

为社会进步服务的测绘高新技术

刘先林

(中国测绘科学研究院, 北京 100036)

摘要: 当今正值国民经济快速发展, 科技创新不断涌现。测绘地理信息技术在人类生活中发挥了越来越大的作用, 渐渐地形成了跨界发展, 越来越多的行业与测绘地理信息技术建立联系。现如今, 社会各行各业的发展已经离不开测绘地理信息行业的服务保障, 与此同时, 随着互联网时代的深度变革, 云计算、大数据、人工智能、虚实融合等智能化技术的发展在测绘行业不断渗透, 并与测绘地理信息技术相互融合, 取得了许多创新性成果。

关键词: 测绘高新技术; 人工智能; 结构化; 实体三维; 虚实融合

【中图分类号】P20

【文献标志码】A

【文章编号】1009-2307(2019)06-0001-15

DOI: 10.16251/j.cnki.1009-2307.2019.06.001

High technologies of surveying and mapping for social progress

Abstract: Today, with the rapid development of the national economy, scientific and technological innovation is emerging. Surveying and mapping geographic information technology has played a more and more important role in human life, and forms a cross-border development gradually. More and more industries have established links with surveying and mapping geographic information technology. Nowadays, the development of various industries in society is inseparable from the service guarantee of surveying and mapping geographic information industry. And meanwhile, with the profound changes in the Internet era, intelligent technologies such as cloud computing, big data, artificial intelligence, mix of virtual and reality and so on are constantly penetrating into the surveying and mapping industry. A lot of innovative results have been achieved.

Keywords: high technologies of surveying and mapping; artificial intelligence; structured; three-dimensional entity; mix of virtual and reality

LIU Xianlin (Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100036, China)

0 引言

当代信息和通信技术 (information and communication technology, ICT)、时空基础数据将被各行各业广泛应用, 从支撑系统发展成决策系统。同时产生了以 5G、云计算、人工智能等新技术相互融合的平台型产业, 一流的企业从做标准转为做平台, 成为驱动万物互联、万物智慧的关键。



作者简介: 刘先林 (1939—), 男, 河北无极人, 中国工程院院士, 中国摄影测量与遥感专家、测绘专家。

E-mail: liuxl@cae.cn

收稿日期: 2019-04-08

新上任的部长、市长都提出将二维地图升级为三维“地图”, 为地理信息从业人员指明了方向。在这个过程中, 我们将实现从实景三维走向实体三维, 建立室内外实体三维分类体系, 提高室内外三维建模采集速度与后处理效率, 加强实体三维地理信息系统 (three-dimensional geographic information system, 3D GIS) 的服务功能, 从面向专业部门的服务为主发展为面向广大手机用户的室内外语义服务。

在实现万物互联、万物智慧的过程中, 要将网上的 Cyber 空间与现实世界的 GIS 空间进行融合, 这个过程测绘地理信息行业担负着不可替代的职责。

1 精细化、美丽化中的测绘新技术

1.1 精准扶贫

十九大以来, 党和国家特别强调精准, 包括

精准扶贫、城市精细化管理和精准农业。我们测绘工作就是为各种需要精准的地区提供精确的地理环境,即现在人们常说的时空大数据。这是了解世界的过程,而认识世界是为了改造世界,在改造世界的过程中,更离不开移动终端的精准定位。

在精准扶贫方面,测绘行业曾经立项统计遥感在精准扶贫的应用,取得很好的成绩,也曾立项利用扶贫地区的基础地理信息为基础,吸纳当代移动终端无线网络及云平台技术等,实现对扶贫户的数据采集和对当地政府扶贫成效的考核。当然,在精准扶贫中使用测绘高新技术还有很多案例。

1.2 精细农业与城镇化建设

精细农业已实施很多年,取得了很多成功经验,特别是在国家大型农场中得到了普遍的推广与应用,这离不开测绘技术的助力。而当代测绘高新技术的应用更能节省农业用水、肥料和农药等农资产品的使用,同时可以减少过度施肥对土地带来的不利影响。卫星遥感、无人机航飞、多光谱成像更是对农业的估产、病虫害预报与治理发挥关键性作用。

最近国家就农业工作在农村的集约化生产、生态保护、确权登记、信用体系建设、城镇化建设等方面都提出了新的要求,测绘新技术中的实景三维、实体三维、基于三维的地籍图生产及移动认证终端等都大有用武之地(图 1)。

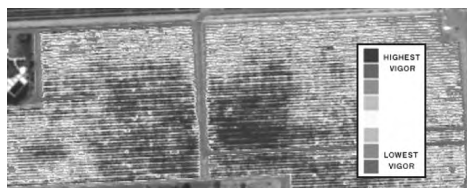


图 1 不同光谱数据生成植被指数

Fig 1 Different Spectral Data Generate NDVI

1.3 城市精细化管理

十九大报告提出提高城市精细化管理水平,正是移动测量建模系统大有作为的时机。当前主要可以对发生在道路地表以上的城市病(粒度 15 cm 以上的对象)进行探测并提出治理方案。测绘技术提供了各种对象几何方面的数据,解决几何形状、位置等问题,可以为其他专业的城市病(物理、化学、环境)的治理提供空间数据基础。

1.3.1 道路病害调查

道路病害调查:井盖下沉(图 2)、道路不平整、电线与树叶“打架”、建筑物离公路距离过近、交通设施遮挡(图 3)……



图 2 井盖病害调查

Fig 2 Investigation on Damaged Manhole Cover



图 3 遮挡分析

Fig 3 Visibility Analysis

1.3.2 城市设施破损调查

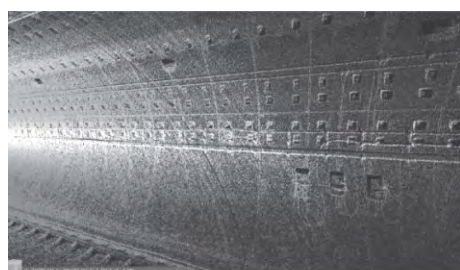
城市设施破损调查:栅栏破损,各种隔离带、挡车柱、挡光板、拐弯标志破损不美观,立不正、线不直,交标破损、路面标线老旧、树叶枯黄,非法外挂阳台自动提取,不美观外挂空调机。

1.3.3 违建调查

治理城市脏乱差,特别是城乡结合部的治理,使城市恢复本来的面目,需要做大量的违建调查,这正是移动全景采集系统所能提供的数据。以北京为例,6 辆车同时采集数据,已经开展了几万千米的数据采集,每 3 个月向市政部门汇报违建情况。此外,他们甚至提出对违章建筑提供动态监测的需求,首先要求采集速度提高,其次要进行违章建筑的自动提取,这就要用到结构化的建模技术以及二维的语义分割技术等,使得违章建筑的提取从纯手工发展为半自动甚至全自动。

1.3.4 地铁隧道变形监测

先用移动测量建模系统对地铁隧道进行毫米级的变形普查,然后用相位式激光进行变形详查,这项工作已经在全国轨道交通隧道变形中普遍使用(图 4)。



(a) 隧道彩色点云



(b) 提取的矢量结果

图4 地铁盾构管片锁紧安装孔的提取

Fig 4 Extraction of Installation Hole of Shield Segment

1.3.5 治理大城市暴雨带来的交通瘫痪

传统数字高程模型(digital elevation model, DEM)的高程精度用于大城市的平坦路面进行淹没分析无法满足要求,因此需要生产厘米级精度的DEM。目前移动测量系统可以生产这种高精度DEM,已经开展大面积作业(图5)。

