

论自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的建立*

李德仁

(武汉测绘科技大学 武汉 430070)

摘要 未来10年遥感对地观测技术的发展使得遥感影像的获取将走向多种传感器、多分辨率、多波段和多时相。各国计划发射的对地观测卫星将使我们能够同时获取大量的、不同分辨率的、多波段的可见光、红外、微波辐射和侧视雷达的数据。从而构成用于全球变化研究、环境监测、资源调查、灾害防治的多层次遥感影像金字塔。为了能够及时地、充分地利用这些对地观测数据来回答地学研究和人类社会所面临的问题,更好地发挥遥感为国民经济建设服务的巨大潜力,必须从技术上建立一个自动化和智能化的空间对地观测数据处理系统。鉴于目前应用滞后于发射,软件落后于硬件的现实情况,本文简要叙述建立自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的必要性和可能性,分析建立该系统的主要目标和需解决的关键技术并希望国家集中各有关方面的人力和财力来共同攻关,以建立和完善我国的地球科学信息系统,提高综合研究与深入分析的现代化水平。

关键词 空间对地观测,遥感,地理信息系统,自动化和智能化数据处理,全球定位系统

1 建立自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的必要性

随着计算机技术和空间技术的发展,卫星遥感和卫星定位技术经历了30年的发展和进步,目前将进入一个能快速、及时提供多种对地观测海量数据的新发展阶段。

遥感技术发展的特点之一是不断研制新型传感器,除了框幅式可见光黑白摄影、多波段摄影、彩色摄影、彩红外摄影、紫外摄影外,还有全景摄影机、红外扫描仪、红外辐射计、多波段扫描仪、成像光谱仪、CCD线阵列扫描和矩阵摄影机、微波辐射和散射计、合成孔径雷达及各种雷达和激光测高仪。此外还有用于海洋遥感和大气遥感的多种其它传感器。这些传感器用不同的方式,对电磁波不同的谱段,获得对地观测的数据,以硬拷贝的返回方式和软拷贝的传输方式提供原始的遥感数据。今后的趋势是将多种传感器放到同一个卫星计划中去,例如已经发射的欧洲空间局的ERS-1和日本发射的JERS-1。特别是美国计划于1998年发射的EOS地球观测系统空间站,装有0.4—1.04 μm 64波段中等分辨率成像光谱仪,0.4—2.5 μm 192波段高分辨率成像光谱仪,1.4GHz(L波段)与6—90GHz 6波段高分辨率微波辐射计,还装有包括L波段(24cm)、C波段(5.7cm)和X波

* 在中国科学院地学部空间对地观测学术报告会上的报告,1993年11月24—26日,北京
收稿日期:1993年12月1日

段(3.1cm)在内的不同极化方式的 EOS-SAR 合成孔径雷达。从目前的动向看,微波遥感将是今后极有前途的遥感手段。

遥感技术发展的特点之二是形成多级分辨率影像序列的金字塔,以提供从粗到精的对地观测数据源。

就传感器高度而言,利用遥感无人飞机、直升机、飞艇、气球,低、中、高空飞机等航空遥感平台,可在 50m 到 20000m 高度上,利用人造地球卫星、太空站、航天飞机、载人飞船和各种太空探测器等航天遥感平台,可在 200km 以上,到上万公里的高度上获取各种大、中、小比例尺的遥感影像。

就空间分辨率而言,其跨度从 NOAA AVHRR 的 1.1km, Landsat MSS 的 80m, MOS-1 的 50m, TM 和 ERS-1AMI 的 30m, MOMS-01 的 20m, JERS-1 的 18m, SPOT-1,2 的 10m/20m,到原苏联 KFA-1000 及德国 MOM-02 的 5m(SPOT-3,4 也将达到 5m)。空间分辨率愈高,其地面扫描的宽度将愈小。例如加拿大计划发射的 Radarsat 四种作业方式下的空间分辨率为 10m,28m,35m 和 50/100m,其扫描宽度相应为 50km,100km,180km 和 300/500km。

如果再考虑到航空遥感能达到米级、分米级、甚至厘米级的分辨率要求,这样就自然地构成了地球表面的影像金字塔,人们在粗分辨率的影像上可以快速地发现可能发生变化的地区,而从细分辨率影像上,则可详细地分析和研究这些变化。

