] 宋梅青．融合数据分析服务的大数据交易平台研究 [J]．图书情报知识，2017（02）：13-19.

中科宇图科技股份有限公司供稿

无人机系统与人工智能

樊邦奎¹，张瑞雨²

- (1. 中国工程院，北京，100094；
- 2. 北京市信息技术研究所，北京，100094)

摘要：随着人工智能技术的迅猛发展，无人机（unmanned aerial vehicle, UAV）的发展在 21 世纪将迎来新的爆发。首先从历史发展的角度出发，综述和分析了无人机控制系统发展的各个阶段的特点；其次，着重分析无人机和无人机系统对人工智能技术的需求；最后，探讨了无人机系统对未来的潜在影响和适用性。

关键词：无人机 人工智能 技术需求 畅想

无人机 (unmanned aerial vehicle, UAV) 是一种由动力系统驱动，机上无人驾驶，可重复使用的飞行器的简称，最早出现于 1917 年，主要是军事化用途。20 世纪 90 年代起，无人机逐渐出现在民用领域，并迅速发展，因其机动灵活、任务周期短、相比航空航天飞行器成本低廉、受天气和地形的限制因素小等优点而应用于各行各业。行业应用的不同特点和不断发展的军事格局对无人机系统 (unmanned aircraft system, UAS) 提出了更高的要求。无人机系统的特点是机上无人驾驶，具有动力装置和导航模块，在一定范围内靠无线电遥控设备或计算机预编程序自主控制飞行，因此自主控制技术成为其核心关键技术。从当前阶段的发展现状来看，无人机控制系统的自动化已经解决了飞行自动控制的问题，但是还没有解决智能自主控制的问题。因此，无人机下一步产业化、全域化发展应用，必须依托人工智能技术的进步。

本文将无人机系统与人工智能技术相结合，首先介绍无人机控制系统的发展历程，然后从单机飞行智能化、多机协同智能化和任务自主智能化 3 个层面分析了无人机系统的智能化，最后畅想了未来无人机对人类的生活、生产方式和军事带来的巨大影响。

1. 无人机控制系统发展历程

关于无人机自主控制能力划分等级，最早由美国国防部于 2001 年在《无人机路线图 2000~2025》中提

出，根据无人机的自主控制能力，将无人机划分为 10 个等级。尽管美国的研究机构后来不断从多种角度更新对无人机自主控制能力的描述，但总的来说并没有脱离这 10 个等级的描述范围。表 1 列出了这 10 种等级的描述。

表 1 无人机自主控制能力等级划分 ^[9]		
Table 1 Classification of UVA Autonomous Control Ability		
等级	名称	描述
1	遥控驾驶	无人机的各种行为完全依靠人的操作。
2	实时故障诊断	无人机可以完成预编程任务，并能实时反馈无人机工作状态。
3	适应故障和飞行条件	无人机具备一定的冗余能力，适应一部分故障和外界环境变化，能完成既定任务。
4	机上航线重规划	无人机在飞行过程中能对地面威胁做出反应，重新规划航线以躲避威胁，仍能完成既定任务，具备一定的智能。
5	多机协调	多架无人机在执行任务过程中，可以根据各机的情况和任务，进行协商和最优任务分解。
6	多机战术重规划	具备多机应对突然威胁目标的功能，并对该目标和已有威胁进行排序，进行任务分配，并与其他系统分享态势信息。
7	多机战术目标	在执行任务的多架无人机中有一架核心无人机负责战术任务分配。
8	分布式控制	多架无人机中没有核心，采用分布式架构，并且有多个多无人机团队在执行任务。
9	多机战略目标	多架无人机在几乎没有人的帮助下完成战略目标，但需要有人类的监督。
10	全自主蜂群	人类对无人机的工作几乎不作指导，但仍然拥有最高权限。

在表 1 的自主控制能力等级划分的基础上，可以从控制方式角度、类比人类神经网络活动和类比人类智能活动角度，对无人机控制系统的发展作进一步分析。

1.1. 从控制方式角度

1) 手动控制。表 1 中列出的等级 1（遥控驾驶）是手动控制的典型能力。自 20 世纪初无人机诞生，至 20 世纪 50 年代左右，手动控制方式是绝大多数无人机采用的控制方式。基于这一方式，无人机完全依靠人类遥控驾驶，无人机本身仅依靠简单的陀螺

稳定，不能自编程，没有自主能力。这一阶段的典型无人机包括英国的“喉咙”遥控靶机和前苏联的“拉-17”(Л а-17)型遥控靶机。

2) 半自动或全自动控制。表1中列出的等级2(实时故障诊断)、等级3(适应故障和飞行条件)以及部分等级4(机上航线重规划)是半自动或全自动控制的典型能力。依靠惯性导航技术、卫星导航技术，以及计算机技术的快速发展，处在这一阶段的无人机系统，可以执行预编程飞行，后期能够进行航线重规划。从20世纪60年代开始，无人机的控制逐步进入了这一阶段。截至21世纪初，属于这一阶段的典型无人机代表有半自动控制的“火蜂”无人机、全自动控制的“捕食者”系列无人机、“全球鹰”“影子”“苍鹭”等。

3) 智能控制。表1中列出的等级4(机上航线重规划)，以及等级5(多机协调)至等级10(全自主蜂群)是智能控制的典型能力，具备多种手段的综合导航能力、自学习控制能力。处于这一阶段的无人机能够根据人类的目标，自动或者自主地规划、执行任务。从现在到可预见的未来，无人机会有比较长的一段时间处在这一发展阶段。但目前尚未有比较成熟的无人机系统进行作战应用，处在科研阶段的典型代表为“X-47B”“神经元”“雷神”等，以及正在发展的“蜂群”无人机系统。

1.2. 类比人类神经网络活动角度

1) 神经网络反射性行为，是指由人底层神经中枢提供反射性行为的控制，负责人体神经控制中具体行为的控制与执行。这些活动基本上不占用智能资源，活动的反应时间非常短^[1]。表1中列出的等级1(遥控驾驶)和等级2(实时故障诊断)可以类比人类的神经网络反射性行为。

2) 神经网络程序性行为，是指由人类中层神经中枢等产生下意识智能行为，提供程序性熟练行为的神经控制行为。中层神经系统具有很高的控制精度，其行为活动占用智能资源相对较少，所需的时间尺度较小，行为活动的结果具有模式化的特点^[1]。表1中列出的等级3(适应故障和飞行条件)可以类比人类的神经网络程序性行为。

3) 神经网络决策性行为，是指由人类大脑皮层产生前意识和显意识智能行为，提供推理、判断、决

策等高层次的神经控制活动，是最主要的推理决策的执行体。这一层行为活动的特点是占用智能资源多、处理时间长^[1]。表1中列出的等级4(机上航线重规划)至等级10(全自主蜂群)可以类比为人类的神经网络决策性行为。

1.3. 类比人类智能活动角度

从类比人类智能活动角度，表1中列出的控制等级还可以大致划分为单机飞行智能和多机(群体)协同智能两种。具体来说，等级1(遥控驾驶)至等级4(机上航线重规划)可以被划分为单机飞行智能类别，等级5(多机协调)至等级10(全自主蜂群)可以被划分为多机(群体)协同智能类别。

而人工智能技术正是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门学科。它研究人类的智能活动规律，构造具有一定智能的人工系统，研究如何让机器去完成以往需要人的智能才能胜任的工作。因此，人工智能技术是无人机智能自主控制的有效解决方案。

总而言之，无人机的发展，其核心是控制系统的发展。从当前阶段的发展现状来看，无人机控制系统的自动化已经解决了飞行自动控制的问题，但是还没有解决智能自主控制的问题。因此，无人机下一步产业化、全域化发展应用，必须依托人工智能技术的进步，本文认为人工智能技术必将是无人机下一步发展的颠覆性技术之首。

2. 无人机对人工智能的需求

1956年“人工智能”这一术语首次被提出。此后，人工智能技术经历了初步发展、沉寂、高速发展等多个发展阶段。特别是在2006年Geoffrey Hinton提出了深度学习方法后，人工智能技术领域出现了爆发式的发展，在搜索技术、数据挖掘、机器翻译、自然语言处理、多媒体学习、语音等相关领域都取得了丰硕的成果。毫不夸张地说，人工智能技术是21世纪最重要、最尖端的技术之一，将会对众多传统或新型的行业带来深远的影响。

无人机系统的智能化主要体现在单机飞行智能化、多机协同智能化和任务自主智能化3个层面。本文认为，在技术的实践和发展历程中，单机飞行智能化是基础，多机协同智能化是途径，任务自主智能化是发展目标。

2.1. 单机飞行智能

单机飞行智能是指面向高动态、实时、不透明的任务环境，无人机应该能够做到感知周边环境并规避障碍物、机动灵活并容错飞行、按照任务要求自主规划飞行路径、自主识别目标属性、能够用自然语言与人交流等。

也就是说，实现单机飞行智能的无人机应当具备环境感知与规避、自动目标识别、鲁棒控制、自主决策、路径规划、语义交互等能力。为实现这些能力，需要在以下关键技术方向取得突破。

1) 智能感知与规避技术，具体包括：①侦察、干扰、探测、通信一体化设计；②多源/多模信息融合处理技术；③位置信息共享技术；④环境自适应技术；⑤新型传感器技术。

例如，侦察、干扰、探测、通信一体化设计技术是利用电子侦察、信息对抗、微波遥感和通信传输这4个技术领域相近的特点，通过解决侦、干、探、通一体化机理、可重构宽频带天线、超宽带低噪复用信道等技术问题，实现侦察、干扰、探测、通信4种功能在系统架构、天线设计、信道复用、数据处理、信息融合等层面的一体化。

2) 智能路径规划技术，具体可以应用的算法包括：①蚁群算法；②神经网络算法。③粒子群算法；④遗传算法；⑤混合算法。图1给出了基于遗传算法的无人机全局航行路径规划方法原理图，通过多次迭代后获得最优的路径。

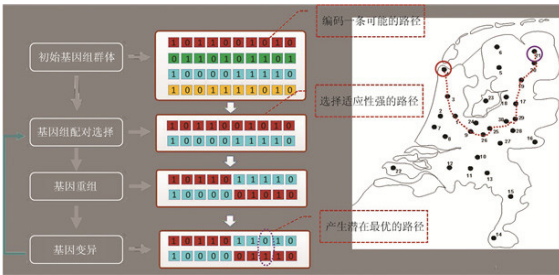


表1 测绘发展阶段的特点对比

3) 智能飞行控制技术，具体包括：①鲁棒飞控技术，重点关注容错、可重构飞行控制方法；②开放性飞控技术，重点关注飞控技术的兼容性、可扩展性；③自主决策、融合技术；④自学习和进化技术。

