

## 编者按

1996年10月29日至11月2日在武汉测绘科技大学举行的第八届全国图象图形学学术会议上共宣读论文162篇,内容涉及数字图象处理、计算机图形学、计算机视觉、可视化和多媒体等众多领域,集中反映了近两年来我国图象图形学理论和应用中所取得的丰硕成果。中国图象图形学会学术委员会从中择优选取一批有代表性的论文,请专家再审,作者充实、提高,汇编成“第八届全国图象图形学学术会议论文专辑”,于本期集中发表,以推动我国图象图形科学技术事业的进一步发展。

尚有一些优秀稿件,本期未及收入,将于以后陆续发表。

# 图象信息学的形成与 LIESMARS 的研究进展

李德仁

(武汉测绘科技大学,测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉 430070)

**摘要** 本文首先论述图象信息学的形成,然后扼要地汇报 LIESMARS 几年来在图象信息学研究中取得的主要成果与进展。

**关键词** 摄影测量,遥感,空间信息系统,计算机视觉图象信息学

## 1 引言

王之卓院士曾指出,摄影测量、遥感、空间信息系统及计算机视觉等技术的集成和相互渗透、相互作用将导致图象信息学的形成<sup>[1]</sup>,并建议英文名可取 Iconic Informatics。这样中国学者就引出了国际摄影测量与遥感界对自身学科发展方向的讨论。作者1991年在瑞士、德国讲学时,对王之卓院士的上述思想作了进一步阐述,发表了题为“From Photogrammetry to Iconic Informatics”的论文<sup>[2]</sup>。1992年该文在美国首都华盛顿第17届国际摄影测量与遥感大会作为特邀报告宣读。1994年在北京召开了 ISPRS 第六委员会国际学术讨论会,再次对摄影测量与遥感学科的发展方向进行讨论<sup>[3]</sup>。

中国学者积极倡导的这场讨论明确了《测绘遥感信息工程》国家重点实验室(LIESMARS)自筹建到建成运行以来的学科发展方向和特点,成为引导该重点实验室健康发展的思想基础。

## 2 图象信息学的形成

最近,国际摄影测量与遥感学会执委会修订了摄影测量与遥感的定义。新的定义为:

“Photogrammetry and Remote Sensing is the art, science and technology of obtaining reliable information from noncontact imaging and other sensor systems about the earth and its environment, and other physical objects and processes through recording, measuring, analyzing and representa-