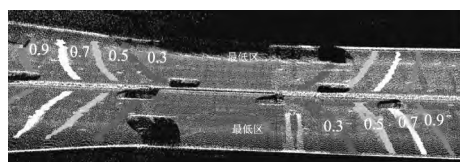


图5 立交桥下淹没状况的可视化

Fig 5 Visual Analysis of Submergence

1.3.6 环卫责任区划分与测绘调查

使用移动测量系统采集道路及沿线的公厕、垃圾楼、过街桥、地下通道等环卫基础设施信息,结合人工现场确认方式,对其位置、规模、责任主体等进行全面普查,构建市容卫生责任区数据库,并以此为支撑,实现城市市容环境责任区的精细划分和无缝覆盖(图6)。



图6 卫生责任区划分

Fig 6 Division of Health Responsibility Area

在数据采集的同时,边采集边解决协调责任

区相互关系,做到无缝对接,真正做到精细化。实现“以图落地,以地落责,以责落管”的数字化责任体系,构建市容卫生长效管理机制。

1.4 美丽街区设计

新一届政府重视城市景观的美化,各种违章建筑、不美观的广告牌全部拆除,违建拆除后需要进行街区的美化设计,设计院要求的很奇怪的“地图”,即高精度的墙面的三维矢量图(图7)。



图7 美丽街区调查

Fig 7 Street Survey

1.5 美丽乡村

为深入贯彻党的十八大、十八届三中全会、中央一号文件和习近平总书记系列重要讲话精神,进一步推进生态文明和美丽中国建设,有关部门开展了中国最美休闲乡村和中国美丽田园推介活动(图8)。这就要利用现代化卫星、地图,借鉴发达国家并结合现状实际,网格化井字形布局来开展美丽乡村规划。



图8 浙江美丽乡村

Fig 8 Beautiful Village in Zhejiang

社会从模糊走向精准、从脏乱差走向美丽,都离不开测绘工作,特别是测绘高新技术的贡献。

2 自然资源监测

开展自然资源统一监测评价,是贯彻落实新发展理念、推进自然资源管理体制改革的的重要举措,也是履行自然资源管理“两个统一、六项职责”的前提和基础。自然资源部职责是履行全民所有土地、矿产、森林、草原、湿地、水、海洋等自然资源资产所有者职责和所有国土利用进行调查与监测。所有这些监测种类只要发生在地表,都可以利用各种测绘新技术大大提高效率并提供

监测报告。

2.1 高光谱成像技术

当前,成像光谱仪在地质、矿产蕴藏、森林、水利、海洋、农业等资源物质分析判断和自然灾害预测、预报、环境污染检测等方面有着广泛应用,但是当前应用的这类仪器都是由国外进口,售价昂贵而且对我国复杂的地形、气候、环境适用性不好。国家越来越重视生态文明建设,急需研制波长范围 $400\sim 2\,500\text{ nm}$ 多光谱相机,几乎是全波段光谱覆盖。采用镀膜新技术,使得研制难度大大下降,必将会在各领域得到大面积推广应用,再加上测绘从业者在空间处理的优势,将定性遥感上升为定性定量遥感。

机载成像高光谱作业是卫星高光谱的重要补充。另外在利用人工智能进行遥感数据语义分割时,单纯使用 RGB 数据对地物进行分类和分割,可能会因为信息缺失而导致错选或漏选。高光谱信息提供的数据将丰富样本所涵盖的特征信息,大幅提升语义分割识别的准确度。

2.2 水资源污染调查

习近平总书记在浙江工作时,对水乡浙江水污染问题高度重视。浙江省委、省政府审时度势,及时提出了“五水共治”的战略部署,具有重大战略意义。

珠江三角洲地区经济高速发展,带来的却是原有水源受到污染,尤其是有机污染物。珠江污染已造成沿江地区严重的水质性缺水,生态环境严重恶化,从点污染逐渐变成全流域污染,并且从下游向上游转移,发展成为越来越严重的流域性问题,而且赤潮发生频繁,经济损失大。

利用遥感技术视域广、信息更新快、高光谱信息与空间信息相互融合的特点,可以实时、快速地提取大面积流域及其周边地区的水环境信息及各种变化参数。传统方法只能测定某些特定的水质参数(叶绿素、悬浮物及与之相关的水体透明度、浑浊度),航空高光谱航飞拓宽了更多的监测内容,包括可溶性有机物、化学需氧量(chemical oxygen demand, COD)、矿物质铜、锌、铅、镉等参数的光谱特征,同时水质监测精度也较传统方法大大提高。

先用船载激光或卫星影像语义分割得到水域的范围,然后对水域规划异形航线并实现无人机高光谱智慧飞行进行污染普查。根据水质调查具体要求可采用不同的光谱谱段 $400\sim 1\,100\text{ nm}$ 和 $100\sim 2\,500\text{ nm}$ 。我国遥感界还计划用这项技术对南水北调中线的水质污染进行监测(图 9~图 10)。

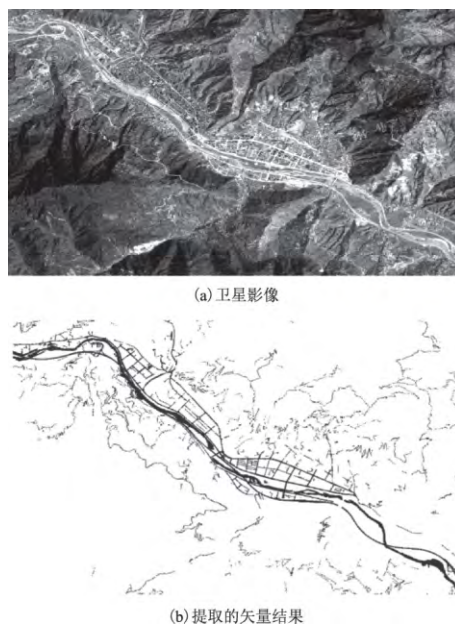


图 9 卫星影像中水域提取

Fig. 9 Water Extraction from Satellite Images

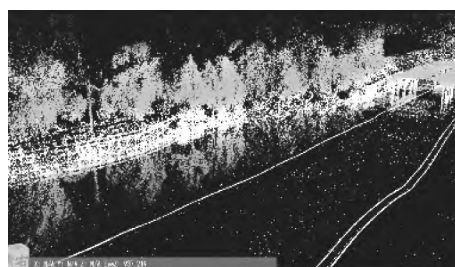


图 10 船载激光测量河道水域范围

Fig. 10 Measurement of Watercourse Area by Shipborne Laser

2.3 土地重金属污染

土壤无机污染物中以重金属尤为突出,主要是重金属不能为土壤微生物所分解,而易于积累转化为毒性更大的甲基化合物,甚至有的通过食物链以有害浓度在人体内蓄积,严重危害人体健康。土壤重金属污染物主要有汞、镉、铅、铜、铬、砷、镍、铁、锰、锌等,国家越来越重视生态文明建设,特别是非常关注土地重金属污染等环保问题。重金属污染波峰处于 $2\,000\text{ nm}$ 附近,利用中波红外技术可以探测,过去使用中波红外面阵扫描方案制造工艺非常复杂,而且对工作环境要求高使得其应用难以实现。随着测绘技术进步和相机制造工艺的提升,复杂的中波红外遥感将会得到突破,用于重金属污染调查的新型高光谱相机正在紧锣密鼓的研制之中,相信会助力国家关注的土壤重金属污染问题。

2.4 生态监测

十九大报告中指出,“建设生态文明是中华民

族永续发展的千年大计。必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念,像对待生命一样对待生态环境”。

以吉林省为例,从2016年6月开始,省政府在全省范围内开展生态保护红线划定工作,依法在重点生态功能区、生态环境敏感区和脆弱区等区域划定生态保护红线。实现到2020年年底,全省生态安全格局基本形成、国土生态空间得到有效保护、生态系统服务功能总体改善的目标。