遥感技术发展的特点之三是可以反复地获得同一地区的多时相性影像数据。一般说来,空间分辨率低的其时间分辨率就高。如 METEOSAT (欧洲同步气象卫星),每 30 分钟即可重复得到同一地区的图像,NOAA 气象卫星每天可收到二次图像,以利于气象预报和全球变化监测。ERS-1 的重复周期为 3 天,风云气象卫星为 6 天,陆地卫星 5,6 为 16 天,MOS-1 为 17 天,SPOT 卫星的重复周期为 26 天,但由于它的镜面反射侧向倾斜,故可在 26 天中多次获得同一地区的影像。印度 IRS-1 为 22 天,日本 JERS-1 为 44 天。航天飞机和航空遥感的重复进行由人们根据需求和可能作出计划。例如香港每年作两次航空摄影,美国每 5 年对全国重复一次 1:4 万的航空摄影。

遥感多时相性提供了人们长期、系统和动态地研究地球表面变化及其规律的可能性。例如美国地质调查局地球资源观测卫星数据中心(EROS Data Center)和加拿大遥感中心(CCRS)合作,将连续 10 天中的 NOAA AVHRR 数据融合在一起,形成北美植被指数图,并结合 GIS 中其它各种数据,建立起北美土地覆盖数据库,供全球变化研究之用。

遥感技术发展的特点之四是尽可能增加更多谱段的遥感数据,一方面是充分利用能透过大气的各类电磁波谱段,向红外、远红外和微波方面扩展,另一方面则是细分光谱段。例如美国 Landsat-6,7 陆地卫星的 ETM 增强型专题制图仪除了 7 个光谱段外,还有一个高分辨率全色波段。此外它还加了 5 个热红外谱段和 8 个海洋宽视场传感器。又例如,美国 EOS 地球观测系统空间站,计划了 256 个波段的高分辨率的成像光谱仪,光谱分辨率达到了 10nm(0.01 μ m),还加上 10 种微波辐射仪和合成孔径雷达数据,L,C,X 三波段 SAR 可使人们得到假彩色雷达图像,而且极化方式也是多种多样,这样做的目的在于提高识别和区分各种地面目标的能力,以利于影像自动判读。进一步的扩充是除了获取上述各种波谱信息外,再设法从航天器上直接获取地物的频谱信息,称为地物频谱图像

(SZI—Structural Zonal Image)。

基于上述诸特点,未来的卫星遥感计划将尽可能地集多种传感器、多级分辨率、多波段和多时相于一身,并将 GPS,INS,CCD 等技术和快速数据处理系统结合成所谓既采集又处理数据的智能传感器,从而以更快的速度、更高的精度和更大的信息量来提供对地观测数据。

面对如此大的信息量,不可能用低水平的、以人工作业为主的常规遥感对地观测数据处理方法。大家知道美国的 Seasat,仅仅工作了 70 天,它获得的数据量需要花 4 年时间才能处理完毕。那么,当 1998 年 EOS 上天之后,如何才能处理它的海量数据呢?显然,自动化和智能化的数据处理是唯一的出路。

再从用户的需要分析。人类社会的生存和发展,需要我们为资源、环境、灾害和全球变化研究,提供整体的、实时的和动态的对地观测、分析和应用的运行系统,就象目前中央气象台利用卫星气象遥感和各种有关信息建立的气象预报和分析系统那样,而不能停留在孤立的、示范性的、一次性的遥感调查。从这个意义上讲,完全需要有自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的技术支撑。例如,当建立一个全球变化的监测分析系统,需要定期(每周或每 10 天)地将搜集到的气象卫星图像自动进行配准、几何纠正,以获得标准化植被指数,并结合 GIS 数据导出全球土地覆盖图,然后再将多时相土地覆盖情况进行比较,以获得全球变化情况。又如,要建立一个洪水灾害实时监测系统,就需要实时地将航空侧视雷达数据传输到地面控制中心,并实时地加以处理,与贮存在 GIS 中的数据进行实时比较和分析,以对洪水灾害的处置提出决策咨询意见。显而易见,这一类用户要求的不可能是目前的低自动化水平的遥感与 GIS 处理系统,而必定是高速度的、自动化和智能化的对地观测数据处理系统。