例如，鲁棒飞控技术是利用Kharitonov区间理

论、 H_{∞} 控制理论、结构奇异值理论(μ 理论)等提高无人机飞控系统的容错、可重构水平，提升无人机系统环境适应能力。

4) 智能空域整合技术，具体包括：①智能地基感知与规避；②智能无人机适航认证；③智能空域管理规则。

例如，智能地基感知与规避是利用布置的地面的各种传感器，对空中无人机的飞行状态进行探测，并提供空域使用建议，避免发生空中危险接近或碰撞。

5) 智能飞行器技术，具体包括：①仿生飞行器(鸟、昆虫等)；②旋翼-固定翼复合式飞机；③变体飞行器；④跨介质飞行器。

例如，跨介质飞行器就是通过飞行器的外形设计和动力系统自适应，使飞行器能够在多种不同介质中飞行，比如水下、空中或太空。

2.2. 多机协同智能

多机协同智能具体以无人机系统“蜂群”作战运用为目标，重点突破协同指挥控制技术、协同态势感知生成与评估技术、协同路径规划技术、协同语义交互技术等技术，实现无人机系统之间、无人机系统与有人作战系统之间的高度协同，达到自动控制“蜂群”中各无人系统的平台状态、交战状态、任务进度、各编队之间的协同状态的目的。

多机协同智能具体含义包括：(1) 执行任务时协同行动的能力；(2) 利用和共享跨领域UAS传感器的信息来无缝地指挥、控制和通信的能力；(3) 能够接收不同系统的数据、信息和功能服务，并使他们有效协作的能力；(4) 能够提供数据、信息和功能服务给其他有/无人系统的能力。

多机协同智能在发展过程中包括以下关键技术。

1) 协同指挥控制技术，具体包括：①大动态、自组网通信技术；②编队飞行控制技术；③控制权限分级、切换、交接技术；④任务规划与目标分配技术。

例如，任务规划与目标分配技术是根据任务信息，为需要协同的不同无人机分别进行任务规划和分配不同的任务。

2) 协同态势生成与评估技术，具体包括：①协同态势感知技术；②协同态势处理技术；③协同态势评估技术；④协同态势分发技术。

例如，协同态势感知就是利用分布在不同飞行器

上的不同传感器或相同传感器进行环境感知，形成周边态势信息。

3) 协同路径规划技术，具体指在单机智能路径规划的基础上，要根据协同内容实时调整，以保证协同的成功。

4) 协同语义交互技术，其核心是人类与无人机之间，以及无人机与无人机之间的自然语言的机器理解。

2.3. 任务自主智能

随着无人机系统的快速增长，无人机系统扮演角色的扩展，以及有人机系统和无人机系统的同步操作，对使用者造成了巨大的人力资源负担。正如美参谋长联席会议副主席詹姆斯·卡特赖特上将所说：“如今，无人机操作手坐在那里，连续几个小时盯着死亡电视，试图寻找目标或看到某些东西在动或做某些事情，以确定它是一个目标，这是人力资源的浪费，这是低效的！”^[2]

因此，如何在有限的人力资源条件下，寻求方法来提高操作效能是无人机系统使用者要努力解决的问题。提高处理能力和信息存储能力，尤其是机上预处理能力，这是有可能改变无人机系统运作方式的一种解决途径。

自主技术减少了人在操作系统中的工作量，优化了人在系统中的作用，使人的决策集中在最需要的地方。

因此，任务自主智能的发展包括了以下几种关键技术的发展和应用。

1) 语音、文字和图像的模式识别技术

模式识别是指对表征事物或现象的各种形式的信息（语音、文字和图像等）进行处理和分析，以对事物或现象进行描述、辨认、分类和解释的过程。

模式识别是人类的一项基本技能，以人类识别苹果这一简单问题为例。人类大脑都可以直接抽象出“苹果”的特征，无论是一个完整的苹果，切开一部分的苹果，还是切碎的苹果，人类都可以根据特征，迅速地做出正确的判断。如何将人脑判定“苹果”的思维模式转化为计算机可执行的可靠算法，是模式识别技术的终极目标。

2) 人工神经网络技术

以卷积神经网络、循环神经网络、递归神经网络、

长短时记忆神经网络及其训练算法等为代表的深度学习技术突飞猛进，在各种领域得到了初步应用。2015年，微软的 ResNet 系统夺得了 ImageNet 图像识别大赛的冠军，这是一个 152 层的深度神经网络，目标错误率低至 3.57%，已经低于人类的 6% 的错误率。这些成果的取得是依靠高速计算平台、大数据，经过长时间训练学习得到的，在一些固定领域有应用前景。但更需关注与人类认知过程类似的少数据、计算能力有限条件下实现的人工神经网络及其训练算法，提高人工神经网络的适应能力，拓展应用范围。图 2 给出了基于人工神经网络的目标识别概念图。

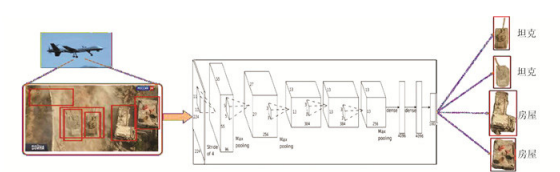


图 2 基于人工神经网络的目标识别概念图

3) 专家系统技术

专家系统是一个智能计算机程序，内部包含有大量的某个领域专家水平的知识与经验，在某一专门领域解决需要专业人才才能求解的复杂问题。它利用一个或多个专家提供的经验和知识进行推理和判断，模拟人类解决问题的决策过程。图 3 是典型的专家系统模型结构。

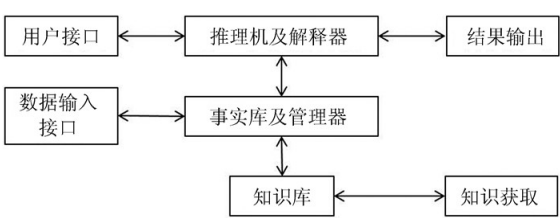


图 3 专家系统模型结构

3. 展望

从空中飞行器发展史看，无人机只比有人机晚诞生十几年，但其发展速度、普及速度远不及有人机迅速。无人机的发展主要是受限于智能控制技术的落后，但是随着以人工智能为代表的新一轮信息技术革命的突破性进展，无人机必将迎来高速发展应用的历史时刻。

在不久的将来，无人机将对人类的生产生活方式

带来巨大的影响，可以预想，无人机将改变人们的生活方式、改变行业应用模式，无人机也将改变未来战争的形式。

3.1. 无人机将改变人类生活方式^[3]

1) 无人机个性化服务将走进千家万户

目前，越来越多的家用型无人机正在抢占市场。有理由相信，结合了人工智能技术的家用无人机未来将会为普通家庭提供个性化服务。试想，在一个月明星稀的夜晚，你刚在天台凉椅躺下，一群“精灵”便飞来为你服务。一只“精灵”为你奉上热咖啡或点燃的香烟，另外一群“精灵”在空中翩翩起舞，他们会随着你的手势或语言调整工作模式。这些“精灵”即是家庭的家用无人机，可以通过分工合作满足家庭的个性化需求。

2) 无人机将成为人运动的忠诚伴侣

现阶段的运动系智能硬件主要集中为运动手环等穿戴式设备。穿戴式设备可以记录运动者的一些数据，但无法与运动者交互。而智能无人机可以发挥记录、拍摄、跟随、与外界交互、解决实际问题等作用。在你跑步、登山、航海、游泳、骑车、滑雪、漂流、自驾游等运动时，如有这样一位忠诚的伙伴追随、指导，相信运动将会更加安全、高效、有趣。

3) 无人机将颠覆传统游戏产业

电脑游戏的出现改变了一代人的娱乐方式。20 世纪 70 年末 80 年初出生的人们，一定还记得在网吧通宵达旦玩“星际争霸”的狂热。未来，无人机有望与虚拟现实、增强现实等技术相结合，有了无人机、虚拟现实、增强现实，找一片青山绿水、人烟稀少的郊野，戴上“战机头盔”，来一场虚实相间的“太空争霸”，那种体验将会颠覆所有战争类游戏。

3.2. 无人机将改变行业应用模式

1) 无人机将变身“快递小哥”

中国高铁建设成本约 1~2 亿元 /km，高速公路建设成本约每千米 4000 万元~1 亿元，且后期养护费用不菲。而低空空域适当开放，建设相应的管理手段后，利用无人机进行快递，可以减轻高速公路和高铁负担。2013 年开始，国外亚马逊、UPS 快递公司、Mattenet 公司、DHL 集团，国内顺丰速递、淘宝、京东商城等都在测试无人机快递业务，尽管技术尚待完善，但这肯定是一个新兴方向。

2) 生产线作业

随着无人机局部定位精度的提高，无人机因其三维空间运动能力，相较于普通生产线机器人具有更大的灵活性，必将在生产线作业上发挥重要作用。

3) 巡查、执法、监督

无人机可以在城市道路或高速公路上进行巡查，进行测速、查找可疑车辆等工作。例如，某一天你开车行进在高速上，一架无人机在巡查过程中发现你车辆超速行驶，马上降低高度与你并行，并提示你超速，靠边停车接受处罚。

3.3. 无人机将改变战争形式

奥巴马军事顾问机器人战争专家彼得辛格曾说“无人机为代表的机器战争将改变五千年来的战争形式，是一场‘堪比坦克发明’的军事革命”，主要表现在以下几个方面。

1) 将拉开智能机器战争的序幕

传统的机器战争是以坦克战为代表的战争，坦克战中敌对双方较量的是火力、钢铁。例如在第二次世界大战的东线战场上爆发的库尔斯克战役，在这一人类历史上最大规模的坦克会战和单日空战中，交战的德国方面损失坦克 2348 辆、飞机 2100 架、火炮约 3 000 门，苏联方面损失坦克 3064 辆、飞机 1716 架、火炮约 5000 门。

以无人机为代表的智能机器战争将完全改变传统机器战争的形式。在智能机器战争中，交战双方打的是智能，拼的是信息。例如，在美国空军研究实验室开展的无人机模拟对抗试验中，装备了人工智能的无人机多次轻松击败人类飞行员；在与智能无人机的超视距导弹对抗模拟试验中，智能无人机似乎能察觉人的意图，不仅能立即对飞行和导弹部署中的变化做出反应，还可根据需要在防守与进攻之间快速切换。

人类的视觉感知极限约为 100Hz（常规 30Hz），而机器感知（电眼）能实现每秒百万次以上感知，超越人类感知极限 1 万倍。因此，即使是当前正在发展的“机感人知”作战方式，可以预见在不远的将来，人类将成为作战环路中的瓶颈。也许在不远的将来，装备人工智能的无人战机将仿真人脑视听感知模式，利用机器感知，实现高速目标精确检测与跟踪识别，以更好地完成作战任务。