自然资源调查监测作为查实查清自然资源的重要管理手段,与自然资源管理和生态文明建设之间具有重要的内在联系,是全面推进生态文明建设的基础性工作。这项工作将过去国家测绘地理信息局的国情动态监测和国土资源部的土地利用一调、二调、三调提升到一个新的高度,所用的传感器、数据源都很接近,但在数据处理时增加新的内涵,节省了大量资金,一测多用,增大了服务面,是一项利国利民的重大举措。

2.5 近海测绘

随着国家科技的进步和时代的发展,建设项目也从内陆走向海洋,测绘工作的服务也必须迎头跟上。国家测绘系统在部署平面基准和高程基准建设时已经考虑到陆海一体化。目前,海洋与河道测绘主要是由海军与航道管理部门完成,但在陆地与海洋之间的潮间带的现状调查是陆地测绘部门与海洋测绘部门之间脆弱的结合部。

东部沿海各省的测绘主管部门根据省政府的要求,部署了测绘人员来调查并测量潮间带高潮位至低潮位之间的数字高程模型与数字深度模型,确定国家高程基准下的零米线的位置与形状。有些地区围海造地、海水养殖等都需要这方面的数据支撑,更为重要的是为国家对海洋生态红线的管控提供数据基础,有利于加强对海岸带的保护力度,避免对海洋生态环境的破坏。潮间带、陆海滩的近海测绘在以前基本属于无人管辖领域,采用实时动态(real-time kinematic, RTK)载波相位差分技术人工跑滩方式工作艰苦、效率低、精度差。目前国内许多科研部门已经开展这方面的工作,采用两栖运载工具装载红外激光、蓝绿激光、单波速声呐测深、滚轮探深、全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)、惯性测量单元(inertial measurement unit, IMU)等设备及沿海连续运行参考站(continuously operating reference stations, CORS)成果、陆海一体化大地水准面等高新技术,已经取得很大进展(图11)。



图11 潮间带陆海一体化测量系统

Fig 11 Measurement System for Intertidal Zone

3 实景三维与实体三维

自然资源部最近在全国大规模开展实景三维测绘工作,标志着中国的测绘工作要全面从二维走向三维,需要将二维测绘的工作经验积累推广到三维测绘工作中,例如分类体系的建立、各种属性的录入、二维GIS的各种统计分析、二维语义分割与变化监测等,面临着很大的挑战。目前的实景三维已经大量流行,技术上日渐成熟。从长远看,大数据分析所要求的时空数据是结构化的,实景三维必将被实体三维取代。

3.1 时空大数据与实时大数据

测绘工作者的任务是生产时空大数据,为实时大数据分析提供空间基础。两种大数据互相融合补充,才可以为智慧城市的各个领域提供最佳服务(表1)。时空大数据与实时大数据融合产生知识的重要角色是对象/实体的属性,所谓知识产出就是对对象的属性进行函数检索。

表1 时空大数据与实时大数据的对比

Tah 1 Comparison between Spatio-temporal Big Data and Real-time Big Data

时空大数据	实时大数据
面向静止的对象为主	面向运动的对象为主
时间周期>3个月	实时
保密	不保密(可进入流通领域)
有订单、有规划、有目的的数据采集	无订单、无规划、无目的的数据采集
静态(低动态)	动态(实时)
空间为主	时间为主
基础性	专业性

时空大数据中的属性分两种。①几何属性:绝对位置、相对位置、矢量、几何尺寸;地理信息时空大数据工作者的职责是提供几何属性;②非几何属性:人文属性、社会经济属性、地名地址、专业属性(物理、化学、机械……);非几何属性

的录入、建库主要依靠各专业部门完成。

3.2 时空大数据中的结构化与非结构化

无结构大数据称为面向人脑的不会说话的大数据,结构化大数据称为面向电脑的会说话的大数据(表 2)。两种数据互相融合补充,可以为智慧城市提供服务。

表 2 时空大数据分为无结构、结构化

Tab 2 Spatio-temporal Big Data Can Be Divided into Two Types: Unstructured and Structured

无结构时空大数据	结构化时空大数据
无分层	丰富的分层
未实体化无属性	有实体化有属性
人脑产生知识/决策	计算机产生知识/决策
提供感性认识	提供感性认识和理性认识
工厂化处理的成果	智能化处理的成果
DOM、Mesh 模型...	城市多要素结构化实体三维模型

3.3 实景三维的结构化

现在流行的五镜头倾斜相机,无论是小范围作业的无人机还是大范围作业的有人机,都是建立在并行计算服务器环境下处理得到 mesh 模型(图 12)。mesh 模型是基于三维不规则三角网(triangulated irregular network, TIN)建成的现实世界的表面模型,俗称“一张皮”,但作为人工智能云平台的时空基础数据,这类数据还必须进行结构化改造,结构化处理后云平台才可能以此为基础提供语义服务。



图 12 倾斜摄影生产的 mesh 模型

Fig 12 Mesh Model Produced by Oblique Photograph

mesh 模型的结构化是一项重大挑战,技术难度极高,这依赖高精度的点云,点云精度过低会导致无法进行分类提取,此重大难题的解决只能依靠人工智能技术。结构化分 3 个内容。

1)首先是分层分类,即所谓的语义分割(图 13)。目前有 3 种手段进行语义分割:第 1 种是基于几何特征的分层分类;第 2 种是二维语义分割,再映射到三维模型上;第 3 种是直接进行三维语义分割。

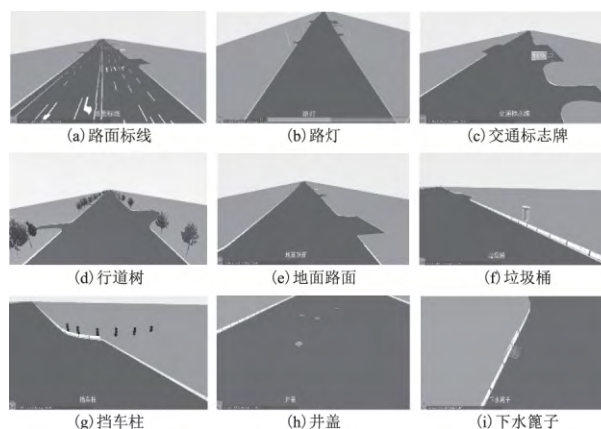


图 13 室外移动测量系统自动分类成果

Fig 13 Automatic Extraction Results

2)其次是要进行对象化管理,即所谓的实例分割。对象化管理,才能实现在认识世界基础上来改造世界。例如井盖修复,一定是对某个具体的井盖进行修复,而不可能修复所有的井盖。

3)最后是生成三维矢量结构线。此结构线是对三维建模必要且充分的,反映了实体三维模型的重要特征。白模的概念一经推出,得到了人工智能(artificial intelligence, AI)、增强现实(augmented reality, AR)、虚拟现实(virtual reality, VR)、导航和 5G 语义服务等各领域的广泛认可。

3.4 实景三维转为实体三维后服务方式的改变

新型地理信息服务将会从定位、几何服务为主,转变为增加各种语义服务的内容。语义服务的本质:在云平台中,根据各类对象的空间位置及其丰富的属性内容,按照具体移动终端知识产出的需求,通过云计算得出语义服务的结果,向在电子围栏中的每个智能手机提供个性化、实时的语义推送服务。这一服务方式的变化从室外转向室内后尤为明显,室外服务要求精度高,语义服务内容相对较少,转向室内后,精度要求低,而语义服务内容会大幅增加。

3.5 实体三维分类体系的建立

新的部长、市长上任时都提出要将二维地图升级为三维“地图”,要求三维系统要预装实体三维的分类标准。测绘人做事都是标准先行,建立结构化的实体三维,必须事先制定客观世界的实体分类体系。