2 建立自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的可能性

计算机技术、数字图像处理、全球定位系统、解析和数字摄影测量以及专家系统技术的进步和成就,使得我们有可能通过进一步地努力而建成一个自动化和智能化程度很高的、实时的空间对地观测数据处理的运行系统。

2.1 计算机硬件技术的发展,将为建立自动化和智能化系统提供作业平台

计算机硬件技术的发展,据报道,到本世纪末,供科学家个人用的计算机工作站将达到如下性能指标:(1) 500—1000MIPS 的 CPU 中央处理器;(2) 500MB 的主存;(3) 5GB 硬盘和 50GB 光盘;(4) 2000×2000 像素的工作站图形屏幕;(5) 100Mb/s 的数据传输速度。

这样就为运行自动化和智能化的软件创造了必要的作业平台。

2.2 GPS 全球定位系统及其在航空、航天遥感中的应用为实现遥感对地定位自动化创造了条件

GPS 全球定位系统是美军自 70 年代初期开始研制的新一代卫星导航和定位系统。

它由 24 颗工作卫星和 3 颗备用卫星组成,工作卫星均匀分布在 6 个相对于赤道的倾角为 55° 的近似圆轨道面上,轨道面之间夹角为 60° ,轨道平均高度为 20200km,12 恒星时绕地球一周。这种布局可保证地球任一点任一时刻均可收到 4 颗以上卫星的信号,实现瞬时定位。目前已上天 23 颗工作卫星和 3 颗备用卫星,可以说 GPS 系统已达到全效能服务的黄金阶段。

GPS 卫星发射的是一对相干波,频率和波长分别为:

$$f_{L_1} = 1572.42\text{MHz}, \lambda_{L_1} = 19\text{cm}$$

$$f_{L_2} = 1227.60\text{MHz}, \lambda_{L_2} = 24\text{cm}$$

在这个载波上分别加上了 C/A 码(粗码)和 P 码(精码)伪随机噪声码, $\lambda_p = 29.3\text{m}$, $\lambda_{C/A} = 293\text{m}$ 。

GPS 实时定位采用伪距法测定卫星伪随机噪声的传输时间(即伪距)。如果同时观测了 4 颗卫星,则可按距离交会法由卫星星历表测出测站位置和接收机时钟误差 4 个未知参数。

载波相位差分法是记录卫星信号和接收机参考信息之间的相位差。将许多单测点瞬时载波相位观测值进行组合,形成单差、双差和三差方式,以便处理方法消除各种系统误差,从而达到较高的精度。而且可以对付美国实施的 SA^① 和 AS^② 技术的干扰。当然伪距观测值也可以利用差分方法提高精度。

从理论上讲,测相精度为 1% 周期计,则载波相位法的极限分辨率为 1.9mm 和 2.4mm,而伪距法仅达到 3m(C/A 码)和 0.3m(P 码),采用差分方法,精度都会明显地提高。

GPS 的主要用途是实时导航和定位。在测绘学科中可以取代常规的大地测量仪器进行各种精度的定位。据刘经南教授等人多年的研究和实践:2 个小时的单点静态定位,利用 C/A 码和广播星历,定位精度为 $\pm 30\text{m}$,若增加观测时间到 6 小时,可达到 $\pm 15\text{—}20\text{m}$ 。静态伪距差分(C/A 码)可达到 $\pm 5\text{—}10\text{m}$ 精度。20—30km 距离上的单双频相位差分可达到 2ppm 精度,50—200km 距离上的双频相位差分可达到 1ppm 精度,长距离长期观测可达 10^{-8} 精度。用静态相对定位方法测出的大地高差误差 $\frac{\Delta h}{D}$ 可达到 3—

4ppm,当距离小于 20km 时,可达到厘米级精度,引入高级水准点,进行高程转换后,在平地 and 丘陵地可达到 $\pm 5\text{cm}$,山区亦可小于 $\pm 20\text{cm}$,因此它可代替四等水准测量。

GPS 技术除了用于大地测量外,已成功地用于航空摄影测量中,已取得的成功经验表明,利用设在地面参考点上和飞机上的 GPS 接收机进行载波相位差分测量及光束法区域网平差,可以满足各种比例尺航测成图对空中三角测量的精度要求。在小范围内可达到 $\pm 3\text{—}5\text{cm}$ 的精度。