2) 将影响精确打击作战模式

未来智能机器战争中，蜂群作战系统和超高速作战系统将占据一定的作战地位。

智能化蜂群攻击是指智能地面机器人或无人机组成蜂群系统，系统内部互相协作，将多点攻击，多次、快速打击。自主选择目标、攻击形式、编队形式等。美国国防部认为，“蜂群”作战系统是一种能克敌制胜、渗透敌方防线的低成本机器人系统。在战场上无间协作的“蜂群”系统比人工系统具备更卓越的协调性、智能性和速度。更重要的是“蜂群”系统有助于降低成本，能让美国将这种系统大规模投入战场，从总体上保持美国武器的优势。

超高速攻击是指速度大于5马赫，甚至达到20马赫的高速攻击，传统防御系统面临“清零”危险。臭鼬工厂副总裁阿尔·罗米格说“速度是新的隐身手段，高超声速飞行器将成为游戏改变者”。这种武器一旦投入使用，将改变战争形态和“游戏规则”，使现有的攻防体系发生重大变革，既有的防空体系将面临被“清零”危险，将会形成新的战略威胁。

3) 强弱双方交战人员心理对比失衡

技术优势一方的作战人员坐在远离战场的控制站中，操作几百甚至几千千米外的智能武器执行任务。他们可以通过计算机屏幕清晰捕捉敌人的一举一动，发射导弹消灭他们与玩网络游戏一样，感受不到战场的硝烟与残酷。而技术弱势一方的人员则处在充满硝烟的战场上，进攻、转移、撤退。全天时、全天候、高精度的智能侦察监视，使他们无所遁形，面临随时被智能武器消灭的危险。

4) 伦理问题成为关注点

智能武器攻击的支持者认为，正是因为这些快速、智能的精确打击武器的使用，士兵们再也不用冒着生命危险，不断深入敌穴实施抓捕和猎杀行动。军事行动本身也更加高效，还节省开支。但反对者认为，机器没有权力决定人的生死，也不具备完全甄别武装人员和非武装人员的能力，特别是面对持玩具枪的儿童时^[4]。

美国机器人专家诺埃尔表示，无人机本非人类，无情绪，无感情，在发生错误而剥夺了人命，操纵无人机的幕后人员只会表示，他们发生了错误，那么应该追究设计者，还是追究授权采取袭击行动的政客，

或者是训练无人机的操作员？这是智能无人机开始大规模投入战场必须解决的一个问题^[5]。

总之，无人机发展越来越快，应用越来越广，在人工智能技术的推动下，将更加深入地改变世界。

参考文献

[1] Chen Zongji,Wei Jinzhong,Wang Yingxun, et al.UAV Autonomous Control Leves and System Structure[J].Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2011, 32(6):1075-1083(陈宗基,魏金钟,王英勋,等.无人机自主控制等级及其系统结构研究[J].航空学报,2011,32(6):1075-1083.)

[2] United States Department of Defense. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2011-2036[EB/OL].http://agris.fao.org/openagris/search.do?recordID=AV2012087990, 2012

[3] Gui Zi.Vista for Applications of Entainment Grade Unmanned Aerial Vehicals[EB/OL].http://www.50cnnet.com, 2015(桂子.娱乐性无人机应用畅想[EB/OL].http://www.50cnnet.com, 2015)

[4] Liang Yabin.Applications for the Armed Drones:Challenge and Influences[J].Foreign Comments,2014(梁亚滨.武装无人机的应用:挑战与影响[J].外交评论,2014. DOI:10.13569/j.cnki.far.2014.01.143)

[5] The Yangtze River Business.American Drones Become Cold Blood Killers[EB/OL].http://m.iamsharer.com/c/432568.htm,2013(长江商报.美国无人机成冷血杀手[EB/OL].http://m.iamsharer.com/c/432568.htm, 2013)

转载自《武汉大学学报·信息科学版》2017.11

人工智能技术在 GIS 应用中的研究

陈曦

(中山大学地理科学与规划学院, 广州, 510275)

摘要: 人工智能技术与 GIS 相结合, 能够对海量空间地理数据中的结构化和非结构化知识进行表达推理, 预测未来发展趋势, 智能化的解决复杂的现实问题。文中阐述了人工智能与 GIS 结合的研究热点, 在智能化知识推理中给出了详细解释, 并以实例具体描述了专家系统中自然语言输入到结果输出的运行过程。

关键词: 人工智能 人工神经网络 专家系统

人工智能(Artificial Intelligence)是计算机科学、控制论、信息论、神经生物学、心理学、语言学等多种学科互相渗透而发展起来的一门综合性学科;是研究解释和模拟人类智能、智能行为及其规律的一门综合性的边缘学科。它借助于计算机建造智能系统,完成诸如模式计算识别、自然语言理解、程序自动设计、定理自动证明、机器人、专家系统等应用活动;其主要任务是建立智能信息处理理论,进而设计可以展现某些近似于人类智能行为的计算系统^[1]。当前普遍的GIS系统需要完成管理大量复杂的地理数据的任务,目前, GIS技术主要侧重于解决复杂的空间数据处理与显示问题,其推广应用遇到的最大困难是缺乏足够的专题分析模型,或者说GIS的数据分析能力较弱,而这一能力的提高从根本上依赖于人工智能中的知识工程、问题求解、规划、决策、自动推理技术等的发展与应用。从这一点上讲,在不久的将来, AI在GIS系统中的应用,尤其是其智能化分析功能将大大改善传统GIS应用范围,将GIS应用提高到一个新的层次。

将AI应用到GIS中,使之能够对结构化或非结构化的知识进行表达与推理。以构成一个完整的智能化地理信息系统。通过增强其在问题求解、自动推理、决策、知识表示与使用等方面的能力,使得GIS的专

题分析模型能自动地、智能化地解决复杂的现实问题,是GIS的重要发展方向之一^[2]。

1.AI在GIS应用领域

人工智能与地理信息系统的结合,其产生的专题分析模型可以增强问题求解、自动推理、决策、知识表示与使用等方面的能力,并能够智能化的解决复杂的现实问题。具体应用领域包括生态评估、环境保护、农林土地建设、地图制图及数据获取、交通运输、通讯电力网络规划、灾害预防、养殖副业、城市规划等等。按GIS应用中涉及的具体AI方法来分,又有GIS与专家系统(ExpertSystem,ES)或基于知识的专家系统(Knowledge-based ExpertSystem,KBES)的结合, GIS与模糊推理的结合,GIS与模式识别(Pattern Recognition,PR)的结合,GIS与决策支持系统(Decision Support Sys-tem,DSS)的结合等。

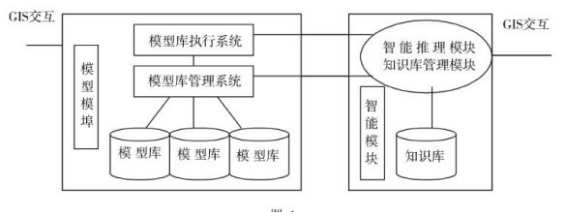
2.AI在GIS中的研究热点

现实的需求要求GIS不仅要完成管理大量复杂的地理数据的任务,更为重要的是实现与地理数据相关的分析、评价、预测和辅助决策^[3],从而解决复杂的规划和管理问题。所以,强化分析手段是拓展和深化地理信息系统应用的关键。

2.1. 空间信息智能化处理

空间分析的主要功能不是简单地从地理数据库中

通过“检索”和“查询”提取空间信息，而是利用各种空间分析模型及空间操作对空间数据进行处理，从而发现新的知识。传统的GIS模型经过智能化改进可用于描述各类地理因素主要特征并预测系统将来的发展趋势^[4]。模型如图1所示：



人工神经网络是一种用计算机去模拟生物机制的方法，是一种不确定的方法。它们不要求对事物的机制有明确的了解，系统的输出取决于系统输入和输出之间的连接权，而这些连接权的数值则是根据历史上曾经发生过的事例训练得到的，这种方式对解决机理尚不明确的问题特别有效。与传统的统计模型相比，人工神经网络和遗传算法更适合分布不明确的非线性问题。目前，比较成形的人工神经网络模型有：BP网、SOM（Self-Organization Feature Map）网、循环BP网、RBF（Radial Basic Function）网和PNN（Probabilistic Neural Network）等。BP网采用多层前向拓扑形状，由输入层、中间层和输出层组成，可用于分类、回归时间序列预测任务中。SOM神经网络模型适合对数据对象进行聚类，它的输入层由N个输入神经元组成，竞争层由m*m=M个输出神经元组成，输入层神经元与竞争层神经元之间相互连接。

地学现象的复杂性和独特性使得建立在各种理想条件之上的理论模型很难应用于实际，确定性的模型需要随着地点和时间的改变而不断修改模型参数甚至模型结构，因而在很大程度上失去了模型的普遍性。自然、社会、经济各因素的耦合使得这个复杂的系统具有一定程度的非线性和混沌特点，人工神经网络和遗传算法为建立新的空间模型提供了一条可行的方法。我们知道多层前向神经网络的最重要属性在于它能够学会任何复杂性的映射（线性、非线性），利用

这一特性可以在没有或有很少关于研究对象的领域知识的前提下，通过对大量空间数据（样本）进行学习，来建立空间要素之间的依赖关系，以满足人们对空间数学模型的需求。智能空间分析重点要解决的问题是空间知识的发现、表达与推理问题。对于描述性知识来说，符号方法仍然是一种重要的知识表达与推理手段。而对于具有大规模并行分布式结构的知识，神经网络和遗传算法则具有其它方法无可替代的优越性。空间知识的自动获取是制约空间分析发展的瓶颈。从空间数据库中发现知识的能力是评价空间信息智能化的重要标志。神经网络与遗传算法的结合使其具有较强的知识学习能力成为可能。

2.2. 空间推理

空间推理是利用空间理论和人工智能技术对空间对象进行建模、描述与表示，并据此对空间对象间的空间关系进行定性或定量分析和处理的过程。空间推理有浅层推理和深层推理之分。深层次的推理结合了人工智能技术，涉及到空间知识的获取、表达与利用，也称为基于规则知识的空间推理。知识可以从空间数据本身内在的规律提取的事实性知识，也可以是人为规定的或常识性的认知知识^[5]。

2.2.1. 知识表达

空间推理的首要前提是要讲规则知识进行识别，这就涉及到知识表达问题。在人工智能中有多种知识表达方法，如：谓词逻辑、产生式规则、单元、语义网络、概念从属、框架和脚本等。