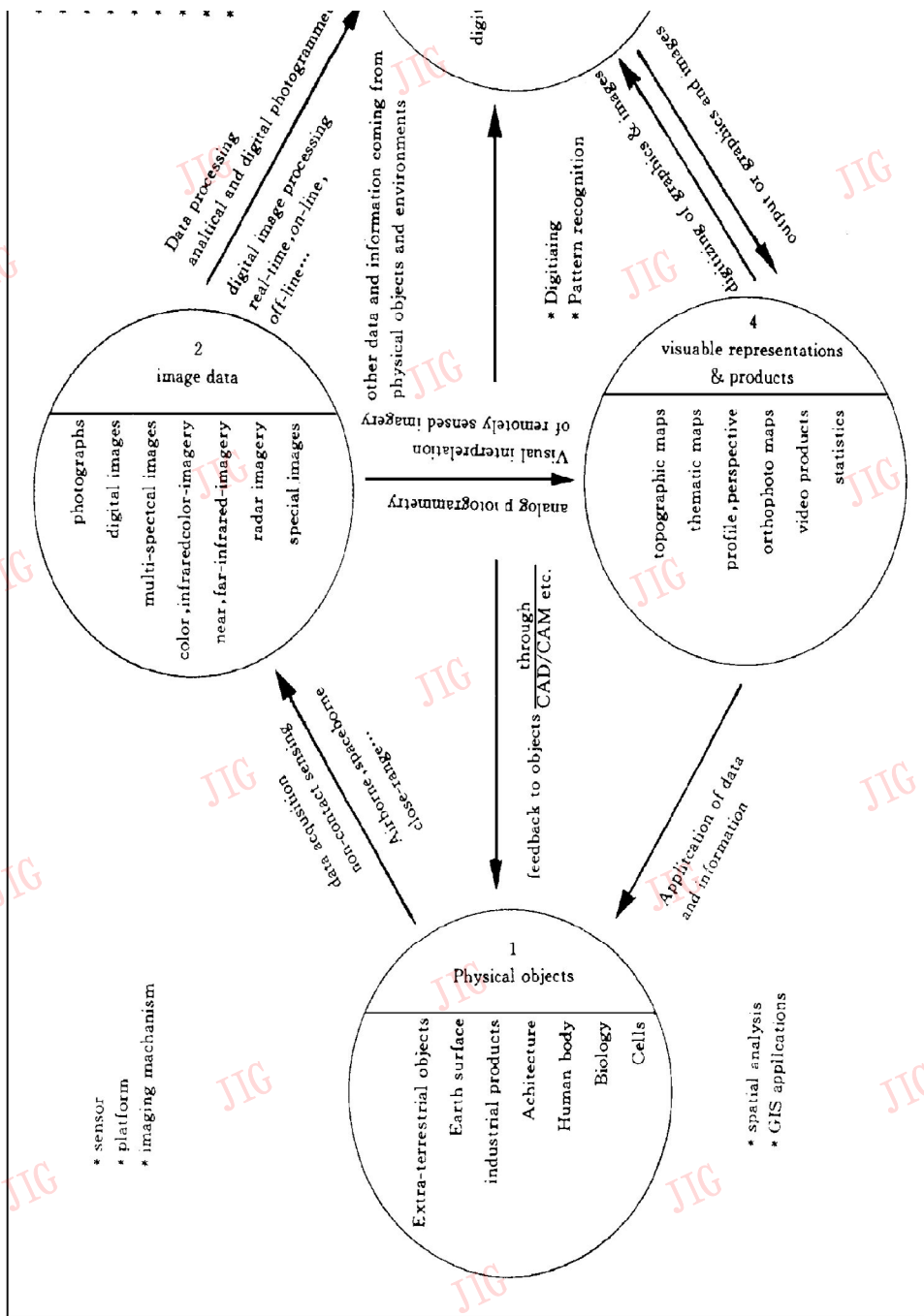


图 1 图象信息学的组成部分及流程图

Fig. 1 Components and flow chart of iconographic informatics.

tion.”

显然, 摄影测量与遥感学科随着计算机技术、影像传感器技术、空间定位、遥感和通信技术的数字化发展, 已逐步成为基于电子计算机的现代图象信息学。图象信息学由摄影测量、遥感、空间信息系统和计算机视觉等交叉而成(图 1)。图象信息学利用各种型号的非接触传感器, 获取模拟的或数字的影像, 然后通过解析和数字化方式提取所需要的信息, 在空间信息系统中数字地加以存贮、管理、分析和表达, 再通过可视化和符号化技术成为所需要的产品。数字或模拟的成果将直接作用于客观世界, 从而形成图象数据获取、传输、信息加工、表达和应用的数据流与信息。

图象信息学的主要特征是强调了数字化、自动化和实时化, 从而为学科的发展提出了方向。

笔者 1992 年在华盛顿召开的第 17 届 ISPRS 大会闭幕式上总结摄影测量与遥感在理论与算法上的发展特点时, 指出图象信息学具有 5 大技术环节, 而且它们之间是相互联系、相互作用的(图 2)。

- (1) 非语义信息的提取;
- (2) 语义信息的提取;
- (3) 空间信息系统;
- (4) 自动发现变化与动态监测;
- (5) 知识工程与专家系统。

从影像数据中提取语义和非语义信息是图象信

息学的主要任务, 所提取的信息必须在空间信息系统中管理、分析和应用。自动发现变化作用于老的空间数据库与新的影像数据之间, 以实现自动动态监测和数据库更新, 使空间信息系统成为在时空上连续和保证现势性, 而知识工程将实现以上 4 个技术环节的智能化, 当然, 知识工程的实现也要依托其它 4 个技术环节的反作用。