星载 GPS 接收机,如 Monarch 和 TANS II 等型号已经问世,它们可用来对低轨道地球观测卫星进行精确定位,例如 Landsat-5 上的 GPS 接收机,测定在轨及其垂直方向上的定位精度为 $\pm 10\text{m}$,而高度的测定精度可达到 $\pm 15\text{m}$ 。经推算,如果我国 1996 年发射的 CBERS 遥感卫星装上星载 GPS 接收机,并在地面设立 2—3 个地面基准站进行

① SA-Selective Availability (选择可用性)

② AS-Anti-Spoofing (反电子诱骗)

DGPS 定轨测量,可望达到米级的精度,进而可获得遥感地面目标的自动定位精度达到或优于 $\pm 10\text{m}$ 。此外,美国宇航局和法国国家空间研究中心于 1992 年联合发射的 TOPFX/POSEIDON 海洋测量卫星上利用星载 GPS 接收机和微波测定仪,以求获得海面地形测量达到 $\pm 13\text{cm}$ 的高精度。由此可见,GPS 技术的应用已经从地球表面系统扩展到航空测量和航天遥感。

2.3 数字摄影测量和遥感图像处理的成就将能实现语义和非语义信息的自动提取

过去 100 多年来,摄影测量学经历了模拟法和解析法的阶段,现已进入数字摄影测量时代。广义的数字摄影测量包含了硬拷贝的机助测图和软拷贝的数字测图,因为它们都能获得数字地图产品,而目前更多的人将它理解为全数字化摄影测量。它是一种基于数字影像的摄影测量计算机处理系统,在美国又称软拷贝摄影测量或像素摄影测量。

数字摄影测量系统利用人工和自动化技术,由数字影像经过各种数字摄影测量处理(包括各种数字图像处理)而生成各种数字的和模拟的产品,可按常规摄影测量成果硬拷贝输出,也可直接将数字产品送入 GIS 或 CAD 系统中使用。

数字摄影测量系统可以说是用标准的计算机硬件及影像输入输出设备加上专用的摄影测量软件而构成的,这就从根本上改变了长期以来摄影测量仪器的生产格局。

尽管在现阶段,数字摄影测量系统上仍可以“人工”作业,但系统所追求的无疑是高自动化、高速度和高可靠性。利用机载、星载 GPS 技术和高精度多片自动化影像匹配确定像片控制点和连接点,目前的空中三角测量测定点位的过程已经可以实现全自动化。随着影像分析方法由低水平(基于数据的方法)向高水平(基于知识的方法)的发展,航空和航天立体影像对的数字影像匹配方法用于自动建立数字地面模型和生成数字正射影像已经取得成功并开始推向应用。目前的产品有美国海拉瓦 HAI-750(现通过莱卡公司以 DPW 系列产品出售),德国阿克曼教授的 Matching-T(通过蔡司厂以 PHODIS 产品出售和 Intergraph 公司以 Image Station 出售)和我国武汉测绘科技大学的 WuDAMS(正与澳大利亚合作推向市场)。它们都是利用多条核线、多点二维整体匹配、多层影像金字塔和带几何约束条件的松弛解法,将基于特征和基于灰度的匹配方法结合在一起。目前在工作站上的解算速度为每秒 100—200 点左右,一个立体像片对扫描输入后经 2—4 小时计算机处理,便可获得数字地形模型,解决地貌测绘的任务,而且还可得到数字正射影像。近期的研究在于研制影像匹配质量的自动诊断系统,以提高方法的可靠性。

以上属于影像中非语义信息的自动提取,摄影测量中的地物自动测绘则属于语义信息的自动提取。目前主要采用关系匹配,基于模型和假设的广义模型,基于小波的多尺度多级分辨率变换和信息融合技术,已能从航片和 SPOT 影像上自动识别出主要人工目标,如道路、机场、房屋等。利用单片或正射影像的半自动化地物目标信息提取也是人们正在研究的内容。