目前已经初步形成公路实体模型分类体系,包括类名(中文与拼音)、内部类码、外部类码、对象类型、提取方式、建模方式等,其中包括建筑物组、沿路带状对象、道路标线、杆状对象、牌组、路边设施/小型建筑组、交通信号/监控设

施组、井盖组、综合建筑物 9 个大类，100 种小类(图 14)。依据公路实体模型分类标准制作结构化的时空数据，将结构化的点云模型进一步细分，实现对公路模型的对象化管理。

大类序号	组别	连接编号	类名	内部类码	外部类码	对象类型(点线面体)	自动/人工	建模方式	提取结果的图片和用于建模的三维矢量	平面符号(部件\500图\文字)	可靠性	备注
1	建筑物组 (Building)	01	建筑物框架模型 (Building_Feame Model)	300101		体	自动	挤压+缺省纹理				表现 1 m 以上的多边形框+Min_Z
2	沿路带状对象 (Strip Object Along The Road)	02	水泥隔离带 (Strip Object Along The Road_Cement Barrier)	430200		线	自动	截面放样				下边沿走向线 1 m 一个矢量点
		03	道路隔音墙 (Strip Object Along The Road_Road Noise Wall)	430300		线	自动	截面放样				上边沿矢量线 1 m 一个点+Min_Z

图 14 公路实体模型分类体系(部分)

Fig 14 Classification System of Highway Entity Model (Partial)

目前建筑物用框架模型表现，比较粗犷，与传统的建筑物模型还有较大差距。人机交互生产的建筑物精细模型耗时费力，只能用于应用示范项目。建筑物精细模型的对象化将会是以窗户为单位，既可以利用几何条件约束分类方法或语义分割方法，还可利用近代线摄影测量的技术(line photogrammetry)，来实现窗户的快速提取，用于公安户籍资料的空间化。

此分类体系是在中国地理信息产业协会立项的团体标准，后续将结合部件标准制定城市实体三维分类体系(城市实体三维又被称为城市数字仿真、城市数字孪生)。实体三维分类体系是国家标准、行业标准、团体标准、企业标准中的第一个也是唯一的实体三维分类标准，将在全国同类工作的规划设计、实施方案制订、成果鉴定、成果评奖、招投标中被引用。

3.6 白模

卫星影像、航空影像、正射影像、DEM、数字表面模型(digital surface model, DSM)、mesh 模型等都是为人眼、人脑所设计，观察较为直观，受广大用户欢迎，但“不会说话”，计算机“看不懂”！结构化实体三维面向计算机，其结构化本质可以用白模来体现(图 15)，每个实体除空间信息之外还保存了所对应的属性。

云平台利用结构化时空大数据产出知识，仅使用白模数据就可以满足需求。白模数据量小、有分层分类、对象化管理，而且有建模所需的充分必要的三维结构线，同时还规避了逼真建模时



图 15 自动化生产的白模

Fig 15 Automated Production of 3D Wire-frame Models

的前后遮挡不得不将几何尺寸稍加变动带来的困扰。白模是“透明”的，可以观察到深度方向的各种对象而不会被遮挡，但为了增加模型的逼真性与身临其境的沉浸感，仍需贴真纹理并增加光照、阴影、烘焙等技术。

3.7 实体导航

近年来，导航地图逐步向精度更高、要素精细、提供自动驾驶和增强现实导航系统服务的方向发展，导航公司继而对地理信息数据采集也提出了新的要求。人们一直期待的真三维实体导航将会出现(图 16)，给驾驶员和行人以全新的导航体验，克服了许多二维导航的缺陷。



图 16 白模导航

Fig 16 3D Wire-frame Models Navigation

从图 16 中实时录像截图与手机实体导航界面截图, 可发现两者的路灯、交通标志牌、栅栏、建筑物框架模型、树叶、树干都是一一对应的, 十分有趣, 移动目标(如车)在白模生产过程中会被滤除。

4 人工智能中的测绘新技术

4.1 测绘高新技术离不开人工智能

4.1.1 地下管线测量与探测中的人工智能技术

近几年, 中国城市地下管线建设发展迅猛, 地下管线管理难题亦越来越凸显。施工破坏地下管线造成的停水、停气、停电以及通信中断事故频发, “马路拉链”现象已经成为城市建设的毒瘤。

国务院办公厅曾在地理信息领域颁布过两份文件, 其中一份就是针对地下管线, 将地下管线的建设与管理提高到国家战略层面, 可见国家对地下管线的重视程度。地下管线探测是极其艰苦的工作, 造价很高, 可靠性比较有限。

地下管线普查为城市建设和管理提供一张清晰的“地下管网地图”, 使频繁发生的地下管线事故由事后处理变为事前预防、维护和管理。在国家管廊方式尚未普及时, 地下管线测量与探伤是一项极为艰巨的任务, 这有赖于在地下管线探测和修复过程中使用智能机器人, 在获取影像后进行查淤、探伤时尤其需要利用 AI 新技术来进行。

4.1.2 二维深度学习人工智能后处理与小目标提取

很多涉及深度学习方向的企业, 在有限样本、有限类的条件下进行过二维语义分割的试验, 但并未真正实用化。为实现移动测量数据人工智能后处理的实用化还需要以下工作: ①分类的类别需与分类标准相一致; ②要将语义分割结果(图 17)处理到 3D GIS(图 18)中, 即每个对象要建立其实体对象文件, 这样才可以在统计分析中得到应用。

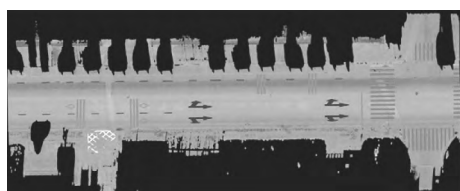


图 17 道路标线语义分割结果

Fig 17 Semantic Segmentation Results of Road Markings



图 18 三维 GIS

Fig 18 3D GIS

采用车载激光雷达设备获取的激光点云, 将三维激光点云转换为强度特征图像, 结合基于深度学习的语义分割方法来提取道路标志线, 得到每个像素都具有分类标识的语义分割结果图像, 将此结果映射到地面点云上实现分类。利用点云聚类分割算法实现道路标识线的点云对象化, 针对不同类型的标线设计不同的矢量化方案, 例如车道线和停止线是以一定间隔取中线, 得到多段线形式的矢量结果; 箭头标线通过点云模板匹配方法进行定位和矢量化; 斑马线、网状线通过获取外包范围进行填充的方式矢量化。矢量化结果导入 3D GIS 平台中参与统一管理。

小目标(小型交通标志、转弯标志、里程碑、百米桩等)二维提取是基于全景影像进行二维语义分割, 得到小目标分割结果。将全景与激光点云的同步技术应用到二维提取的三维化, 得到三维的小目标(图 19)。



图 19 小目标提取

Fig 19 Small Target Extraction

整个过程要实现 CPU 私有云和 GPU 集成环境中“一键化”, 这一目标实现后, 将使室内外建模系统采集到的原始数据在云环境中一键得到 3D GIS 实体, 随着样本的增多、增强, 可靠性逼近 100%。

4.1.3 三维语义分割

三维深度学习技术的发展为点云分类提供了一种新的可能, 针对城市复杂场景车载激光雷达点云分类的难题, 建立一种基于多层次对象深度学习特征的点云分类框架, 该框架借助深度学习理论中性能稳健的全卷积网络模型, 充分利用深度学习在显著特征表达方面的优势, 结合全卷积网络中卷积层、池化层及反卷积层特征传递的特性, 设计一种基于多层次对象的深度学习特征表