测绘遥感信息工程国家重点实验室自筹备和建立以来, 大量的基础研究和技术开发正是基于以上这一特色进行的。

### 3 LIESMARS 在图象信息学方面的主要研究成果

最近几年来, LIESMARS 在图象信息学理论方面的研究已经取得了初步的成果, 参与了国际学术界的研讨, 并形成了自身的特色。

#### 3.1 非语义信息提取

从影像数据中提取非语义信息, 在几何定位方面提出了利用 GPS 动态相位差分测定遥感传感器的空间位置的理论, 该理论基于 GPS 双差相位观测值的动态卡尔曼滤波, 利用 L2 半波记录改正系统误差, 可获得空中摄影机/传感器位置, 精度为米级和厘米级, 并已研制成实用软件 DDKIN。利用 GPS

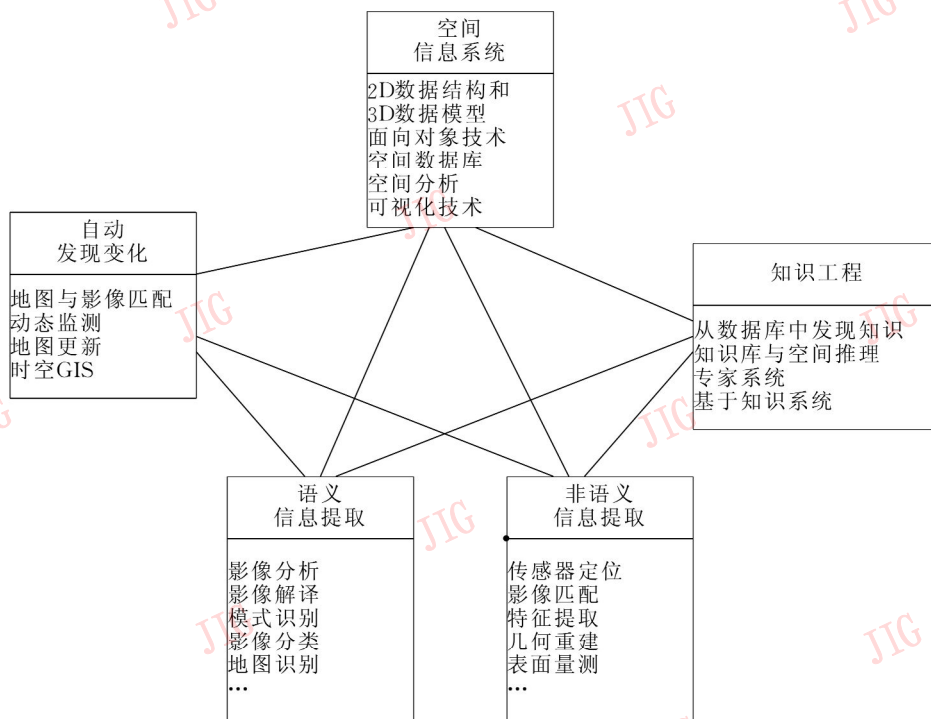


图 2 图象信息学的五大技术环节及相互关系

Fig. 2 The five key technologic fields of informatics and their relations.

求出的摄站坐标来辅助航空遥感数据进行空中三角测量,可免除 90% 的野外控制点,节省野外像片控制连测费用 70%,缩短作业期一年以上。成果精度达到了世界先进水平厘米级。软件 WuCAPS 可与世界上知名软件 PAT-B 相比美,在质量控制和精度—可靠性分析方面优于 PAT-B<sup>[4,5]</sup>。在国际上首次成功地利用 GPS 数据辅助内方位元素测定<sup>[6]</sup>。该方法现已在我国航测生产中推广。

在数字影像匹配方面,经过 10 多年不懈努力,取得了丰硕的理论和实用成果,达到了世界一流水平,提出了多点多条核线影像整体匹配的松弛解法,研制成了 WuDAMS 全数字化测图系统软件,可实现自动内定向、相对定向、影像匹配建立 DEM 和制作数字正射影像<sup>[7]</sup>。该系统以商品名 VitruoZo 在国际市场上行销、成为三大数字摄影测量系统之一。