本文中我们以框架为例实现地理知识的表达。基于框架网络结构模型的知识表达方法中心内容是采用知识的框架网络结构描述地学环境的实体单元，将各级专家知识的表示以指针链接，形成了由知识到语义的专家知识表示框架网络（图2）。该知识库由事实库、规则库和映射库组成，事实库用于存储推理需要的判断性知识以及构成信息实体的事实；规则库用于存储推理所用的专家知识和引导推理的元知识，可以用产生式规则表示；知识库中的事实和规则表面上是分开存储的，而在知识的内部表示中，使用映射库中的映射集反映规则对事实的引用和操作[6]。基于框架网

络结构模型的知识表示方法适合表示以实体为中心的多层次地理专家知识，与GIS数据模式相对应，同时框架继承性和附属过程为信息动态获取提供了方便。

在框架系统中，框架的槽分为Structure、Function、Measurement、Estimation等几类，Structure类槽表示符号语义结构相关的属性，Function类槽表示功能相关的属性，Measurement类槽表示量度方面的属性，Estimation类槽表示评价相关的属性。

例如BusinessBuilding框架在知识库中的表示如下表所示：

2.2.2. 空间推理的关键属性

Structure	Position Layer Area Building
Function	Accommodate (Business)
Measurement	$v_N: f_{Number}() f_{Building} = v_N$ $v_L: f_{Layer}() f_{Layer} = v_L$ $v_P: f_{Position}() f_{Position} = v_P$ $v_A: f_{Area}() f_{Area} = v_A$
Estimation	$f_{Number}(this) = Large$ $f_{Layer}(this) = High$ $f_{Position}(this) = Good$ $f_{Area}(this) = Big$

经过总结，空间推理具有多项属性，其中七条为必备之关键属性：

- (1) 空间推理是以空间和存在于空间中的空间对象为研究对象。我们不能脱离空间和存在于空间中的空间对象来研究空间推理。
 - (2) 在空间推理过程中运用人工智能技术方法。
 - (3) 空间推理处理的是一个或几个推理的问题。
 - (4) 空间推理是基于空间和存在于空间中的空间对象已经被建模的前提下。我们不能在没有模型的情况下讨论空间推理。
 - (5) 空间推理必须能够给出关于空间和存在于空间中的空间对象的定性或定量的推理结果。
 - (6) 空间推理必须能够描述空间行为。
 - (7) 当空间推理模型把问题分解为几个组成部分时，必须能够描述这些组成部分的相互作用。
- 2.3 地学专家系统

人工智能广泛应用于知识工程、专家系统、决策支持系统、模式识别、自然语言理解、智能机器人等方面。专家系统(Expert System, ES)是其中应用最为成熟的一个领域^[7]。专家系统在教育过程中，知识获取的瓶颈是最大的障碍之一。其核心内容是知识库和推理机制，主要组成部分是：知识库、推理机、工作数据库、用户界面、解释程序和知识获取程序，其一般结构如图3所示^[8]。GIS与专家系统结合在一起，从数据库中提取相应的数据，在知识库和规则库中提取相应的知识和规则，推理机就模拟专家的分析过程，自动处理，直到生成需要的结果。

如前所述，由于地理现象的复杂性和强烈的地域个性使系统地理学试图寻找普遍规律的努力只能停留

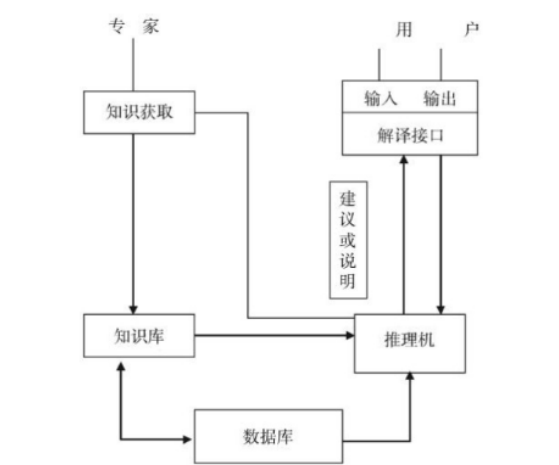


图3

在理论研究阶段，而区域地理学一般性描述无法确定性地揭示地理现象的内在规律亦无法让人们满意。地理信息系统建立的区域空间数据库是特定区域的定量反映，是个性和共性的统一，包含着大量的地学知识，可以在此基础上探讨普遍性和特殊性的地学规律。对于已经明确的规律，可以直接应用于模型分析而不必经过烦琐的推理，对机理不清的现象可以用专家系统的方法加以解决。同时地理信息系统提供的空间分析功能也为地学专家系统提供了有力的工具。

目前已有的地学专家系统如美国著名的PROSPECTOR地质勘探专家系统用于寻找矿藏；我国南京大学开发的用于寻找地下水的勘探地下水专家系

统 KCGW; 美国石油勘探专家系统 DIPMETER; 暴雨预报专家系统 WILLARD; YeeLeung 等^[9]。它们将地学专家的经验加以形式化表达并存储在知识库中, 采用贝叶斯推理机制。当用户启动系统后, 输入某一地区的观测事实及其可信度后, 系统经过推理后将推理结果以及这个结果的可信度反馈给用户, 当某一结论的可信度超过用户设置的阈值后, 则认为已推导出满足用户要求的结论。这一类属于早期编写的人工智能专家系统。近年来如翁文斌等设计的汾河防洪专家系统采用了语义网络知识库、框架知识库、槽知识库、规则知识库和目标库等来表达和存储知识, 提供知识库管理系统, 除了普通推理机外还提供了专业推理机, 是一种比较完善的地学专家系统。

2.4. 智能化规则知识推理过程

- 1) 问题识别: 对自然语言的理解。即将自然语言转变为机器指令。用户查询分析模块借助于词典的帮助, 将用户查询转化为系统内部所需要的标准形式。即对用户查询进行特征属性抽取。
- 2) 模型调用: 识别出具体任务后通过查找模型库调用若干处理模型。
- 3) 知识调用: 根据模型要求的规则知识因子或内容知识因子从知识库中调用知识, 如果该知识为规则控制知识, 则可能会触发下一级模型的调用, 触发从空间数据库中提取地物类型、空间拓扑信息、空间位置等, 为空间推理提供预备知识。具体表示为依据提取出的用户查询特征属性, 在案例库中进行检索与匹配, 利用模糊综合评判, 计算相似度, 寻找出最佳案例。如果最佳案例的相似度大于评判值 (依据经验不断修正), 则输出最佳案例的规划解决方案。否则, 继续进行规划推理。
- 4) 结果控制: 上述过程循环得出推理结果, 以文字或图形形式表示。以上过程中, 如何定位到各推理步骤所需要的相关知识及如何利用这些知识是问题的关键。规则知识以产生式方式出现, 具有 “if... then...” 的格式, 因而易于进行推理控制。

3. 实例研究

基于上述讨论, 本文设计一个景点自动选择定位

系统。用自然语言描述需要到达的景点性质进行查询, 系统则给出最佳出行线路。

整个系统是基于案例推理的。案例库中的每个案例都包括问题特征属性描述, 解决方案描述, 专家评论。依据提取出的用户查询特征属性, 在案例库中进行检索与匹配, 利用模糊综合评判, 计算相似度, 寻找出最佳案例。如果最佳案例的相似度大于评判值 (依据经验不断修正), 则输出最佳案例的规划解决方案。否则, 继续进行规划推理^[10]。

知识库以含有多元、与、或、非、蕴含等多种关系的语义网的方式表达叙述性知识。依赖于此知识库, 旅游线路选择模块将选出合理的目的场所, 组合出若干旅游线路。同样地, 使用综合评判的方法选出最佳的旅游线路。路况信息表中则存有来自交管部门的实时路况信息。

地理信息数据库中则存放着交通道路等地理信息。系统设计如图 4 所示:

该系统功能特点如此: 如果用户对推荐方案和交通线路不满意, 则将由用户查询分析模块重新对用户查询进行分析, 开始下一轮处理。如果满意, 则系统则对此过程进行学习。若是已有案例, 则结束; 否则, 就是通过规划得到方案, 则在案例库中检索与本解决方案达到了一定相似度的案例, 进行内化整合, 既加入了新的信息, 又避免了案例库的无限扩大。

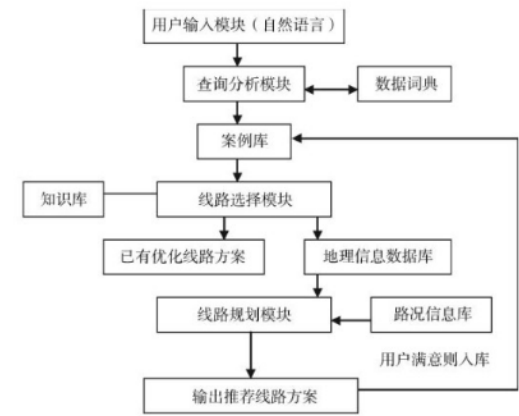


图 4

假设我们输入查询: “有革命历史意义, 并能品尝到河南风味小吃的地方”, 看看系统如何在知识库

中推荐出行线路的。

在自然语言转换过程中, 标准形式为: { 景点要求: 革命历史 } & { 饮食要求: 河南风味 }

在知识库中语义网络如图所示:

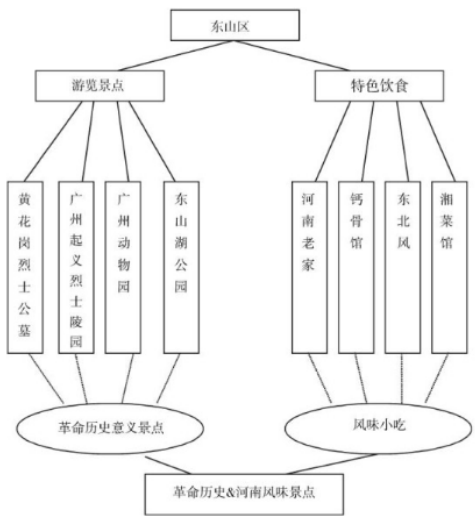


图 5

知识库查询定位之后, 接下来在规则库中可以查询到用户所在地与目标地之间的行车线路。在搜索过程中, 以当前位置与目的地的空间距离及连线朝向作为启发信息, 并以交通规则 (如是否是单行道), 路况 (是否堵车), 经济性 (如路程最短或者花费最少等), 时间要求等约束条件作为辅助的推理规则, 进行规划, 最终得到最佳路线方案。

4. 人工智能应用地理信息系统的趋势及问题

随着 AI 技术的研究日渐深入, 越来越多的人工智能技术可与地理信息系统结合开发出更具智能化人性化的系统。最近几年, 人工神经网络技术和遗传算法的应用取得了很大的成功, 相信在不久的将来, 人工智能和专家系统将 与 GPS、GIS、RS、DPS、DSS、KDD 等技术相结合, 将建立集成化、自动化的空间智能决策支持系统, 为可持续发展提供有力的技术支持。