达方法, 该特征能够充分融合空间特征、形状特征及颜色特征等的异质性和不同层次空间的多结构性, 在多层次框架下进行点云类别的联合标记。

国内科研单位已经在三维语义分割方面做了一些实验, 实验对象是几何约束语义分割、二维影像语义分割、不能完全信任的目标用三维语义分割实现, 这样可以使全系统的分割水平、可靠性、正确性达到新的高度, 特别是在三维语义分割采集样本时, Labelme、Pointnet 都显得效率低下, 而国产自主知识产权的点云工作站可以对目标进行三维语义分割采集样本, 同时得到正样本、负样本, 收到普遍好评。可靠性取决于样本数量, 样本数量取决于样本采集工具的先进性。

三维深度学习方法可以对车载点云进行分类(图 20), 再通过聚类、分割处理可以实现点云对象化管理, 进而矢量化得到道路地物特征数据, 导入 3D GIS 平台实现特征数据有效管理和应用。

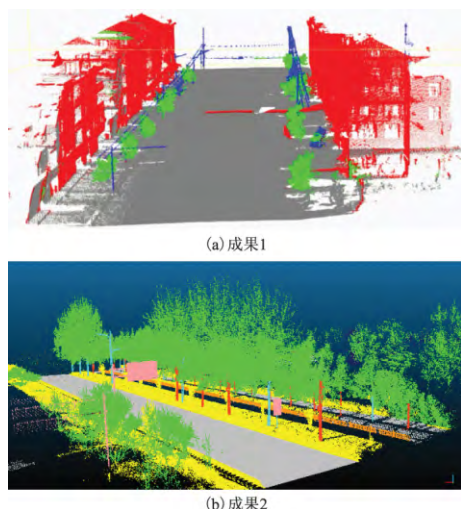


图 20 基于三维深度学习的点云分类
Fig 20 Point Cloud Classification Based on 3D Deep Learning

三维语义分割是整个人工智能后处理中最终的“扫尾”技术, 确保分类体系中的每一种对象都能实现自动提取, 并确保自动提取成功率、正确率逼近 100%。

4.2 人工智能推广应用离不开测绘

国家突然宣布: 举全国之力, 在 2030 年一定要抢占人工智能全球制高点! 人工智能将走向全国各行业的中心, 各行业的地表大场景建造类要实现人工智能, 其首要基础是建立该区域范围的地理环境时空大数据。

4.2.1 智慧公路

车载移动测量系统主要在公路沿线作业, 智慧公路兴起时, 移动测量技术已经在公路改扩建勘测与竣工测量、公路绿化、路灯调查、公路纵横断面制作、高精度路面高程、道路资产调查等方面积累了大量为公路服务的经验, 所表现出的高度集成化、高精度、智能化深受用户欢迎。

公路建筑信息模型(building information modeling, BIM)的内涵相当复杂, 建成面向公路的 GeoBIM 也绝非易事。由简及繁, 可以从公路的资产管理(图 21)及公路沿线的三维重建入手, 为出现重大交通事故的应急抢险提供帮助。



图 21 公路资产管理
Fig 21 Highway Asset Management

4.2.2 智慧铁路

中国铁路高速发展, 总里程在全球领先, 甚至超过世界高铁总里程的三分之二。高速铁路上车辆速度极快, 任何设备小的改动, 若影响到列车安全行驶, 都会造成巨大的灾难。目前中国高铁建成期不长, 各类沿线设备设施比较新, 随着时间推移, 高铁现状的动态监测越显突出(图 22), 综合的测绘高新技术发挥作用。在铁路部门轨道检测车上安装有高铁电力性能、通信性能、设备物理化学性能的检测传感器, 测绘工作者被要求对检测沿线的地理环境进行实体建模和对部分零件的缺失和几何变形进行探测。在智慧高铁工作中, 测绘工作者也可以贡献力量(图 23)。



图 22 铁路资产管理
Fig 22 Railway Asset Management

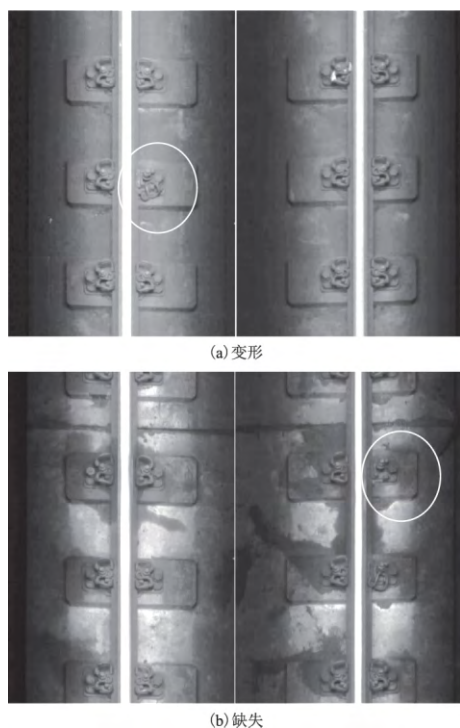


图 23 监测钢轨扣件

Fig 23 Monitoring of the Condition of Rail Fasteners

4.2.3 智慧电站

智能变电站的建设对测绘地信工作者提出了以下要求：①提供对象实体的位置和大小信息，对象的属性包括语义、位置、带电与否等；②机器人视角观察的对象信息；③计算出机器人观察设备的最佳位置坐标；④提供 API 接口，输出数据(图 24)。

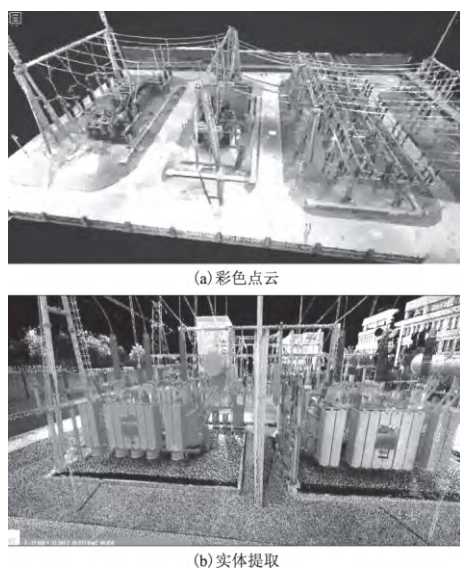


图 24 变电站彩色点云数据与实体提取

Fig 24 Point Cloud and Entity Extraction of the Substation

4.2.4 智慧机场建设

中国的高铁里程是美国的 10 倍，但美国的机

场数量却是中国的 10 倍，国家非常重视机场建设。机场建设的全生命周期智慧化(图 25)，包括在规划阶段提供空间地理信息，在施工阶段提供自动驾驶工程机械在竣工阶段提供快速竣工测量，为科学的运营维护提供数据基础。

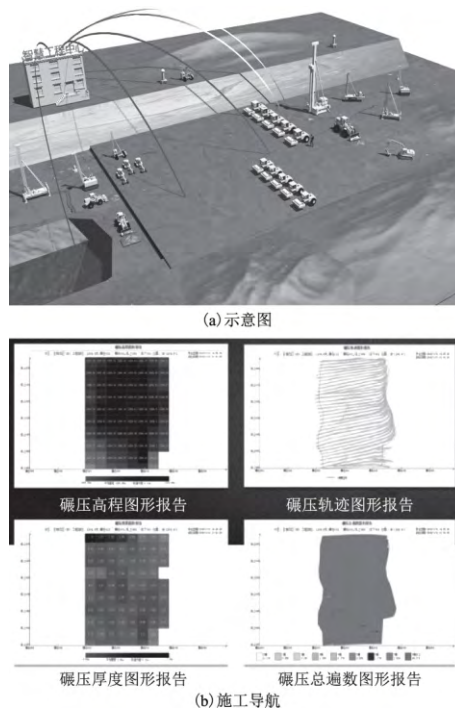


图 25 智慧机场建设

Fig 25 Smart Airport Construction

当代大型机场的智慧化都离不开机场室内外地理时空大数据的采集工作，云平台上除了静态的室内外时空大数据外，还有很多动态数据，例如旅客、货物、机场车辆与飞机的实时状况。旅客进入机场后，通过关注机场云平台公众号，便可获得各种推送服务，服务的方式将会是由云平台向旅客手机增强现实、虚实结合的语义服务方式。再加上显示牌、语音方式的辅助，冗余度非常高，不会有很大的安全风险，可以大胆尝试。考虑到机场功能车的控制，特别是飞机的起降、移动等，带来的安全风险较高，现阶段可能不会完全依靠人工智能自动化，需要更高的冗余度来保障安全性，测绘工作者只能尽可能满足他们对空间数据的要求。