为了对影像匹配进行质量控制提出了利用正射影像和对立体正射影像对的自诊断方法<sup>[7]</sup>。

在边缘、角点等特征的高精度提取方面,提出了数字影像中角点与直线的高精度定位算子<sup>[9]</sup>和基于松弛法的影像边缘提取方法<sup>[10]</sup>。而且,在摄影测量与遥感界首次引入了小波理论,提出用高斯函数的一次微分作为小波函数来提取像边缘<sup>[11]</sup>。

在工业物体自动量测与重建方面,提出了基于 CAD 和面解译的线特征摄影测量理论与算法,建立了直接由影像特征求解工业物体几何造型参数的数学方程<sup>[12]</sup>。对影像与 CAD 模型的匹配问题,提出了一种利用结构约束描述的三维物体关系数据结构,然后利用三种修剪算法来寻找关系结构,再结合距离函数实现关系匹配<sup>[13]</sup>。

在非语义信息提取方面所取得的成果将作为国家测绘局“九五”攻关项目的基础,实现国家地理空间信息框架的快速建立。

### 3.2 语义信息的自动提取

实现从影像上全自动地提取语义信息,用计算机完全替代人的视觉功能,至少还需 50 年时间,它是图象信息学的重要研究内容。

LIESMARS 几年来十分支持这方面的理论研究并取得了一定的成果。在图象分析方面,开展了数学形态学在二值和灰度级影像处理和地图识别中的应用。将灰度在二维场上的分布用集合论的理论进行形态变换,完成了等值线扫描地图的自动识别和不规则三角形格网的自动建立和规划化存贮<sup>[14~16]</sup>,提出了用形态变换生成区域间等分界线的快速算

法<sup>[17]</sup>,并探讨了数学形态学在地图综合和 GIS 空间分析中的应用可能性<sup>[18,19]</sup>。以上对数学形态学的研究,均为首创性成果,并从理论上扩展了动态条件序贯形态变换算法。

在从影像上提取人工地物的研究中,利用小波理论、影像几何推理和信息融合技术,从获得的多分辨率影像结构中进行区域分析、阴影分析和结构分析,在此基础上进行信息融合,以自动识别航空像片上的房屋<sup>[20,21]</sup>。

在分析综合世界上的各种定义和各种方法后,提出了影像纹理的多层次分析方法。该方法包括:基于分形几何的多分辨率纹理分析,基于视觉多通道理论和纹理检测器的多频道纹理分析,基于小波多尺度分解理论和纹理检测器的多尺度纹理分析和集多频道、多分辨率和多尺度分析于一体的基于能量分布的多层次纹理分析方法<sup>[22~23]</sup>。利用以上方法,影像纹理分类精度可由 65% 提高到 85%。

对遥感影像的自动解译方面,提出基于空间推理的专题影像解译方法<sup>[24]</sup>,探讨了如何用四叉树表示方法从遥感影像中提取空间关系<sup>[25]</sup>和基于九宫分解的影像空间推理<sup>[26]</sup>。在此基础上,近期又积极探讨利用问题求解中的熵空间描述理论建立遥感影像的分析和解译理论,研究如何从作为信息载体的图象中,通过对其表象的陈述、推理、概念化和模型化,最终解译它们。从而弥补了数据导引低水平影像分析方法的不足,把图象分析建立在基于空间关系的概念形成的基础上,此项研究能否获得成功,尚须进一步与国际同行进行交流讨论。

### 3.3 空间信息系统的理论研究

从影像中提取的语义与非语义信息,连同影像自身必须在计算中加以存贮、管理和供各种用户应用。因此研究融图形、影像和属性于一体的、在时间—空间上不断变化的大容量数据的空间信息系统是十分重要的。它是 LIESMARS 一直从事的主要研究方向,现列举主要的研究内容与初步成果。