对于小比例尺遥感图像的自动判读,过去 20 年中已经有一些研究成果和许多专题判读的专家系统。今后随着遥感数据多谱段、多分辨率等多重信息的特点和从 GIS 中自动提取影像判读所需知识技术的发展,将会提高遥感图像自动判读的精确性和可靠性。

2.4 GIS 技术将使得遥感数据的采集、传输、存储、管理、分析、描述和应用成为一个整体的信息网络

GIS 本身就是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、地球科学、信息科学和管理科学为一体的多学科新兴边缘学科。它研究计算机技术与空间地理分布数据的结合,通过一系列空间操作和分析,为地球科学、环境科学和工程设计,乃至国民经济发展、城市建设及企业经营提供对规划、管理和决策有用的信息,并回答用户提出的有关问题。

50 年代以后,由于电子计算机的发明及其在航测与制图学中的应用,使人们有可能用计算机来收集、存储和处理各种与空间和地面分布有关的图形和属性数据,而计算机技术中的数据库管理技术、空间分析方法和计算机图形学的发展为 GIS 的应用创造了技术条件。

1963 年,加拿大测量学家 R. T. Tomlinson 首先提出了地理信息系统这一术语,并建立了世界上第一个 GIS 系统——加拿大地理信息系统 (CGIS),用于自然资源的管理与规划。

经过 70 和 80 年代的研究、开发和应用,目前在全球范围内,GIS 以前所未有的并且超出了当初遥感的发展速度,在科学界、技术界和商业界,在社会、军事、经济和管理部门全面发展和推广应用,其主要标志是:

- 投入使用的 GIS 系统,每 2—3 年就翻一番;
- GIS 市场的年增长率为 35% 以上,目前从事 GIS 的厂家已超过 300 家,其中主要厂家的年销售量增长均在 100% 以上;
- 愈来愈多的地区性和国际性会议以 GIS 为主题,讨论内容包括技术成就、GIS 理论基础以及各式各样的应用;
- 愈来愈多的学术刊物和学术论文采用 GIS/LIS 作为标题;
- 愈来愈多的学科,如地理、工程学、森林学、城乡规划、计算机科学、测量与制图学、航测与遥感等,将 GIS 作为其发展方向加以强调;
- 愈来愈多的大学增加关于 GIS 的课程,对 GIS 感兴趣的学生人数愈来愈多;
- 国家性和地区性的 GIS 研究中心已在美、英等西方主要国家建立起来,我国也已建立了两个有关 GIS 的国家重点实验室。

在 GIS 技术的发展中,多用户网络的硬件结构已成为当今的主流方向,它将计算机服务器、文件服务器、工作站和分享式终端集成起来,任一用户均可随机存取和使用网络上的各种资源,可以达到每秒兆字节以上的数据传输速度。目前计算机厂家正在提供由不同厂家工作站组成的计算机网络。利用远程通讯技术,计算机网络之间可以实现跨国、跨大陆的 GIS 联网。

一些具有特殊处理功能的硬件,如计算机服务器、文件服务器、分类服务器(如 TRW 的 Fast Data Finder)和搜索服务器(如 Excel 的 Sorting Engine)正在为网络而研制。实现地图多层片叠置分析的硬件工具将在不久被研制出来。

GIS 外部设备中的主要发展是栅格数据输入、输出设备将愈来愈好且愈来愈便宜,从

而利于影像数据的输入和输出。

专门用于 GIS 的工作站还可能会具有下列功能:能在数据采集时进行数据改正的数据采集装置;一种类似沙盘地图的“电子沙箱”将用来作交互式、基于 GIS 的分析、建模和规划,能将数据显示在球面上的专门用于全球研究的工作站;以及专门的 GIS 会议室,在这种会议室内,具有专门的 GIS 工作站、大型显示装置(如大投影屏幕等)和 GIS 规划和会议桌。

此外,多媒体技术正在引入 GIS 中,以改善 GIS 的数据采集、数据处理以及成果表达与输出的效能,发挥声、像等多媒体的作用。

GIS 与遥感(RS)的结合正在发挥其巨大效力。RS 是 GIS 重要的数据源和数据更新手段,而反过来,GIS 则是遥感数据处理的辅助信息,用于语义和非语义信息的自动提取。1991 年海湾战争中的自动指挥决策系统就是由美国国防制图局(DMA)提供 GIS + RS 的结合系统,保证在 4 个小时内将所获得的战场航空、航天遥感图像的处理结果送到前线指挥部。GIS 与 RS 的结合方式包括:分开但是平行的结合(不同的用户界面、不同的工具库和不同的数据库),表面无缝的结合(同一用户界面、不同的工具库和不同的数据库)和整体的结合(同一个用户界面、工具库和数据库)。未来要求的是整体的结合。