4.2.5 智慧驾驶

智慧驾驶把对地图的需求也分为静态三级、动态三级，不仅需要二维的标线数据，还离不开智慧驾驶车辆行驶过程中周围场景环境的三维模型(如红绿灯、交标牌)。道路全要素实体模型按前文提到 9 大类 100 子类的全自动建模，可以满足

任何汽车厂商对任何格式高精地图的任何需求, 其服务的涵盖面最为广泛。自动驾驶高精地图(图 26)有路段的概念, 具有简单的拓扑结构, 这项工作需要少量人工交互。未来的智慧驾驶实现实用化, 必须与导航地图大量的语义信息、兴趣点信息相挂接。

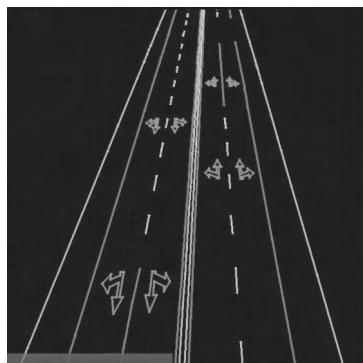


图 26 高精地图

Fig 26 High-precision Map

5 Cyber 空间与 GIS 空间的相互融合

5.1 虚实空间融合与数字孪生

Cyber 空间(虚拟空间)与 GIS 空间(现实空间)都是面向保存、记录、管理、分配人类活动留下的痕迹, 既不面向微观世界(分子、原子、纳米、细菌等), 也不面向宏观世界(太阳系、深空)。两者保存、记录、管理相同的对象, 有必要相互融合。

如果虚拟空间的节点不能映射到现实空间, 只有 IP 地址没有空间坐标, 对于网络经济、网络传媒、在线娱乐等将很难管理。如果现实空间的实体/对象/个体, 不能映射到虚拟空间, 即没有这些实体的网络 IP 地址, GIS 就坐不上互联网+时代的快车, 服务的实时性将会大打折扣。

虚实空间的进一步融合将实现两个空间统一编址, 任何网络空间的 IP 地址将对应一个空间位置, 任何一个 GIS 空间的实体将对应一个 IP 地址, 并互为属性项。GIS 空间中有大量的专业属性、人文属性、社会属性等语义信息, 两个空间融合后, 这些语义信息便可通过 AR 方式向终端用户提供推送服务。

网络空间、网络经济的高速发展颠覆了一些传统产业, 电商线上、线下激烈竞争之后发展成相互融合, 催生着数字经济和实体经济大繁荣的数字化新阶段。所有这些虚实结合的动作, 也将发生在测绘地理信息行业。

最近数字孪生成为技术新风口, 数字孪生技术本质上就是将现实空间的事物以数字的方式移植到计算机中。在虚实空间融合的基础上有了数字孪生, 就可以服务于所谓的“全时空感知、全要素联动、全周期迭代”, 将智慧城市升级为智能城市。

地理信息产业几十年前将纸质地图数字化后输入到计算机的数据库中, 就是典型数字孪生的应用。数据在入库前有大量的准备工作, 所以在数据结构、数据管理、数据分析与发布方面积累了大量的经验, 只是这个过程都是二维的。面对当前兴起的数字孪生热潮, 地理信息产业界还需要在室内外实景模型的结构化、三维拓扑的建立、三维的统计分析及三维数据的发布等方面加强研究。

当前数字孪生城市热潮可以看作现实世界的数字化从较为宏观(例如城市)走向较小范围(例如工厂、车间、商店)乃至更小范围(如某个机器甚至某个工件)的发展过程, 我们地理信息工作者正在从整个室外地表范围逐步走向室内, 但不会涉及到像某部机器这类具体对象的数字孪生, 尽管它们的技术与平台比较接近。

数字孪生城市与我们提出的网上城市概念是相同的, 例如网上郑州、网上南京等。现有的在线街景(如 Google 街景、百度街景等)这类网上虚拟城市有必要尽快从照片提升为模型, 从实景提升为实体, 才可以称为网上城市, 即城市的数字孪生(图 27~图 29)。



图 27 数字孪生城市

Fig 27 Digital Twin City



图 28 “拔掉”树后观察底商

Fig 28 Observing the Shops Clearly after Removing the Trees



图 29 拉近视点可以看清底商细貌

Fig. 29 Observing the Details of the Building after the Viewpoint is Zoomed in

5.2 虚实空间融合中有待解决的技术问题

5.2.1 网上节点空间坐标的快速测定

当前网络各节点的时间系统控制在微秒级, 进一步提升至纳秒级甚至更高水平后, 可以快速获取网上节点较精确的空间坐标, 有待进一步实践。

5.2.2 实体对象标签的供电

华为消费者业务 CEO 余承东表示, 在 5G 之前通信技术是连接人, 而 5G 时代到来之后通信技术最大的变化, 是从连接到万物互联、万物智能的时代。

大数据时代在地理信息产业中的特征是传感网的建立, 各种分布式传感器通过网络互联在一起。万物互联时代不仅需要传感器互联, 每个实体对象都要实现互联, 即标签网。如今, 现实生活中已经出现了大量的标签网, 如果要将万物都贴上标签, 同时又可以在线互联, 被动标签网必然会发展为主动标签网。主动标签网的供电、信息传输等问题的解决, 将是一大难题。

5.2.3 虚实空间统一编址规则

虚实空间融合后, 网络空间的物理节点(防火墙、服务器、Wi-Fi 等)都具有 IP 地址, 从现实空间映射的数字孪生的每个对象却没有地址。为方便管理, 要赋予每个对象唯一的地址编码, 尽管 IPV6 编址规则足以应付全球的数字孪生对象, 制定新的编码规则还是非常必要。这一目标的实现虽貌若山河, 但及早做理论准备, 未雨绸缪总是好的。

5.2.4 语义服务的云平台软件开发

云平台上的服务对象区域的数字孪生, 不仅包含了服务对象的形态、图像等非语义信息, 还包含了每个对象的各种人文属性、语义属性等信息, 此类属性难以自动化建立, 录入工作量极大, 只能以众包形式解决。语义服务就是将被服务对象(例如人)的服务诉求从云平台中对象的语义属性以增强现实的方式叠加到手机或室外头盔上, 此过程的实现挑战性很强。虚实融合后空间信息的服务方式发生了巨大变化, 从过去以几何属性、图像等非语义信息服务为主发展为以空间信息为基础的语义服务。

5.3 泛在测绘

无论激光还是相机, 难免遇到遮挡问题, 开展泛在测绘, 开展移动终端用户有序有偿对地理信息发布的产物实行网上更新、标绘以及遮蔽地区模型补建等, 实现照片街景向模型街景的升级换代。整个过程不能依靠专业技术人员完成, 而是依靠广大网民以众包形式实现。

泛在测绘实际上是众包的思想, 测绘地理信息的众包有: 导航公司使用用户的实时大数据进行导航地图的众包生产; 手机视觉定位所需的存储在云端大量近景照片的众包采集等。