对 2—2.5 维空间信息系统,提出了集多级格网理论和维行程编码四叉树编码方法的栅格—矢量一体化数据结构<sup>[27]</sup>和面向对象的数据模型<sup>[28]</sup>。对真三维空间信息系统,提出了集三维行程编码八叉树和四面体结构的混合空间数据结构<sup>[29]</sup>。对于时空数据的空间数据库表示,以土地细分为例,提出了用非第一范式关系表示 GIS 时态属性数据的建议<sup>[30,31]</sup>。

鉴于问题的复杂性,对空间数据的精度和不确定

定性研究,从几何数据精度研究入手,初步讨论了空间信息系统中构成图形数据的点、线、面的定位不确定性模型。

### 3.4 图象信息学中的知识工程

从图象数据中提取空间目标的语义和非语义信息是一个由 2 维到 3 维的病态反演问题,仅仅用数据导引的方法是低水平的,不可能总是得到正确的结果。为此,需引入知识导引的方法。

LIESMARS 从研究专题图编制印刷的专家系统研究着手,利用专家系统方法进行统计分析,专题图符号选择、色彩配置,取得了初步成效<sup>[32]</sup>。随后又研究地形图智能综合系统(武测学报,1993 年增刊和 1995 年增刊)。对地貌和水系的自动综合研究主要取结构化制图综合的道路。对空间数据库的综合(或称多尺度表示),尚未开展深入研究。

在遥感解译方面,初步研究了利用不精确的正向、反向推理方面进行草场资源遥感调查的方法,借助于少量的知识,可以提高分类精度<sup>[33]</sup>。

通过研究,发现知识库的建立是一个瓶颈问题。为此,注意到计算机界对 KDD(从数据库中发现知识)的研究,提出了从 GIS 空间数据库中发现知识的建议<sup>[34]</sup>,将在今后几年中抓紧该项研究,以提高图象信息学的智能化和自动化程度。

