

# 测绘遥感信息工程国家重点实验室若干研究的新进展

张松波 杜道生 廖明生 刘秀英

测绘遥感信息工程国家重点实验室(LIES-MARS)是我国测绘系统唯一的一所国家级重点实验室。测绘遥感信息工程国家重点实验室以测绘科学和信息科学为基础,综合研究空间定位、遥感和空间信息系统的基础理论、技术、应用模式和集成方法,努力探索和发展新的测绘理论、测绘遥感信息处理技术,为国民经济建设和社会发展过程中的微观分析与宏观综合提供有效的技术手段,为国家资源调查、环境保护、灾害防治、国土整治、城市规划和工农业生产提供可靠的测绘信息服务。

测绘遥感信息工程国家重点实验室自1991年开始建设以来,在影像信息提取自动化和数字摄影测量、计算机视觉与实时摄影测量、遥感应用的基础理论研究、空间信息系统基础理论、空间定位、全球重力场模型研究等方面取得了重要成果,并于1995年通过国家验收,1996年顺利通过国家自然科学基金委员会组织的评估,在同期参加评估的14个重点实验室中获得第5名的好成绩。近年来,实验室的科学研究工作又取得了长足进步,本文仅从基础理论研究与应用基础理论研究角度,就几个主要研究方向研究工作的新的进展情况加以介绍。

## 1 遥感影像信息提取自动化和数字摄影测量研究的新进展

### 1.1 数字影像匹配的理论与技术

数字影像匹配的理论与技术是数字摄影测量研究的核心。基于跨接法的整体影像匹配法已日趋成熟,具有稳定可靠、对参数不敏感和操作简单的优点,其高速自动匹配已达1000个点/秒。目前主要致力于数字影像匹配理论和方法的进一步完善,新的进展有:

(1) 利用神经网络的大规模并行运算性能和自适应性寻求整体上的最优匹配;

(2) 提出了一种映射方法,使得Hopfield神经网络能够用于实现松弛算法,由于Hopfield模型可

由集成电路实现,因而使得基于松弛算法的影像匹配可以实时地完成,极大地提高了处理速度;

(3) 引进小波变换技术,提出了基于小波分解的金字塔影像的匹配方案,在减少计算量的同时可以提高计算的可靠性;

(4) 采用了一种可以解决“零”匹配和“多”匹配的算法,较好地处理了影像遮蔽和断裂现象的匹配问题。

### 1.2 图象信息提取的自动化方法

研究从遥感影像中快速有效地提取目标的几何与专题信息的应用方法和模型,是我室重要的研究课题之一,新的进展有:

(1) 基于可变模板的航空影像中典型建筑物提取方法,该方法顾及了目标的全局特性,从而提高了信息提取的可靠性;

(2) 基于神经网络进行地名整体最优配置的研究,已完成点状地名、线状和面状地物的自动注记;

(3) 依据信号与噪声的小波变换在不同分辨率下呈现不同特性的特点,提出了一种新的图象去噪方法——多分辨率支集图象低通滤波法,该方法对高斯和均匀分布的噪声具有良好的平滑作用,有较强的抑制图象噪声能力。

### 1.3 新型传感器图象处理技术

针对新型传感器的发展趋势,研究应用新型传感器图象的若干技术,主要研究工作有:

(1) 基于特征的雷达图象立体匹配建立DEM的技术,机载SAR几何精度纠正;

(2) 多种不同几何特征、不同波谱特性、不同分辨率、不同成像方式影像的融合技术,解决了融合影像间的高度精度配准,基于像元、基于特征和基于影像分类的融合技术等;

(3) 成像光谱仪各波段图象的波谱相关性,最佳波段选择与混合像元分解的理论与技术,成像光

谱仪图象数据的高保真压缩方法;

(4) 高分辨率数字影像立体像对 DEM 模型、立体匹配技术、人机协同方法提取专题信息的方法等。

#### 1.4 卫星遥感影像处理

为了积极参与和配合国际上在全球环境和监测等领域的研究,国家测绘局委托我室于 1996 年底建成气象卫星地面接收站,用于宏观监测的业务化运行和相关技术的研究。正在进行的研究工作:

(1) AVHRR 数据全自动精确定位,研究多轨道数据的快速精处理和拼接;

(2) 地表覆盖、干旱、洪涝等专题信息提取的实用技术,提高遥感数据在国民经济运行部门的应用能力;

(3) 多时相数据用于宏观尺度的变化检测,充分利用 AVHRR 等数据的高时间分辨率特性,从累计数据中提取信息;

(4) 与地理信息系统的集成技术,加强预报和实时监测的方法研究。

## 2 空间信息系统研究的新进展

### 2.1 真三维数据结构和数据模型

空间信息系统 2 个最重要的特征是拓扑关系和复杂对象,而拓扑关系和复杂对象的表达要求层次结构和对象嵌套,并且经常涉及到一对多的关系,因此,真三维数据结构和数据模型是构造三维地理信息系统的核心和基础,也是目前国际上广泛关注的一个研究热点。在这方面我们取得了如下进展:

(1) 矢量与栅格集成的三维数据模型。已经抽象出 13 类空间对象和一个数据结构,每一种空间地物是面向对象概念中的一个类,它们可以用概括、联合、聚类的概念表达这些类之间的关系;

(2) 基于流形拓扑的三维空间形式化描述。以组合拓扑学为基础,将三维空间实体定义为  $K$  维为伪流形 ( $0 \leq K \leq 3$ ),通过  $K$ -维伪流形和  $K$ -维流形之间的相互关系,导出了三维空间实体所具有的拓扑性质。通过  $K$ -维伪流形和单纯形及单纯复形之间的对应关系,给出了空间实体的几何构造关系有形式化描述方法。以基于维数扩展法的 9 元组描述框架为基础,给出三维空间实体的基本几何元素即  $K$ -单纯形 ( $0 \leq K \leq 3$ ) 间拓扑空间关系形式化定义及描述框架。由空间实体可单纯剖分特性,提出了一种顾

及空间剖分的三维拓扑数据结构;

(3) 空间关系的 9-交模型和基于 9-交模型的空间推理。在分析了 9 元组框架的优点与不足及其产生的原因的基础上,提出了用空间实体的势和范围 ( $A^V$ ) 代替元 9 元组中“补”作为空间实体外部,并结合空间实体边界 ( $\partial A$ ) 内部 ( $A^0$ ),构成新的基于空间实体势和力范围的空间关系描述的 9-交模型(简称 NIV);

(4) 规范化空间对象模型和实现方法。采用相互操作的空间数据共享方式——即在类库中设计一套标准的空间数据操纵函数(API)直接操纵对象的空间数据以达到数据共享的目的,这是一个理的方式。二是采用空间数据交换标准即制定一套空间数据交换的物理格式,然后为每个软件设计一套读写这一标准格式空间数据的程序,以实现空间数据共享。

### 2.2 面向对象的时空数据模型

对地理信息系统中的时空数据建模,我们在充分考虑时空数据的基础特点,并深入分析国际上时空数据模型方面已有的成果及存在的不足的基础上,从概念、理论和逻辑 3 个层面上对时空数据模型进行广泛的研究,提出了若干创见性的理论思想和技术方法,主要包括:

(1) 提出了时间尺度和事件序列两种时间概念模型,发展了场时间标记时空概念模型、目标时间标记的概念模型、场变化时空概念模型和目标化时空概念模型;

(2) 通过引进元组、集合、序列、时态对象构造子来构造复杂时态对象,引进子对象关系和部分对象关系来支持对象操作定义;

(3) 基于事件序列的时间语义给出了时空拓扑关系的概念。基于点集拓扑理论给出了时态拓扑关系的完备且唯一的形式化描述,并区分了时态关系和时态拓扑关系的概念内涵和描述形式;

(4) 较全面地提出一套时空数据逻辑建模的指导原则。并在该原则指导下设计了若干基本时空对象数据类型、时空操作和时空完整性约束,这些构成逻辑层的时空数据模型,发展了为支持各种时空应用数据建模的通用软件平台 API。在逻辑层的时空数据模型的实现方面,先后提出了非一范式的实现方法,基于版本机制的实现方法和基于面向对象的实现方法。