4.1. 嵌入式发展

嵌入式系统被定义为: 以应用为中心、以计算机技术为基础、软硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统 [11]。嵌入式设计思想已经得到相当广泛的应用,

大到航空航天器, 小到儿童玩具, 都包含有嵌入式设计理念。软件系统与嵌入式系统集成是软件发展的趋势, 3S 技术与嵌入式硬件系统集成, 构成嵌入式 3S 系统, 使得智能化地理信息系统的实现更进一步。比如车载 GIS 系统, 是将 GIS 软件嵌入到汽车电子显示系统中, 再同车载 GPS 接收系统结合, 即可完成汽车实时监控, 以及汽车位置、交通信息查询。

4.2. 构建地理智能体 (GeoAgent)

GeoAgent 是利用地学知识进行推理的可进化的智能实体, 具有很强的处理地理空间数据的能力, 包括智能获取、处理、存取、搜索、表达和决策支持等, 是自主计算的分布式计算系统。GeoAgent 具有跨异构系统平台、网络带宽要求低、智能的移动计算等优点, 是实现地理智能化的基础, 具有广泛的应用前景和发展前途。地学知识库是 GIS 智能化的关键, 也是 GIS 智能化发展的 “瓶颈”。地学知识库的管理是人们注意的另一个热点。人们期望地学知识库能够像使用关系数据库一样, 可以方便地对知识单元 (知识域中不可再分的单元) 进行各种操作, 例如: 定义知识结构、消除知识冗余、查询修改和更新知识。这种想法使开发者很自然地利用起关系数据库技术构造地学知识库, 对地学知识进行管理。

随着对地学现象和地学信息认识和分析的不断深入, 原来非结构化的数据和知识可能逐步变得结构化, 可以采用一系列指标和公式加以明确表达, 从而不再需要人工智能的支持; 而新的地学现象、新的观测方式的出现, 更高层次地学规律的研究的深入, 大量的非结构化信息仍然需要有效的人工智能的支持。人工智能技术也必须能够适应表达和存储多源、多维、多尺度、时空复合的地学信息的需要, 支持地学数据融合和地学知识发现的需要。随着越来越多的地理信息系统的建立, 客观世界逐步纳入人的监测和调控范围之内。面对不断爆炸的信息量, 已经不可能单纯依靠人工去处理这些信息。采用人工智能和专家系统技术, 让计算机取代这一部分工作已势在必行, 这在很大程度上依赖于对地学信息机理的基础研究。

参考文献略

转载自《中山大学研究生学刊 (自然科学·医学版)》2007.1



HERE 公司 CEO 埃德萨德·奥弗贝：实时追踪的魅力

地理空间产业发生的最大变革就是：万物互联。正是因为世界万物均连接到了互联网中，地理空间产业才能获得各类新数据源的数据，这些数据可以辅助制图，同时产生新的位置服务。

位置技术已经触及了芯片、汽车、无人机、企业软件、交通管理系统等各个领域，它已经变得无处不在。同时，企业和城市也在挖掘他们现有地理数据的潜在价值，因为大家已经意识到，位置将成为未来多项新技术的核心，如人工智能、机器人、数据分析、量子计算。

同时，位置及位置技术也已成为下一次产业革命的核心组成部分，并将机器学习（更广泛的说是人工智能）、云计算和边缘计算融合在一起，实现更程度的自动化。自动制图领域的软件创业公司的大量涌现，充分说明了位置数据和位置技术的重要性，无论是在现在还是在将来。

地图实现自我更新和自我完善

提供静态地图产品的时代正在终结，在 HERE 公司，我们的产品正逐渐转向云端，提供实时、动态的地理空间服务，以满足用户提出的更高需求，并支持新的应用方式。

因此，自动化技术对于我们来说至关重要，在地图制作过程中，我们需要应用机器学习技术，实现地图的自我更新和自我完善。

我们从物理世界中提取信息，并对这些数据进行快速处理，再将处理结果实时整合到新地图中，最终实现版本更新。

在过去的 18 个月里，HERE 公司制图流程的自动化已经增加了两倍，到 2020 年，我们 95% 的地图更新将实现自动化。

HERE 追踪 (HERE Tracking) 是我们公司的一项特色技术之一，它将对产业供应链产生巨大的影响。利用该技术，我们能够精确、高效的追踪供应链中的一切，包括室外和室内，且都是实时的，这将极大的改变我们开发产品的方式。

此外，HERE 开放位置平台 (HERE Open Location Platform)，为企业 提供世界级的位置数据和服务。我们的地图平台是开放的，开发者可以利用该平台，创建位置相关的产品。简而言之，这个平台可以实现企业最有价值资产数据的货币化。

位置技术走向大众化

政府和企业都在开始应用新技术，但是我们的工作才刚刚开始。有很多汽车制造商、成千上万座城市、无数的按需服务提供商，他们正在使用 SMAC 理念和位置数据，构建他们的应用。【注：SMAC 理念，是以社交化 (Social)、移动化 (Mobile)、大数据分析 (Analytic)、云计算 (Cloud) 为核心，专门为企业打造完全开放、共享的创新平台】

2030 年，全球人口将达到 100 亿，但我们的资源是有限的，我们不能像现在这样，低效利用资源。我们必须利用位置技术，更有效、更安全的进行交通运输、物流运输，同时，城市和企业也都需要利用这项科技，因此，位置技术大众化将至关重要。

地理空间产业仍然没有得到全世界足够的重视，我们的责任是告诉大众，位置数据和工具对社会进步的积极意义，它可以让每次旅行都更安全、让空气更清洁、帮助企业更有效的运营等。未来，世界会面临很多挑战，尤其是气候变化方面的挑战，但我们需要保持积极的态度，运用地理空间技术来帮助解决这些问题。

我是两年前才加入 HERE 公司的，我非常了解位置数据和服务的巨大潜力，我是一个乐观主义者，我会怀着积极的态度迎接未来发生的各种可能性。



拓普康收购美国三维软件公司 ClearEdge3D

泰伯网获悉，2 月 21 日，日本拓普康公司宣布收购美国三维软件公司 ClearEdge3D，本次收购是通过其美国子公司，具体财务条款尚未公布。

据拓普康公司财报显示，拓普康的三大业务包括定位系统、智慧基础设施、眼部护理，而此前在地理信息领域的重点，多在测量仪器等硬件设备的研发上。通过此次收购，可以推断出拓普康公司未来的发展方向，或将成为地理信息软硬件一体化提供商。

能得到全球测量与建筑定位仪器领军企业的青睐，我们不难看出 ClearEdge3D 公司的实力不俗，事实也的确如此。

ClearEdge3D 公司于 2006 年成立，在自动特征提取、激光扫描和 3D 建模等方面取得了卓越的成绩，是 AEC（建筑 / 工程 / 结构）行业领域公认的软件技术领导企业。

自动特征提取使建模时间节省 70%

ClearEdge3D 公司拥有多个优秀软件产品。2009 年，公司推出了 EdgeWise Building™ 软件，用于建筑和地形建模，一经推出便迅速赢得了客户的青睐和行业声誉。2011 年，公司又发布了 EdgeWise Plant™，用于工艺制造和工厂建模，而后发布了 EdgeWise MEP™。

EdgeWise 系列软件，利用自动特征提取算法、辅助建模等技术，大大加快了三维建模工作流程，平均建模时间节省了 70%。此外，在 EdgeWise 中创建的模型，能以墙壁、地板、管道、窗户等指定的形式输出到 Autodesk Revit，因此 Revit 中不再进行重新构建或追踪。

此外，公司的 Verity 施工验证软件，可以将采集的激光扫描点云数据，与设计或制造模型进行比较，找到超出容差和安装不好的地方。

拓普康公司总裁兼 CEO 中本聪·平野 (Satoshi Hirano) 表示：“ClearEdge3D 公司拥有计算机视觉、物体识别等先进技术，已经成为 AEC 行业解决方案的先驱，这将帮助拓普康在调查和精密仪器市场获得更大的发展。”



自动特征提取使建模时间节省 70%

ClearEdge3D 公司拥有多个优秀软件产品。2009 年，公司推出了 EdgeWise Building™ 软件，用于建筑和地形建模，一经推出便迅速赢得了客户的青睐和行业声誉。2011 年，公司又发布了 EdgeWise Plant™，用于工艺制造和工厂建模，而后发布了 EdgeWise MEP™。

EdgeWise 系列软件，利用自动特征提取算法、辅助建模等技术，大大加快了三维建模工作流程，平均建模时间节省了 70%。此外，在 EdgeWise 中创建的模型，能以墙壁、地板、管道、窗户等指定的形式输出到 Autodesk Revit，因此 Revit 中不再进行重新构建或追踪。

此外，公司的 Verity 施工验证软件，可以将采集的激光扫描点云数据，与设计或制造模型进行比较，找到超出容差和安装不好的地方。

拓普康公司总裁兼 CEO 中本聪·平野 (Satoshi Hirano) 表示：“ClearEdge3D 公司拥有计算机视觉、物体识别等先进技术，已经成为 AEC 行业解决方案的先驱，这将帮助拓普康在调查和精密仪器市场获得更大的发展。”

什么是 RTK 技术

常规的 GPS 测量方法，如静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度，而 RTK 是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法，它采用了载波相位动态实时差分（Real - time kinematic）方法，是 GPS 应用的重大里程碑，它的出现为工程放样、地形测图，各种控制测量带来了新曙光，极大地提高了外业作业效率。

高精度的 GPS 测量必须采用载波相位观测值，RTK 定位技术就是基于载波相位观测值的实时动态定位技术，它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果，并达到厘米级精度。在 RTK 作业模式下，基准站通过数据链将其观测值和测站坐标信息一起传送给流动站。流动站不仅通过数据链接收来自基准站的数据，还要采集 GPS 观测数据，并在系统内组成差分观测值进行实时处理，同时给出厘米级定位结果，历时不到一秒钟。流动站可处于静止状态，也可处于运动状态；可在固定点上先进行初始化后再进入动态作业，也可在动态条件下直接开机，并在动态环境下完成周模糊度的搜索求解。在整周末知数解固定后，即可进行每个历元的实时处理，只要能够保持四颗以上卫星相位观测值的跟踪和必要的几何图形，则流动站可随时给出厘米级定位结果。

RTK 技术的关键在于数据处理技术和数据传输技术，RTK 定位时要求基准站接收机实时地把观测数据（伪距观测值，相位观测值）及已知数据传输给流动站接收机，数据量比较大，一般都要求 9600 的波特率，这在无线电上不难实现。