### 3.5 自动发现变化与空间数据库更新

对这个问题的认识来源于空间信息系统的多时相分析、动态监测以及保证地学空间数据的现时性要求。

以上研究刚刚起步,尚未取得重要成果,在未来五年中将会投入力量抓紧研究。

### 参考文献

- 1 Wang Zhizhuo. Drastic changes in the development of photogrammetry and remote sensing. Address at the opening Ceremony of the international Symposium of the 58th FIG PC Meeting, May 21th, Beijing, 1991.
- 2 Li Deren. From photogrammetry to iconic informatics. Zeitschrift fuer Photogrammetrie unal Ferntrkundung (ZPF) 1992, 60(Januar).
- 3 Li Deren, et. al. Facing the chance and challenge, International Archives of Photogrammetry and RS, 1994, 30 (6).
- 4 Li deren, et. al. GPS-supported bundle block adjustment with carrier phase observations. Proceedings of GeoInformatics' 95 Hong Kong: 1995, (May): 26-28.
- 5 李德仁, 袁修孝. GPS 辅助光束法区域网平, 测绘学报, 1995, 24 (2): 1-7.
- 6 袁修孝, 李德仁. GPS 辅助航摄影仪内方位元素的测定. 测绘学报, 1995, 24: 3192-196.
- 7 Zhang Jianqing, Zhang Zuxun, et al. Photogrammetric workstation form wuhan technical university of surveying and mapping. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1994, 30 (3/2).
- 8 Li Deren, Wang Sugun. Automatic quality diagnosis method for digital image matching. International Archives of Photogr. & RS. 1994, 30, (3/2).
- 9 张剑青, 等. 数字影象中角点与直线的高精度定位算子. 测绘学报 1994, 23(2).
- 10 仇彤, 张祖勋. 基于松弛法的影象边缘提取. 武测学报, 1994, 19 (4).
- 11 Li Deren, Shao Juliang. The wavelet and its application in image edge detection. ISPRS Journal of Phstogrammetry & RS, 1994, 49(3).
- 12 Li Deren, Zhou Guoqing. CAD based line photogrammetry for automatic measurement and reconstruction of industrial objects, International Archives of Photogrammetry & RS, 1994, 30, (5).
- 13 Li Deren, Wang Xinhua. Relational structure description and matching algorithm for 3D objects. International Achives of Photogr & RS, 1996, 32(3).
- 14 Li Deren, et al. Application of mathematical morphology in automatic cartography and GIS. International Archives of Photogr and RS, 1994, 30(4).
- 15 Li Deren, Chen Xiaoyong. Automatically generating triangulated irregular digital terrain model networks by mathematical morphology. ISPRS Journal of Photogr & RS, 1991, 46: 283-295.
- 16 陈晓勇. 数学形态学与影象分析. 北京: 测绘出版社, 1991.
- 17 Chen Xiaoyong. A fast parallel method of producing equidistance line for delimitation of maritime boundary. FIG PC'91 Meeting and International Symposium, Beijing: May, 1991, 20-25.
- 18 李德仁, 陈晓勇. 数学形态学在 GIS 空间分析中的应用. 武测学报, 1996, 21, (1).
- 19 马飞, 李德仁. 数学形态学在 GIS 空间分析中的应用. 武测学报, 1996, 21, (1).
- 20 Li Deren, Shao Juliang. House extraction with multiresolution analysis and information fusion. International Archives of Photogr & RS, 1994, 30, 3/2, .
- 21 邵巨良. 小波理论、影象分析与目标识别. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1993.
- 22 张继贤, 李德仁. 影象纹理的多标度分形分析. 武测学报, 1995, 20, (2).
- 23 张继贤, 李德仁. 基于纹理质地子特征的影象纹理分形分析. 测绘学报, 1995, 24, (4).
- 24 关泽群等. 基于空间推理的专题影象解译. 测绘学报, 1993 及 1992 英文版. 22(1).
- 25 Li Deren, Guan Zequn. Spatial relation extraction from remotely sensed image on quadtree representation. International Archives of Photogr & RS, 1992, 29, (3) .

- 26 Li Deren, Guan Zequn, A Study on the representation and interpretation of remotely sensed imagery, *International Archives of Photogr & RS*, 1992, 29, 3.
- 27 Li Deren, Gong Jianya. A Unified Data Structure based on Linear Quadtree, *ZPF*, 4/1992, 92, 60.
- 28 Gong Jianya, Li Deren. An Object-oriented data model based on the unified data structures, *International Archives of Photogr & RS*, 1992, 29, 3.
- 29 Li Qingquan, Li Deren. Hybrid data structure based on octree and tetrahedron in 3D GIS, *International Archives of Photogr & RS*, 1996, 31, 3.
- 30 Chen Jun, et al. Extending space-time composite model for describing land subdivision process. *Proceedings of GeoInformatics'95*, Hong Kong: 1995.
- 31 陈军, 等. 用非第一范式关系表达 GIS 时态属性数据. *武测学报*, 1995, (1).
- 32 张文星, 等. 集成式专家系统工具 GEST. *武测学报*, 1992, 17 (2).
- 33 Li Deren, et al. An expert system of grass resource investigation by using remote sensing data. Wuhan: *Proceedings of Photogr RS and GIS*, LIESMARS. 1992.
- 34 Li Deren, Chen Tao, et al. KDG: Knowledge discovery from GIS—propositions on the use of KDD in an intelligent GIS, *proceedings/ACTES*, The Canadian Conference on GIS, 1994.



李德仁 1939年12月生于江苏秦县。工学博士、教授、博士生导师、中国科学院、中国工程院院士、中国图象图形学会副理事长, 从事 GPS、RS 和 GIS 的研究及其集成。

## Formation of Iconic information and Its Development at LIESMARS

Li Deren

(LIESMARS, Wuhan Technical University of Surveying & Mapping, Wuhan 430070)

**Abstract** This paper describes the forming of iconic informatics. Then the current main research results and progress in iconic informatics at LIESMARS are reported briefly.

**Keywords** Photogrammetry, Remote sensing, Spatial information systems, Computer vision, Iconic informatics