## 2.3 地理信息标准化与规范化

地理信息标准化与规范化是实现地理信息产业化的必要条件之一。在标准化和规范化研究方面不仅要与国际标准接轨,而且应本着独立自主的精神研究和制定适合我国国情的地理信息标准。在这方面我室研究人员与有关国际组织合作,完成了“空间数据转换标准技术特征”的研究并出版了一本专著;与国内专家合作完成了“城市地理信息系统标准化指南”的研究并出版了一本专著。另外,还提出 GIS 空间数据共享的 3 种模式和基于对象模型的空间数据交换格式(讨论稿)。九五期间将完成下列标准的研究和制定工作:

- (1) 城市地理信息系统基础数据库建库规范。
- (2) 城市地理信息系统设计规范。
- (3) 城市地理信息系统功能测试规范。
- (4) 空间数据模型标准。
- (5) 元数据标准。

## 2.4 GIS 基础软件 GeoStar 的最新进展

GeoStar NT 版继续采用当前计算机领域最先进的面向对象技术,根据地理信息系统和计算机技术发展趋势,将网络化和集成化作为软件的基本特征,在以下方面取得了较大进展:

(1) 可以建立大型矢量和影像数据库,实现矢量和影像数据的叠加套合,在图象的快速漫游方面有较大突破;

(2) 建立了开放式 GIS 开发平台。提供多种层次的开发途径,采用 ODBC 技术,可与各种数据库连接;

(3) 提出并运用空间算子的概念,将空间分析的各种问题系统地归结为基本的有限数量的空间算子或这些算子的不同参数和顺序的任意组合。通过这些基本算子的组合,完成了各种各样的空间分析功能;

(4) 将数字高程模型和数字正射影像与常规的矢量数据和各种属性信息集成在一起,为地理信息系统提供了一个三维逼真的动态交互式的运行环境;

(5) 在遥感图象处理方面,提供了更复杂的、多功能的、多波段影像处理与分析、专题信息提取以及栅格与矢量数据的相互转换功能。

## 3 空间定位技术研究的新时展

### 3.1 广域差分 GPS 系统

广域差分 GPS 系统和广域 GPS 增强系统是近几年国际上空间定位技术研究的热点,它包括研究发展水平、质量评价和技术标准、核心理论与关键技术等,我们主要开展了如下研究工作:

(1) 采用国内适当分布的 5 至 6 个“差分基础站”3 天的 GPS 卫星跟踪实测数据定轨,获得了外推 12 小时,精度为  $\pm 5\text{ns}$  精度的星间相对钟差;

(3) 完成了“中国广域差分 GPS 导航服务系统”的研究,为我国建立广域差分 GPS 网建网的总体方案,以及与建网有关的一些基本理论及关键性技术;

(4) 采用正交函数基底实时合成了指定采样率下的等效观测值,从而可对 GPS 基准站作兼容性处理,扩大了 GPS 基准站的应用范围。

### 3.2 分米级高分辨率大地水准面的确定

推算我国新一代具有良好精度和较高分辨率的似大地水准面,是一项重要的测绘基础研究工作。研究利用多种数据确定大地水准面的理论和算法,已获得米级精度的可靠大地水准面结果。在分米级高分辨率大地水准面的确定方面,开展了推算我国高精度和高分辨率似大地水准面的若干技术问题研究:

(1) 推算技术以 GPS 水准测定的国家高程异常控制网 HACN90 为基础,结合重力场模型、地面和海洋重力资料、地形资料、卫星测高资料和已有的天文重力水准资料进行综合推算;

(2) 完成了塔里木盆地分米级大地水准面研究,在此项研究中,重力大地水准面和似重力大地水准面由 Stokes 和 Molodenskii 方法确定,通过分析和比较 12 个计算方案,2'30"×2'30"个格网 GPS—重力似大地水准面精度最优,其精度优于  $\pm 0.332\text{m}$ 。

### 3.3 GPS 航空摄影测量

GPS 航空摄影测量是高精度 GPS 动态测量与航空摄影测量有机结合的一种高新技术,它突破了航空摄影测量需在测区逐一测量地面像控点的传模式。这方面的研究进展有:

(1) 用多基准站的 DGPS 测量,有效地评定机

载 GPS 动态测量数据的质量优劣,在国内外首创了“动态图形数据检验法”;

(2) 研制了能解算飞机在航 7 维状态参数的 DDKIN GPS 动态测量数据处理软件和能对摄影测量和非摄影测量观测值进行联合平差的 WCAPS GPS 辅助光束法区域网平差软件;

(3) 利用基于载波相位观测值的相对动态定位技术,对太原试验场的实际 GPS 航摄试验,获得了 dm 级的 GPS 摄站坐标,采用 WCAPS GPS 软件平

差获得了实地上平面精度为  $\pm 7.9\text{cm}$ , 高程精度为  $\pm 18.1\text{cm}$  的国内最佳加密结果;

(4) 基于伪距载波相位双差卡尔曼滤波的 OTF 法,成功地处理了 1996 年 5 月在北京进行的辅助航摄机载动态定位数据,对于距离远达 50 公里和高差大于 2 400 米的 DGPS 测量,能迅速、有效地解算出正确的整周模糊度,可提供优于 1dm 的差分定位精度。

## VTEL 智能多媒体视讯会议设备在 《泰坦尼克号》制片过程中发挥了巨大作用

全球数字视讯的领导者—VTEL 美国视讯公司所设计生产的智能多媒体视讯会议产品为影片《泰坦尼克号》(TITAVIC)的成功制作,提供了世界先进的可视通讯手段。

在《泰坦尼克号》制作过程中,作为一名导演,詹姆斯·卡麦隆需要参与电影制作的各个方面,然而电影的拍摄与其后期制作之间的长时间中断会干扰制作人的视觉感受。很少有制片人喜欢或者说能够稳稳地坐在他们的效果室里审查众多的数字化图象的细节。

卡麦隆要在墨西哥逗留数月以完成大部分的实地拍摄,随后才能投入到编辑室里进行剪接工作。为了使他随时能与工作在 Lightstorm Entertainment 制片公司制作室的制作人员,以及在 Digital Domain 制片公司的数字效果制作组保持直接的面对面对话,制作组特地从 VTEL 美国视讯公司购买了 3 台多媒体智能视讯会议设备。

VTEL 公司软、硬件相结合的成套系统可以通过 T-1(1.5M 带宽)数据专线传送高质量的视、音频信号,其主控中心设在 Digital Domain 公司。Domain 公司的 Crvstal Dowd 说:“每端的系统都有 2 个监视器及一个顶部摄像机。我们在 Digital Domain 的 VTEL 视讯会议室中,就可以看到我们及 Jim 会分别出现在这 2 个监视器上。我们在给 Jim 发送重放或静止图象时还可以看到在另一方的他,

与此同时,Jim 也同样看到我们及同样的图象。这套系统真是一个很棒的工具。我们给他可以发送胶片,并可以看着他研究每个一镜头,与他进行讨论并领会他想如何更改。我们还有一个外接 ZIP 驱动器,这样我们马上捕捉可用画面并通过电话线发送。我们将由小型数码摄影机捕捉的一些画面下载存入 ZIP 磁盘中,再输入到 VTEL 设备中通过数据功能发送给 Jim。由于这些工作要花上一些时间,也许 15 到 20 分钟,所以我们偶尔用这种功能,但这种图象比起录像带中的来还是要好得多,因为它们是直接数字化的。另外,Jim 可以直接将这些图象接入到 Avid 编辑系统中剪辑为电影。”

由于要在墨西哥拍摄外景,卡麦隆并没有太多的时间在现场使用 VTEL 视讯会议产品进行通讯。但在他返回洛杉矶 Malibu 住宅以后,就建立了后期制作中心,VTEL 设备也就伴随着他成为经常使用的会议方式。Dowd 还提到:“我们每天都开两次一个半到 2 个小时的会。多数高级监制及制作人员均到会,并且我们还常常请一些演员与 Jim 直接讨论演技。我们只利用一个小小的控制板就可以摇动或推拉镜头来对准讲话者,在整个房间中也没有拍摄死角。所有会议都被录了下来,这样没有与会的人员也能了解到 Jim 对拍摄场面的评论。这种快速信息反馈手段真正促进了影片的制作过程。”