5.4 室内头盔走向室外头盔

VR 行业在 3 年间大起大落, 在 2015 年曾被认为是具有 2 000 亿产值的新兴产业, 2017 年却逐渐衰落。VR/AR 只有达到“国家级”的应用水平, 才可能再度成为“潮流”。近年来, GIS 服务从二维发展为真三维, 将会促使 VR/AR 技术进入新一轮热潮。

当前流行的 AR 头盔只适用于室内原地体验, 主要用于游戏、培训等领域。这类头盔看不到自身, 体验者会头晕的感觉。AR 从业者期盼头盔的使用可以由室内空间向室外扩展, 既能观察外部实景和自身, 又能看到云平台发送过来的语义服务信息, 满足使用者的服务诉求, 也可用于人机交互方式对智能机器人进行操控与训练, 用途更为广泛。

测绘工作者在几十年前就已经依赖立体观察进行作业, 使用专用设备来观察立体, 有经验的作业员不借助任何设备也能观察到立体。当前流行的智能手机, 横屏后的长度正好与人眼的基线长度相近, 是实现裸眼立体观察的理想工具。手机裸眼立体可用于增强现实 AR 头盔的普及版本, 甚至可作为手机白模实体导航的立体工作方式(图 30)。

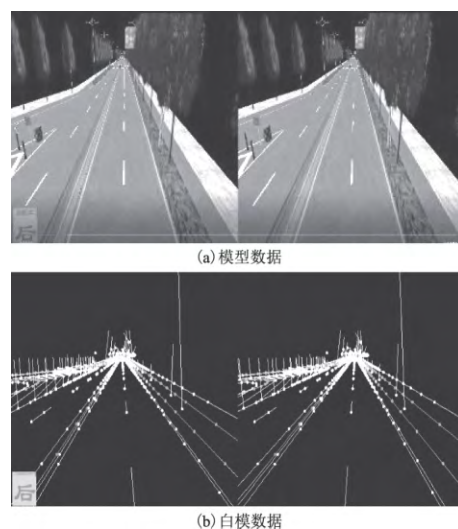


图 30 移动终端上的裸眼 VR 服务

Fig. 30 Naked Eye VR Service on Mobile Terminal

6 测绘高新技术将从室外走向室内

网络社会已经发展到万物互联、万物智慧的新阶段,按活动留下的痕迹分析,人类有80%以上的活动时间都在室内,因此除了要求建立室外的实体三维模型外,开展室内实体三维建模也同样重要,室内建模比室外建模的工作量更多,然而精度要求并不高(0.5 m左右即可)。当智慧城市建设和维护全面开展后,室内建模需求量极大,因此急需研制高效的室内移动建模测量系统以及智能化的后处理软件。

6.1 室内建模

以往按室外移动测量的方案进行过室内信息采集的试验,将定位定姿系统(position and orientation system, POS)在室外初始化后迅速驶入地库,约半小时作业完成后离开地库,在室外结束化,精度可达到1 m以下(图31)。

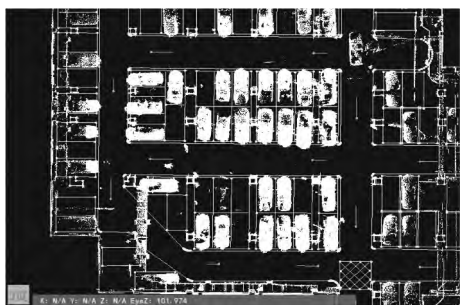


图31 车库矢量测图

Fig 31 Mapping of Underground Garage

使用全套高精度室外移动测量系统用于室内作业有3个缺点:①造价高;②受室内车道的限制;③不能跨楼层作业。急需新方法取代。

后续还使用9镜头的深度相机在室内定点拍照,经后处理得到室内模型。这种方案设备成本低,经过控制点纠正后,也可以获得在CGCS2000系下满足绝对坐标精度要求的模型。作业过程比较繁琐,特别是其成像距离只有5~8 m,在大场景室内作业时设站太多。从室外建模的质检标准看,这种方案生成的模型中的直线边缘会弯曲,面状实体也会弯曲。当然,也不应该用室外的三维标准来衡量室内三维模型成果。深度相机还不是最理想的室内信息采集方案(图32)。

国内的虚拟现实AR/VR、AI等领域的高新企业,在同一实验区,采用手机摄像方式在建模区域随意移动,通过AI算法,在云平台中生产出建模区的点云,此方法经过改进后,可能成为室内建模的主流方案(图33)。特别是未来室内面向手



图32 深度相机建模成果(成果来自维纳斯克)

Fig 32 Modeling Results of Deep Camera

(the Results Came from VNUSK)



图33 手机摄像建模成果(成果来自视+AR)

Fig 33 Modeling Results of Mobile Camera

(the Results Came from Sight Plus AR)

机的语义服务过程中,手机经过粗定位后用视觉定位系统(visual positioning system, VPS)进行精确定位时,会比较有利。

目前正在研制一套基于影像的室内建模系统(图34),采用手推车或背包方式搭载新型全景相机,摒弃激光和惯性测量单元,完全依赖强大的后处理软件。后处理将采用中央处理器(central processing unit, CPU)私有云并行计算和图形处理器(graphics processing unit, GPU)集成环境实现高速人工智能后处理。室内建模系统摄站间隔0.1 m以下,后处理时间与采集时间比例为1:1,首、中、尾用于改正的控制点采用自动识别方式。

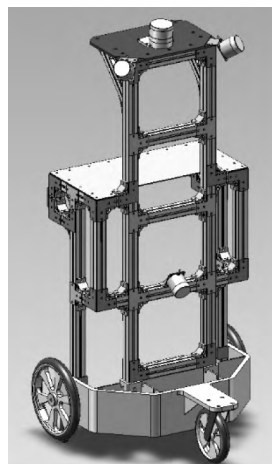


图34 研制中的室内建模系统

Fig 34 Interior Modeling System under Development

该系统不仅可在室内使用,还能在进入室内前的小部分室外场景进行数据采集,处理后的点

云精度可达 0.1 m 甚至更高。完全基于影像的即时定位与地图构建(simultaneous localization and mapping, SLAM), 内部精度是均衡的, 不会出现类似 GNSS 在遮挡区精度急剧下降的情况。一次处理后的室内点云同时还涵盖室外部分, 使得控制点测量无须引入室内。同时这类设备质量轻, 可以逐楼层作业, 在后处理能力足够强大的情况下, 可以建立各楼层统一的点云。但是当纹理贫乏的情况下, 同名点匹配会失效, 还需通过实验设法解决。

室内建模需攻克的技术难题:

1) 室内建模分类标准。室内实体三维提供语义服务的前提必须首先制定分类体系。没有分类标准, 即便全手工的语义分割都无法实现, 更何谈人工智能的语义分割。可见在团体标准中立项实体三维分类体系的迫切需求。

2) 结构化后处理。对室内实景三维进行结构化得到实体三维的难度甚至比室外实景三维的结构化还要大, 其原因是室内对象高差小、纹理贫乏。

3) 同时建立窗外模型与室内模型的叠加。室内建模与室外建模有所不同, 在室外进行采集作业时, 激光可以穿过玻璃进入室内, 得到少量的室内点云, 数量少, 深入到室内的深度很浅, 但室内建模通过窗户看到的室外场景, 数量多, 深度很深, 这些问题都有赖于试验加以解决。

4) 锚点(控制点)绝对坐标测量。进口的手推式室内建模测量系统采用激光准直系统, 停下时对系统进行定位, 称之为锚点, 虽然可靠, 但工作量较大。理想的方案是通过自动识别获取到特定形状控制点来代替锚点, 对全域的数据进行改正, 得到绝对坐标系下的模型。无论是锚点还是控制点, 都需要将室外坐标系统的基准引入室内。

5) 蓝牙等的识别与绝对坐标测量。室内建模以及室内语义服务, 都有室内定位的需求。目前室内定位主要采用蓝牙、Wi-Fi、地磁、重力等方案, 对室内定位网进行识别与定位工作量很大, 不可能手工完成, 需要更高效、自动化程度更高的解决方法。

所有室内建模的难题与室外相比, 其根本的困难在于室内定位。全国近 500 万个通信基站如果能在室内定位问题中发挥作用, 实现有信号即可定位, 未来绝对是康庄大道!