RTK 技术如何应用

1. 各种控制测量 传统的大地测量、工程控制测量采用三角网、导线网方法来施测，不仅费工费时，要求点间通视，而且精度分布不均匀，且在外业不知精度如何，采用常规的 GPS 静态测量、快速静态、伪动态方法，在外业测设过程中不能实时知道定位精度，如果测设完成后，回到内业处理后发现精度不合要求，还必须返测，而采用 RTK 来进行控制测量，能够实时知道定位精度，如果点位精度要求满足了，用户就可以停止观测了，而且知道观测质量如何，这样可以大大提高作业效率。如果把 RTK 用于公路控制测量、电子线路控制测量、水利工程控制测量、大地测量，则不仅可以大大减少人力强度、节省费用，而且大大提高工作效率，测一个控制点在几分钟甚至于几秒钟内就可完成。

2. 地形测图 过去测地形图时一般首先要在测区建立图根控制点，然后在图根控制点上架上全站仪或经纬仪配合小平板测图，现在发展到外业用全站仪和电子手簿配合地物编码，利用大比例尺测图软件来进行测图，甚至于发展到最近的外业电子平板测图等等，都要求在测站上测四周的地形地貌等碎部点，这些碎部点都与测站通视，而且一般要求至少 2-3 人操作，需要在拼图时一旦精度不合要求还得到外业去返测，现在采用 RTK 时，仅需一人背着仪器在要测的地形地貌碎部点呆上一二秒种，并同时输入特征编码，通过手簿可以实时知道点位精度，把一个区域测完后回到室内，由专业的软件接口就可以输出所要求的地形图，这样用 RTK 仅需一人操作，不要求点间通视，大大提高了工作效率，采用 RTK 配合电子手簿可以测设各种地形图，如普通测图、铁路线路带状地形图的测设，公路管线地形图的测设，配合测深仪可以用于测水库地形图，航 海海洋测图等等。

3. 放样程放样是测量一个应用分支，它要求通过一定方法采用一定仪器把人为设计好的点位在实地给标定出来，过去采用常规的放样方法很多，如经纬仪交会放样，全站仪的边角放样等等，一般要放样出一个设计点位时，往往需要来回移动目标，而且要 2-3 人操作，同时在放样过程中还要求点间通视情况良好，在生产应用上效率不是很高，有时放样中遇到困难的情况会借助于很多方法才能放样，如果采用 RTK 技术放样时，仅需把设计好的点位坐标输入到电子手簿中，背着 GPS 接收机，它会提醒你走到要放样点的位置，既迅速又方便，由于 GPS 是通过坐标来直接放样的，而且精度很高也很均匀，因而在外业放样中效率会大大提高，且只需一个人操作。

什么是 CORS

CORS 为 Continuously Operating Reference Stations 的英文缩写，翻译为中文为“连续运行参考站”。CORS 是利用全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System，以下简称 GNSS）、计算机、数据通信和互联网等技术，在一个城市、一个地区或一个国家根据需求按一定距离建立长年连续运行的若干个固定 GNSS 参考站组成的网络系统。连续运行参考站系统是网络 RTK（Real-Time Kinematic）系统的基础设施，（网络 RTK 也称多参考站 RTK，是近年来在常规 RTK、计算机技术、通讯网络技术的基础上发展起来的一种实时动态定位新技术。）在此基础上就可以建立起各种类型的网络 RTK 系统。

连续运行参考站系统有一个或多个数据处理中心，各个参考站点与数据处理中心之间具有网络连接，数据处理中心从参考站点采集数据，利用参考站网软件进行处理，然后向各种用户自动地发布不同类型的卫星导航原始数据和各种类型 RTK 改正数据。连续运行参考站系统能够全年 365 天，每天 24 小时连续不间断地运行，全面取代常规大地测量控制网。用户只需一台 GNSS 接收机即可进行毫米级、厘米级、分米级、米级的实时、准实时的快速定位或事后定位。全天候地支持各种类型的 GNSS 测量、定位、变形监测和放样作业。可满足覆盖区域内各种地面、空中和水上交通工具的导航、调度、自动识别和安全监控等功能，服务于高精度中短期天气状况的数值预报、变形监测、地震监测、地球动力学等。连续运行参考站系统还可以构成国家的新型大地测量动态框架体系和构成城市地区新一代动态参考站网体系。它不仅能满足各种测绘参考的需求，还能满足环境变迁动态信息监测等多种需求。



★ 宋超智理事长一行赴会员单位走访调研

为进一步推进学会为地方经济社会发展提供科技和人才支撑，助力会员单位发展。2月27日至28日，中国测绘地理信息学会理事长宋超智一行分别走访调研了中铁大桥勘测设计院集团有限公司和河南省中纬测绘规划信息工程有限公司。

在中铁大桥勘测设计院集团有限公司，宋超智一行参观了公司，观看了公司宣传片，听取了公司负责人关于公司发展历程、人才队伍、主要成就及荣誉、测绘产业发展情况等方面情况的介绍。宋超智指出，中国高铁和特大型桥梁建设是中国的国家名片，正在不断为人们生活品质的提升、为中国经济的腾飞打下坚实基础。一个个超级工程，令人叹为观止，让国人自豪。宋超智充分肯定了公司多年来取得的成绩，认为公司整体水平高，市场竞争力强。多位院士和设计大师汇集，高水平人才队伍提升了公司核心竞争力。宋超智强调，工程勘察设计，测绘是基础，测绘技术的不断发展，大大提升了测绘对经济建设的保障能力。学会作为测绘地理信息科技社团，将更加积极主动对接企业、服务企业，加大对企业的服务力度。利用学会的独特优势，发挥桥梁纽带作用，推动企业走出去，助力企业发展。

在河南焦作，宋超智一行与企业、高校、国土主管部门、地方学会等单位进行了座谈调研，听取了与会各方的情况介绍。宋超智指出，焦作测绘工作取得的成绩，离不开地方政府的支持、主管部门的担当。对河南省中纬测绘规划信息工程有限公司20年发展取得的成绩，表示祝贺。对已有百年校史的河南理工大学长期扎根焦作，支持地方经济建设，为国家及地方培养了众多优秀人才表示肯定，今后将积极支持学校发展，为学校与测绘地理信息有关单位开展合作提供帮助。宋超智表示，测绘地理信息事业的快速发展得益于国家经济社会的快速发展，得益于测绘技术装备能力和测绘人才队伍素质的提高，得益于强烈的市场需求。目前，我国测绘地理信息行业发展还受制于技术能力满足不了市场需求、创新能力不足、市场下游应用不足等。宋超智强调，在新形势下，我们需要在转型发展上下功夫，为新一轮的发展积蓄力量；需要在创新业态上下功夫，拓展新的发展领域；需要在人才培养上下功夫，培养实用型人才、培养被社会认可的人才。学会将按照国家测绘地理信息局要求，围绕国家局中心工作，积极承接政府职能转移，发挥学会平台作用，服务测绘地理信息产学研用单位，希望大家共同努力、协同发展。

在调研期间，宋超智一行还与相关省测绘地理信息局、省学会就深化合作机制、科技创新、承接政府职能转移、学会2018年重点工作等方面进行了深入的讨论。

中国测绘地理信息学会副理事长兼秘书长彭震中、相关省测绘地理信息局及省学会负责人等参加调研。

★ 中国测绘地理信息学会理事长宋超智一行走访慰问院士专家

2月26日，春节氛围尚浓。中国测绘地理信息学会理事长宋超智一行代表学会分别看望了李德仁、宁津生、张祖勋、王家耀、李建成、龚健雅等院士，送去新春祝福和节日问候。

宋超智详细询问了院士们的身体状况，亲切与院士们聊家常、谈专业，并祝愿院士们新年快乐、身体健康、阖家幸福。院士们或回忆往事，或畅谈治学追求，或建言学会工作和发展，兴致甚浓。

宋超智表示，衷心感谢院士专家在测绘地理信息领域推动科技创新作出的重要贡献和对学会各项工作的大力支持。宋超智指出，学会将进一步加强“四服务”职能定位，继续建设好测绘科技工作者之家，团结广大测绘科技工作者推动创新驱动发展。希望院士在建设世界测绘地理信息强国中进一步发挥带头人作用，带动广大测绘科技工作者们继续贡献智慧和力量，中国测绘地理信息学会将竭尽所能为之服务。

院士们感谢学会领导在新春伊始，百忙之中前来慰问，纷纷表示学会像一个温暖的大家庭，让测绘科技工作者有归属感。并希望学会在国家测绘地理信息局的领导下，进一步发挥测绘地理信息领域科技社团引领作用。

★ 宋超智：中柬测绘地理信息合作大有可为

2月6日，由国家测绘地理信息局副局长、中国测绘地理信息学会理事长宋超智率领的中国测绘地理信息代表团访问柬埔寨国土管理城市规划与建设部。该部国务秘书赞索潘会见代表团，双方就进一步加强中柬测绘地理信息双边合作进行广泛交流。

双方回顾了中国人民的老朋友西哈努克太皇同周恩来总理等中国老一辈领导人亲密交往的友好佳话，介绍了两国测绘地理信息管理机构设置和事业发展基本情况。赞索潘说，中国多年来给予柬埔寨无私的帮助，随着“一带一路”倡议的全面实施，双方合作更加深入，也为两国测绘地理信息部门合作提供了更多机会。柬埔寨希望中方在测绘地理信息人才培养、业务培训、技术交流等方面给与更多支持，提升柬方测绘能力和水平。

宋超智表示，中柬两国有着深厚的传统友谊，“一带一路”倡议的实施，使两国政府合作愈加密切，对测绘地理信息的需求也越来越旺盛，双方合作潜力巨大、大有可为。希望两国测绘地理信息部门加强交流与沟通，建立更深层次的合作关系。中方愿意协助柬方做好测绘地理信息人才培养、业务培训、先进测绘技术和设备引进等工作，积极促进测绘地理信息服务柬埔寨发展。宋超智还代表库热西局长邀请柬方参加将于今年11月在浙江德清举办的首届联合国世界地理信息大会。

★ 宋超智出席中国测绘学会2017年秘书处领导班子述职汇报会

按照国家局部署，1月4日，中国测绘学会召开了秘书处领导班子述职汇报会，国家测绘地理信息局副局长、党组成员，学会理事长宋超智听取汇报并讲话。

学会副理事长兼秘书长彭震中代表学会作2017年党建和工作报告，专职副秘书长马振福、范京生分别就各分管业务领域工作进行述职。

宋超智对学会2017年取得的成绩给予充分肯定。他指出，学会领导班子能够围绕国家局、中国科协的部署，立足测绘事业发展大局谋划和思考，发展思路 and 脉络清晰，团结带领全体干部职工开拓进取、勤政务实，取得较好工作成绩。