2.5 专家系统(ES)技术将提高对地观测数据处理系统的智能化程度

专家系统是人工智能领域中最活跃的一个分支,它设法将人类专家的特殊知识赋予机器,使机器和计算机对问题的求解达到专家水平。专家系统的先驱费根鲍姆(Feigenbaum)指出,专家系统是一种智能计算机程序,它使用知识和推理来解决十分困难的问题。其关键的问题是知识工程,即知识的获取、表示和利用三个方面的问题。

经过 20 多年的研究,对知识的表示和利用已取得不少进展和成果,而对知识获取则主要依赖由知识工程师和专家来提供,尚不能自动进行。在过去的研究中,曾提出过自学习系统,目前则提出了从数据库中发现知识(KDD)的技术。在上面的测绘、遥感和 GIS 系统中,尤其是数字摄影测量和遥感影像的判读,语义和非语义信息的提取,GIS 中的智能决策支持等都急待利用专家系统来提高系统的自动化和可靠性。而在同时,GIS 数据库中的大量数据和信息本身就是在大自然和人类社会活动双重作用下的产物。因此,专家系统所需要的许多知识,就恰好隐含在 GIS 数据库中,这就为专家系统的发展和应用程序提供了一个相互促进、相互作用的集成环境。

3 建立自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的主要目标

尽管目前已具备了建立自动化和智能化空间对地观测数据处理系统的必要性和可能性,但是,对未来 10 年可能获得的各种对地观测数据源,并不具有现成的、可用的系统,能达到用户满意的自动化和智能化程度。而且,近 20 年来我国所引进的 100 多套图像处理系统,其硬、软件正在被淘汰,新购遥感和 GIS 软件,价格既昂贵,又不能真正满足我国需要。因此,急待我们自行抓紧研制一套面向未来的自动化和智能化空间对地观测数据处理系统,在软件开发和系统集成上下大气力。

这样的系统,应满足下列基本要求:(1) 必须实现从原始数据获取、预处理、信息自动提取和分析,到决策应用的一条龙实时运行系统;(2) 能同时处理国内外资源卫星、气象卫星、海洋卫星、定位卫星与航空、地面观测、物理化学勘探数据;(3) 实现图形数据、影像数据和属性数据一体化的、面向目标的数据库管理;(4) 能自动地由数字影像或数字图形中提取语义和非语义信息;(5) 建立一个基于 GIS 和 RS 的知识工程和知识发现系统,以提高整个系统的智能化水平;(6) 建立一个兼容性好,面向用户、与用户友好、易于学习和掌握的“傻瓜式”用户界面。显而易见,建立这样的对地观测数据处理系统,不论对我国和外国,均是一个具有极高难度的系统工程。它涉及到系统组织、基金投入、技术攻关、系统实施等方面一系列的问题。

我国卫星的研制和发射,在国际上享有盛誉,但对应用系统的研究和开发,一向重视不够,投资不足,使之成为影响应用卫星和卫星应用社会效益的瓶颈和最薄弱的环节。为此,抓紧研制,力争在我国资源卫星和全世界新一代卫星计划上天之后,能及时地接收、处理、分析、管理和应用庞大的信息流,使之及时地为我国的经济腾飞和科学研究服务。

4 需要解决的一些关键技术问题

按上述目标建立的自动化和智能化对地观测数据处理系统,必然是现代全球定位系统技术、遥感技术、数字摄影测量技术、地理信息系统技术和专家系统成果的综合与集成,它跨越计算机科学、空间科学、信息科学、地球科学与生命科学诸多领域。

我国自改革开放以来,经过全国科学家的共同努力,已经培养了一批中青年优秀人才,积累了较丰富的经验,并在各个环节上取得了一批有价值的成果。今后的任务是争取国家和社会各界的支持,集中人力和财力,攻克技术难关,以求尽快地集成该系统,使我国的卫星应用上一个新台阶,真正达到国际先进水平。