6.2 基于移动基站的室内定位

6.2.1 空间信息与万物互联

社会的发展形态、动能、趋势都将被智慧(通信+计算+时空感知+智能控制)重新定义, 迎来

人类社会发展的全新模式。智能成为智慧社会的新型生产要素, 时空大数据+机器+自然+人+智能技术等衍生出新的生产关系。

“高精度时空基础+通信”对智慧经济发展具有重要意义。“时空基础+通信”在万物互联与智慧城市中的重要作用。虽然卫星定位精度越来越高, 城市、室内、地下、高山峡谷、水下、干扰等定位导航面临重大难题。无线网络(2G/3G/4G 及广播)是国家的巨大资源, 几乎“无所不在、无人不用、无时不需”, 无线网络广域高精度定位研究已成为近年来国际发展热点。

美国、欧洲、日本相继出台法案, 要求运营商提供无线 2G/3G/4G 网络室内救援定位服务, 定位精度 60~300 m。城市无线定位已从室内报警求援发展到医疗、交通、旅游、商业、物流、安全、军事国防、反恐维稳等领域, 迫切需要: 精确到楼层/房间、地下、城市峡谷等小尺度空间的定位, 精度要求相应提高。

6.2.2 通信与导航融合的发展现状

挑战 1: 可测性, 环境复杂、多路径非视距效应严重、定位误差大;

挑战 2: 可靠性, 单一网络存在覆盖盲区, 需创建异构多源网络融合导航;

挑战 3: 实时性, 巨量位置感知计算的实时性处理。

北斗+“羲和”实现空天地一体化、室内外无缝导航, 将广域无线网络室内定位精度从国际上数十米提升至一米。

6.2.3 5G 通信及其导航发展的机遇

10 年一代, 移动通信峰值速率 10 年提升千倍, 1G~4G 面向个人通信 5G(含卫星)应用扩展到产业互联网和智慧城市。

5G 愿景: 信息随心至, 万物触手及。5G 将对导航定位性能提升具有重要意义。通信导航融合增强, 可基于低轨卫星搭载, 全球上万颗卫星及应用将带来广阔空间。

6.2.4 基站室内导航中的难题

1) 基站天线相位中心的 CGCS2000 系下坐标的测定。2G、3G、4G 基站建设时, 已经对基站天线相位中心的坐标进行测定并记录在案, 尽管精度无法达到厘米级的水平, 但足够用于亚米级的室内定位。5G 的宏基站跨度可达千米级, 在建设时也会测量其绝对坐标。随着 2G、3G、4G、5G 甚至 6G、7G 的发展, 基站时间系统的精度从微秒级提升至亚纳秒级甚至更高。测绘定位工作者有

能力通过电信号在电缆上传播的时间差计算出距离,同时计算出坐标。

2)移动运营商决策领导的积极性不高。三大运营商的年收益高达万亿,若利用基站进行室内定位会对主营业务造成干扰,这是决策者的一大顾虑,从而导致推广困难。解决办法是从技术上减少甚至克服由于增加了手机定位而干扰到通信与数据传输功能。

3)基于三大运营商大数据的整合。由于商业利益、出现安全问题的问责等各方面原因,三大运营商的时空大数据和实时大数据都互相保密,以致所谓的大数据成为有限的大数据,这对大数据技术的推广非常不利。导航大数据也存在同样问题。相信银行、公交、航空等大数据都是割裂的,大数据的整合只能依靠政府。

当前国内已经有行之有效的手机室内定位软件,手机生产厂商在手机出厂时预装此应用,用户就能享用米级的室内定位。当然,这一切都要建立在云平台记录了基站详细信息。若能实现,就可以回避 Wi-Fi、蓝牙识别与绝对坐标测量的巨大工作量,同时可解决地磁、重力、指纹信息采集的烦恼。

7 新潮流中的测绘高新技术

7.1 颠覆“一切”的智能手机

近几年,智能手机迅速占领人们的生活,其功能远超出传统的已经很强大的应用功能,全球用户已经接近 30 亿户。最近正在兴起的手机高精度室内外定位、手机实体导航、手机增强现实的室外版、基于手机的自动驾驶、手机语义服务、基于手机的泛在测绘等还将会对人类生活产生不可估量的影响。

7.2 小卫星

SpaceX 计划发射 10 000 个小卫星,OneWeb 计划发射 4 000 个小卫星,三星计划发射 6 000 个小卫星。中国在低轨卫星数量也逐年递增,提交的卫星申请数已超过 3 000 颗。

成千上万颗小(微)卫星将要发射,具有以下特点:价格大幅下降;性能不低(幅宽、分辨率、谱段...);机动;大量卫星组网,重访周期大大缩短;软件定义,一星多用,导、通、遥中两项需要测绘地信工作;退出机制,不会产生太空垃圾。

小卫星的发展离不开测绘行业的助力,同时也助力测绘行业提升服务能力。小卫星高精度定轨定姿;小卫星内外参数的在轨检校;无控制几

何定位,现地理参考;组网遥感数据的后处理:多中心、多光束;由于卫星数量多,数据源大大增多,使得基于卫星资料二维、三维深度学习的要素提取可靠性大大提高。

7.3 无人机

近年来,无人机成爆炸式发展。无人机的热潮应该是刚刚开始,其特点是使用的传感器从发烧级向专业级转变,传感器种类从单一传感器向多种传感器集成转变,飞行性能从较低安全性向 100%安全起降转变,从面状航线程控飞行向异形航带(沿公路、水系、岸线)飞行转变。有人机航空摄影在小区域范围内将会被无人机取代,同时国家可能会放开低空空域的管理,再考虑到无人机 1+N 的组网飞行模式,无人机在地理信息产业为社会提供服务方面将扮演重要的角色。

测绘行业随着无人机热潮的发展,测绘行业本身的技术也必须相应的提升,例如用 GPU 集成计算代替传统的刀片机的各种“工厂”,使得计算速度大大提高。

8 结束语

具有几千年历史的测绘行业始终围绕人类活动的需求开展业务,服务面关联到全社会的各行各业,测绘的服务能促使各行业发展更科学合理、更节能、更生态。

近年来科技发展迅猛,不断涌现大量“高大上”的高新技术,例如人工智能、虚拟现实、增强现实、自动驾驶等。这些新技术若想得到普遍应用,需寻求千万级以上的受众,有效的解决途径就是与测绘地理信息相融合,实现新技术“落地”,服务广大民众,否则就不能掀起“高大上”技术的应用热潮,导致进入迷茫期或者从高潮很快陷入低潮。

最近一年,地理信息的应用呈爆发式增长,社会上出现很多新词汇,这些词汇的英文缩写前面都加有“Geo.”前缀,例如 Geo. BI(地学商业智能)、Geo. AI(地学人工智能)、Geo. BIM(地学建筑信息模型)等,类似的词汇出现了几十个。

虽然全国已有 200 所测绘专业的高校,还有几万家从事测绘地信工作的企事业单位努力工作,面对这样爆发式的发展,测绘地理信息工作者需要更加努力工作,用高新技术全面武装自己,满足社会进步对我们的要求。

(注:6.2 节资料来自北京邮电大学)

(责任编辑:程锦)