他要求学会新时代要有新作为，要全面学习贯彻十九大精神，用习近平新时代中国特色社会主义思想武装头脑，牢固树立四个意识，不断加强党性修养，将理论学习转化为工作动力。要树立开拓创新意识，保持昂扬的斗志和务实的作风，积极进取，不断提高学会影响力、凝聚力、感召力。新的一年要“抓重点、拔亮点、强基础、谋发展”，确保高质量完成各项工作计划，一些工作要有明显突破。他强调加强内部队伍建设和管理至关重要，要进一步明确岗位职责，人岗相适、人尽其才，让机制和制度保障“想干事、会干事的人能干成事、干好事”，同时要把工作细化分解，做到能量化、能考核，件件落地有声，杜绝“慵懒散”现象。要完善规章制度和工作流程，细化重大活动和日常工作的程序，依规治会，提高工作效率和水平。他勉励大家要发扬只争朝夕的精神，夙兴夜寐、励精图治，狠抓任务落实，开创学会工作新的局面，为把学会打造成国际一流的科技社团不懈努力。

★ 中国测绘地理信息学会第十二届一次常务理事会议在京召开

1月16日,中国测绘地理信息学会第十二届一次常务理事会议在京召开。会议深入学习贯彻党的十九大精神和习近平新时代中国特色社会主义思想,落实全国测绘地理信息工作会议和中国科协深化改革创新驱动精神,安排部署了学会2018年重点工作。国家测绘地理信息局党组成员、副局长,学会理事长宋超智主持会议并讲话。

宋超智指出,2018年是贯彻党的十九大精神的开局之年,是实施“十三五”规划承上启下的关键一年。他对进入新时代的学会工作提出三点要求:一是贯彻新思想,肩负新使命,增强本领展现新作为。学会要把学习宣传贯彻党的十九大精神作为首要政治任务,要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,团结动员广大测绘地理信息科技工作者更加紧密团结在以习近平同志为核心的党中央周围。要深刻领会全国测绘地理工作会议精神,为构建测绘地理信息“五大业务”体系,显著提升地理信息产业对国民经济的贡献率作出贡献。要增强与会员打交道的本领,多与会员交心谈心,了解他们的需求和期望,进一步把广大会员的智慧和力量凝聚起来,让会员真正感到学会是值得信赖依靠的“娘家”。要紧紧围绕十九大提出的目标任务和国家测绘地理信息局中心工作,立足学会职能和优势,找准工作切入点和着力点,努力展现新时代学会工作的新作为,建设世界一流测绘地理信息科技社团。二是拥抱新时代,践行新思想,争创学会新价值。学会工作要按照“四服务一加强”的职责定位,以“强基础、抓重点、拨亮点、谋发展”为主线,在创新中谋求发展,在改革中谋求进步。打造国际一流的学术交流平台。树立“国际视野、中国道路”的办会理念和模式,把学术年会打造成为展示测绘地理技术和产业发展的国际性权威平台。要加强和四大国际测量组织的联系,扩大在四大组织中的话语权,并在“一带一路”建设中发挥学会不可替代的作用。办好全国测绘地理信息技术装备博览会,把科技成果推广及搭建会展经济平台相结合,形成展示、宣传和交易的三合一平台。营造定向越野“城市马拉松”品牌效应,把科学普及与公众需求相结合,着力将定向越野赛打造成一流的中国测绘名片赛事。创新测绘科技奖励,在扎实做好已有评奖改革和国家奖推荐工作的同时,启动测绘地理信息科技创新型百强单位奖和青年测绘地理信息科技创新人才奖评选工作,为提升自主创新能力、建设创新型国家提供有力的支撑。提升宣传意识和本领。加强宣传平台、资源和渠道建设,突出平台内容的政治性、多样性、科普性、时效性。借助主流媒体平台,加强重点工作和重大活动宣传力度,塑造提升学会整体社会形象。强化科技与产业研究服务功能。调整和优化蓝皮书、白皮书的结构内容,形成更加权威的地理信息科技创新与产业发展年度报告。规范组织管理,加快建立并完善学会秘书处内部评价和管理机制。抓好理事会、常务理事会、分支机构建设与管理,加强对省学会的指导和服务,尽快由以往的松散型走向紧密型。积极扩大团体会员规模,发挥各方优势,深度参与学会业务与活动。提升学会信息化管理水平,做好顶层设计,加快学会各类管理服务库、资源信息库、综合管理系统等信息化建设,提升工作效率。打造新服务载体。深化服务内容,加强企会合作,充分发挥学会的桥梁纽带作用,为企业科技创新、成果转化、经营发展、国际合作等多方面需求提供多样化服务。推进测绘科普教育基地建设和管理工作,完善测绘科普教育基地工作内容和机制,管理和指导测绘科普教育基地工作,建立和完善测绘科普教育基地的评选及优胜劣汰的工作机制。强化与四大国际测绘组织的合作与交流,加强对任职专家的服务与管理。组织会员单位争取国际组织项目,参加国际组织交流活动。争取中国科协和有关政府部门国际合作支持。争取主办国际组织有影响力的大会和技术研讨会。拓展服务方式。启动测绘地理信息专业技术人才(职称)评定评价工作。积极开展培训工作。加强高校测绘类专业教育认证工作。三是站在新起点,落实新目标,树立学会新形象。群策群力,明确责任,齐抓共管,分头落实,强化纪律,奖优罚劣。学会秘书处要依法依规要做好协调和服务工作,加强与理事单位、分支机构、团体会员单位、省级学会的联系,对照重点工作及计划,制定责任分解表,加大协调、服务、监督、检查力度,保障重点工作的落实。各分支机构和常务理事单位要对照学会

2018年的重点工作,利用好单位的特点和优势,在学会的活动中发挥重要作用。同时,对理事会理事和分支机构进行监督和考核管理。

与会常务理事围绕会议议题进行了广泛讨论,提出了许多建设性意见和建议。会议认为,2018年学会工作目标明确、重点突出、内容丰富、措施有力,紧扣测绘地理信息事业发展大局,具有创新性和可操作性。会议要求,学会秘书处认真做好统筹和协调工作,抓好落实,保证全年工作按计划顺利完成。

会议以表决方式审议通过了《中国测绘地理信息学会2018年工作要点和重要会议、活动计划》《中国测绘地理信息学会单位会员管理办法》《中国测绘地理信息学会党委工作规则(试行)》《学会分支机构正、副主任委员组成建议》和《理事会有关人员任职增补事宜》等四项议案。

★ 库热西看望中国测绘地理信息学会干部职工

3月15日,国家测绘地理信息局局长库热西·买合苏提来到中国测绘地理信息学会秘书处看望全体干部职工。

库热西指出,中国测绘地理信息学会作为我国测绘领域历史最长、规模最大、最具影响力的科技社团,在学术交流、科学普及、决策咨询、成果评价、人才举荐等方面取得优异成绩,表现突出,为测绘地理信息事业发展作出了积极贡献。

库热西说,国务院机构改革为测绘事业发展提供了更高更广阔的平台,也为学会发展提供了新机遇,学会要认真研究,做好准备,根据自身职能和发展要求,继续服务好广大测绘科技工作者,争取承担有关政府职能转移工作,创新社会化服务,在未来科技创新、产业发展中发挥更大作用。

中国测绘地理信息学会理事长宋超智表示,中国测绘地理信息学会作为全国测绘地理信息行业中最大的科技社团,坚决拥护党中央国务院的机构改革举措,努力凝聚科技力量、促进科技创新,推动测绘地理信息转型升级。不断创新工作思路、工作模式、工作载体、工作方法,在改革中谋求发展,继续为测绘地理信息事业辉煌发展做出应有贡献,不辜负领导和同行的期望,为建设世界一流的测绘地理信息科技社团而奋斗。

★ 新疆测绘地理信息学会荣获“自治区学会先进集体”和“学会工作先进个人”荣誉称号

近日,新疆科学技术协会召开八届六次全委会议,会上通报表彰了40个自治区先进学会(协会、研究会)和62名学会工作先进个人。

新疆测绘地理信息学会2017年紧紧围绕新疆社会稳定和长治久安总目标,坚持繁荣学术交流与促进学会发展并重,在服务科技创新、开展科学普及、承接政府转移职能、促进科技评选奖励和加强自身建设等方面取得了较好成绩,经新疆科协考核评估,被授予“自治区学会先进集体”荣誉称号,新疆测绘地理信息学会常务副理事长刘涛被评为“学会工作先进个人”。

★ 吉林两项测绘地理信息法规规章列入省政府年度立法计划

近日，吉林省政府发布 2018 年立法工作计划，《吉林省测绘地理信息条例》和《吉林省地图管理办法》两项测绘地理信息法规规章名列其中。

《吉林省测绘地理信息条例》是省政府 2018 年计划完成立法的 8 件地方性法规之一。吉林省测绘地理信息局作为起草单位，成立了法制工作领导小组，随省人大、省法制办到甘肃、云南进行调研，与省法制办开展省内立法调研工作，前后对草案进行了 4 次修改完善。与现行的《吉林省测绘条例》相比，《吉林省测绘地理信息条例（草案）》贯彻落实新修订的《测绘法》，结合吉林省实际新增了地理国情监测、地理信息共享、地理信息公共服务、版图意识教育的相关条款，整合了测绘地理信息基础设施管理内容，明确了卫星导航定位基准站的备案要求，明晰了测绘地理信息监理工程师和注册测绘师的管理要求，为贯彻落实“十三五”规划重点工作、推动测绘地理信息事业发展、全面深化“放管服”改革工作提供了法制保障。

《吉林省地图管理办法》被列入省政府 2018 年立法工作计划调研论证部分。这部分的立法项目是立法基础较好、条件相对成熟的项目。《吉林省地图管理办法（草案）》以《吉林省地图编制出版管理办法》为基础，贯彻落实《地图管理条例》，确立了统一监管体制，扩展地图管理内容，强化事中事后监管，规范互联网地图服务，促进地理信息产业发展，维护国家主权、安全和发展利益等方面的内容。规章出台后将对深化管理体制、强化地图市场管理、保障地理信息安全具有重要意义。

★ 重庆市地理信息中心、重庆大学、武汉大学联合创建遥感人工智能应用技术研究中心

2 月 2 日，由重庆大学、武汉大学两所“双一流”大学与重庆市地理信息中心联合创建的遥感人工智能应用技术研究中心（以下简称研究中心）揭牌仪式在重庆市规划测绘创新基地举行，研究中心正式成立。

研究中心是由重庆市地理信息中心牵头，以重庆大学和武汉大学遥感信息工程学院的研发力量为依托，三方联合创立的，旨在打造国际知名、行业领先的遥感人工智能应用技术研发平台。研究中心以市级科技研发平台为定位，主要从事遥感影像智能分析、地理信息大数据挖掘、遥感影像处理等方面的技术研究和系统开发，同时依托重庆市地理信息中心博士后科研工作站开展人才培养工作。