从技术角度看,至少应解决下列关键技术问题:(1) 星载 GPS 和微波测高技术相结合的遥感对地定位方法;(2) 影像数据压缩技术(压缩率达到 30:1)和数据快速传输技术(达到 100—200Mb/s 的数据传输速度);(3) 立体影像数字匹配的快速、稳健算法和多时相、不同分辨率影像的几何配准方法;(4) 高水平影像理解和自动像片判读的专家系统研究;(5) 基于图形、影像和属性数据的一体化数据结构和面向对象的数据模型;(6) 图形、影像和文字数据的自动采集和自动更新问题;(7) 不同分辨率、不同精度、不同时间的多种数据的复合和多尺度 GIS 中的数据综合;(8) 基于专家系统的地学对象的空间快速查询、分析和决策咨询系统的研制;(9) 各种不同数据的质量模型和数据不确定性的处理方法;(10) 由 GIS 和遥感影像中发现知识的知识工程系统;(11) 自动化和智能化对地观测数据处理系统中的人机协同等。

综上所述,不难得出以下的结论与建议:(1) 建立自动化和智能化空间对地观测数据处理系统,是一项十分紧急、必要而又可能的高科技研究和系统集成的软件工程,是未来提高卫星应用经济效益以解决重大社会发展和地学科学研究的关键之一。(2) 应当将

这一项目列为我国科技攻关的重点项目之一。集中人才优势,提高投资强度,抓紧研究和开发,力争早日形成产品。(3) 在现阶段下,不应继续盲目引进国外的低水平或即将被淘汰的遥感和 GIS 数据处理系统软件。(4) 在实施这一项目的过程中,应充分协同合作,应充分利用在过去 10 多年来各行各业有关的技术成果或半成品,避免不同部门之间的低水平重复工作。

参 考 文 献

- [1] 陈述彭等. 资源卫星应用系统及其智能化,地学的探索,第四卷: 地理信息系统. 北京: 科学出版社, 1992, 166—182.
- [2] 李德仁. GPS 全球定位系统在航空遥感精确定位中的应用. 环境遥感,1991,6(3).
- [3] 刘基余: 美国星载 GPS 近况与我国应用设想, GPS 在我国应用前景研讨会会议材料,1993, 北京
- [4] 李德仁. From Photogrammetry to Iconic Informatics, ZPF, 1992(1), 测绘通报,1991,(4).
- [5] 李德仁. 遥感对地观测技术的进展——在中国科学院地学部空间科学、大地测量和地球物理学术讨论会上的报告. 冶金测绘,1993,(4).
- [6] 李德仁等. 地理信息系统导论. 北京: 测绘出版社,1993.
- [7] 张文星等. 专家系统原理与设计. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社,1989.

On Development of an Automatic and Intelligent Remote Sensing Data Processing System for Earth Observation from Space

Li Deren

(430070, *WTUSM*)

Abstract The progress and development of remote sensing technique for earth observation in the next 10 years makes data acquisition possible to be multi-sensor, multi-resolution, multi-spectral and multi-temporal. A number of earth observation satellite programmes will provide us with huge remote sensing data with different resolution, different spectra throughout visible, infrared, thermal infrared and microwave. These data build up a pyramid of image data for the investigation of global change, environment monitoring, resource surveying and disaster prevention. It is necessary to develop an automatic and intelligent remote sensing data processing system for earth observation from space in order to use these data quickly and successfully in real time or on time to answer the facing problems of geo-science research and human social development and to exert the potentials of remote sensing in national economy development. Facing the real situation that the satellite application does not catch up with the satellite launch and the software development does not catch up with the hardware updating, this paper briefly describes the necessity and possibility for developing an automatic and intelligent remote sensing data processing system. The main goal of this system and the key technique points to be solved are also analyzed in the paper. We hope our government will pay more attention and put enough manpower and financial support from related departments into this project in order to set up and improve Chinese Geo-Science information system to a higher level in synthetic research and effective analysis of the earth and its environment.

Key Words Earth observation from space, Remote sensing, Geographic information system (GIS), Automatic and intelligent data processing, Global positioning system (GPS)