研究中心的成立是对国务院印发的《新一代人工智能发展规划》和重庆市委市政府提出的“以智能化为引领的创新驱动发展战略行动计划”的具体落实，对进一步推进全市经济社会建设向智能化转型升级具有重要的促进意义。下一步，以研究中心为载体，三方还将建立完善研究中心工作规章制度，建立三方定期互访机制，大力开展人才联合培养、人工智能技术转化与应用推广；并在遥感数据智能处理和智能分析研究、时空地理信息大数据智能化挖掘与分析研究开展深度合作，积极与重庆市委市政府提出的“以智能化为引领的创新驱动发展战略行动计划”充分结合，推动互联网、大数据、遥感人工智能的融合，促进遥感人工智能技术在全市各行业的深度应用，全面服务重庆市社会经济发展。

揭牌仪式后，中国工程院院士、武汉大学副校长李建成以《人工智能与测绘学科发展》为题，从计算机发展历程入手，在测绘学科变革、人工智能进展以及两者之间的关联等方面为大家作了精彩的阐述；重庆大学常务副校长杨丹以《重庆大学人工智能前期基础及下一步计划》为题，为大家介绍了重庆大学的人工智能研究情况及下一步计划。

重庆市发改委、市规划局、市科委、市经信委、市旅游发展委、市公安局、市环保局、市水利局、市林业局、市扶贫办、中国科学院重庆绿色智能技术研究院等市级相关部门、高校和科研院所相关负责人参加揭牌仪式。

★ 全球首个无缝导航示范区建设在武汉启动

2 月 6 日，武汉大学、武汉市江汉区人民政府和武汉市测绘研究院在武汉组织召开了科技成果转化暨院士项目“全球首个无缝导航示范区”建设启动会。会议签署了《测绘地理信息科技成果转化及产业培育战略合作框架协议》，旨在推动“3S”院士成果转化及产业化示范基地建设，促进科技成果转化暨院士项目落地，打造武汉市江汉区地理信息产业带动形成新的产业链和产业集群、人才集群和成果转化的应用示范区。中国工程院院士宁津生，武汉大学副校长、中国工程院院士李建成出席会议。

全球首个无缝导航示范区是在武汉市江汉区 28.28 平方千米范围内建设基于高精度室内外定位以及云计算、大数据、物联网和 GIS 等技术的室内外一体化无缝导航体系，为辖区内大型复杂公共场所提供优于 1 米的导航服务，以满足市民在室内（或地下）空间出行、购物、停车找车，以及大型室内外场所的疏散、救援、安保及反恐等应急需求。

目前，室外定位在 GNSS 卫星定位技术的支撑下日趋成熟，可实现优于 1 米的定位精度。而室内定位受到建筑物的遮挡，GNSS 信号快速衰减，甚至完全拒止，无法满足导航定位需要。室内定位领域还没有一种技术能全部满足当前的定位服务需求，在室内外一体化无缝导航领域还留有空白，其中优于 1 米定位精度、低成本并且广域覆盖的室内定位技术是实现高精度室内外无缝定位服务的最大障碍。此次开展全球首个无缝导航示范区建设可有效解决上述难题。

该示范区建设成果先期将在江汉区大型复杂商业广场、金融楼宇推广，后期将力争在 2019 年武汉第七届国际军运会的江汉区文体中心会场应用，标志着我国室内定位技术率先迈入室内定位导航产业化应用阶段，并将达到国际领先的技术水平。

党的十九大提出的“创新驱动发展战略”，测绘地理信息产业也迎来爆发式增长的好时机，室内位置服务将带来巨大的应用和商业潜能。武汉市测绘研究院紧抓时机走产业融合发展之路，通过建设全球首个无缝导航示范区，在江汉区培育一个室内导航定位产业链，打造全域覆盖的北斗室内外位置服务体系，提供全方位、立体化的智能时空位置服务，在全国起到示范引领作用。

武汉市江汉区相关领导，武汉大学测绘遥感国家重点实验室、科学技术发展研究院，武汉市科技局，武汉市测绘研究院，江汉区人大、政协、区委办等单位负责人出席会议。

★ 智慧城市三维动态测绘基准关键技术及应用项目获广西科技进步奖

日前，由南宁市国土测绘地理信息中心完成的智慧城市三维动态测绘基准关键技术及应用项目荣获广西科技进步三等奖。这是继中国地理信息科技进步二等奖之后，该项目荣获的又一奖项。

该项目针对南宁市长期存在的坐标基准不统一、平面基准与高程基准不统一等问题，构建了覆盖南宁市 2.2 万多平方千米、精度优于 ±2 厘米的似大地水准面模型，研发了精度优于 3 毫米、更新率小于 24 小时的坐标框架动态监测系统，研发了支持各类图形坐标转换等功能的南宁市测绘基准服务平台。项目在低成本构建大区域似大地水准面、精密 GNSS 数据处理、多基准坐标转换等多项技术上实现了创新。

项目成果的应用为南宁市各行各业与地理信息空间信息有关的活动提供了先进的、统一的空间定位基准，彻底解决了南宁市长期以来存在的坐标基准不一致的问题，极大地提高了测绘生产效率和促进地理信息数据共享。目前，该项目成果已应用于南宁市县两级的国土、规划、房产、农业、城管等 10 多个部门及 150 多家测绘资质单位，有力保障了不动产统一登记、多规合一、重大建设工程等工作的推进实施。

★ 广西壮族自治区部署 2018 年测绘地理信息工作

2月9日，2018年广西测绘地理信息工作会议召开。会议传达学习了国务院领导同志和自治区领导同志对测绘地理信息工作的批示精神，以及全国测绘地理信息工作会议精神，总结了2017年全区测绘地理信息工作，部署了2018年工作。广西壮族自治区国土资源厅厅长陈建军出席会议并讲话。广西壮族自治区测绘地理信息局局长周飞作工作报告。

陈建军充分肯定了2017年全区测绘地理信息工作在围绕中心，服务大局；项目实施，资源聚集；依法履职，行业监管；改革创新，推进转型；队伍建设，人才引进等方面取得的成绩，认为2017年工作有创新、有亮点、有特色、有佳绩。陈建军要求深入学习宣传贯彻十九大精神，紧紧围绕全区发展大局，进一步提升测绘地理信息服务保障能力。主要包括以地理国情监测为重点，深度融入全区改革发展和对外开放的主战场；以广西第三次全国土地调查为重点，全面提升厅局业务协作水平；以县级数字城市地理空间框架建设为重点，加快推进全区信息化进程；以地理信息产业园建设为重点，大力促进地理信息产业发展。陈建军还对全区测绘地理信息系统加强自身建设，全面从严治党做出了部署要求。

会议工作报告题为《迎接新时代 践行新思想 开启新征程 加快推进全区测绘地理信息事业发展转型升级》。报告指出，刚刚过去的2017年，在自治区党委、政府和国家测绘地理信息局的坚强领导下，全区测绘地理信息系统以十九大精神为指引，主动作为，克难攻坚，奋力推进测绘地理信息事业发展，开创了新局面，展现了新作为，取得了新成绩。广西在全国省级测绘地理信息主管部门2017年度工作绩效考核排名上升到第十一位，实现了3年迈上3个新台阶。报告分析了当前事业发展面临的难得机遇，以及困难和挑战。报告对2018年重点工作作出6个方面的部署，一是以党的十九大精神为引领，肩负起测绘地理信息事业发展的新使命；二是以纪念改革开放40周年和庆祝自治区成立60周年为契机，拓展地理信息应用服务；三是以推进五大业务建设为重点，加快事业发展转型升级；四是以贯彻落实新《测绘法》为抓手，推进测绘地理信息资源共建共享；五是以提升市场竞争力为目标，发展壮大地理信息产业；六是以全面从严治党为根本，始终保持事业发展的勃勃生机。

会议通报了2017年各市测绘地理信息工作绩效考评结果，表彰了绩效考评先进集体，6个单位作了经验交流，与会代表参观了广西测绘地理信息新技术、新装备。自治区测绘地理信息局机关全体人员，各市测绘地理信息局主要领导、分管领导和科室负责同志，广西测绘学会、广西遥感学会、广西定向运动协会等社团组织负责同志出席会议。业务协作单位自治区发改、工信、农业、林业等部门负责同志，广西大学、广西师范学院、桂林理工大学等高校负责同志应邀参会。

《 测绘大地图 》 征稿启事

《测绘大地图》是由中国测绘地理信息学会主办的致力于整合与测绘地理信息相关的科研成果、成功应用案例，并积极探索测绘地理信息行业的新产品、新技术、新思路、新方向的内部资料，宗旨为关注热点、前瞻行业、引领发展。

栏目设有业界要闻、特约访谈、深度观察、跨界应用、国际瞭望、学会动态等栏目。现为丰富内容和提高水平，特面向测绘地理信息领域的广大科技工作者征稿，欢迎大家积极踊跃投稿。

投稿须知：

1. 投稿作品应具有创新性、科学性和可读性，数据可靠、条理清晰、文字精炼、逻辑性强；
2. 投稿字数在8000字以内，并配图片；
3. 稿件提供者须提供真实姓名 / 单位 / 职称 / 详细通讯地址及联系方式，优秀的稿件编辑部将免费推送至核心期刊发表；
4. 投稿邮箱：cehuidaditu@mqpuni.com 联系人：周露 联系方式：010-51286880-308

——《测绘大地图》编辑部

《 测绘大地图 》读者意见反馈表

为了更好地提高《测绘大地图》的内容质量，展现测绘地理信息行业学术成果，欢迎大家多提宝贵建议。您可以填写下方意见反馈表，打印后邮寄至《测绘大地图》编辑部：

《测绘大地图》编辑部收

邮寄地址：北京市朝阳区安翔北里甲11号创业大厦B座2层（100101）

或者直发送您的宝贵建议至邮箱：cehuidaditu@mqpuni.com；

编辑部将认真阅读您的意见，意见一经采纳，将免费赠阅2017年全年刊物，欢迎大家积极参与。



1. 您觉得哪些方面需要改进？

- ☐ 版式设计 ☐ 内容深度 ☐ 专题策划 ☐ 图片样式 ☐ 推广方式
- 其他（请注明）：

2. 您对哪些栏目比较感兴趣？

- ☐ 业界要闻 ☐ 特约访谈 ☐ 深度观察 ☐ 跨界应用 ☐ 国际瞭望 ☐ 科普天地
- ☐ 学会动态 ☐ 行业快讯

3. 您对《测绘大地图》还有哪些宝贵建议？

个人信息：

姓 名：

联系方式：

工作单位：

职 位：

通信地址：