文章编号:1007-4619 (2002) 03-0198-07

遥感影像人机交互判读系统及其技术特点

阎守邕,王 涛,刘亚岚,肖春生
(中国科学院遥感应用研究所,国家遥感应用工程技术研究中心,北京 100101)

摘 要: 在Windows NT支持下,采用C++和面向对象方法设计,自主开发的一个微机遥感影象人机交互判读系统。它在实现人工目视判读与数字影像处理、遥感和地理信息系统、高新技术与传统地学知识结合,协调遥感数据容量大与微机空间资源有限、快速作业要求与工作内容繁琐复杂,严格有序的计算机作业和判读人员作用自由发挥之间的矛盾方面,采取了一系列颇具新意的技术措施,形成了系统独具的一些技术特点,为广大判读人员提供了一个灵活、方便、高效地进行遥感影像人机交互判读工具。

关键词: 遥感;影像判读;地理信息系统;人机交互系统
中图分类号: TP39 **文献标识码:** A

1 引 言

从遥感影像中高效、优质地提取各种专题信息,是遥感得以广泛应用和取得明显效益,必须首先解决的一个关键技术问题。这个问题的解决目前有三种主要途径,即遥感影像人工目视判读、基于像元波谱特性的数字影像处理以及基于人工智能技术的影像理解或影像判读专家系统。它们各有优、缺点,从实用观点来看,都不太如人意。一般来说,人工目视判读简单、实用、效果好,但劳动强度大、效率低、使用波段数目有限、判读结果人为差别显著;数字影像处理系统客观、高效、能充分利用遥感波段资源、在地面状况较单一的情况下可以取得很好的结果;但是受到"同质异谱、同谱异质"问题的困扰,尽管分类算法很多,在短期里显著提高其分类精度很难有所突破;至于判读专家系统,由于判读模型的总结及判读知识形式化问题的解决尚待时日,仍停留在试验研究阶段、其实用化还有很长的路要走[1-5]。针对这种情况,作者选择了研制能够把人工目视判读与数字影像处理、遥感与地理信息系统、地学知识与信息技术结合起来、充分发挥判读人员知识、经验和主观能动作用的遥感影像人机交互判读系统(Interactive Image Interpretation System, I^3S)作为突破口,采用在不断应用的过程中来提高系统智能化程度的技术路线,希望能以此来解决这方面的有关问题[6-8]。目前,I^3S已提交一些同行单位或专家使用,效果和反映良好。本文将对它的工作原理、系统构成、主要功能和技术特色进行简要论述。

2 工作原理[9]

遥感影像是客观世界中各种物体和现象在遥感器成像面上的映射。随着遥感器工作波段的不同,遥感影像与客观世界之间的映射关系随之也发生变化。同一地物和现象在不同遥感影像上就会有不同的表现和特征,相应的判读标志也会有很大的差别。但是,不论对何种遥感影像,其影像判读要素绝大多数是相同的,所用的技术与方法也有很多共同之处。一般来说,这些影像要素包括影像的色调/彩色、大小、形状、纹理、图形、高度、阴影、位置、关系以及变化在内。它们的复杂程度、构象规律以及和生物地学规律的关系在图1中给出*。在这些要素中,除色调/彩色与地物的波谱特性有直接关系外,其余均与物体的空间、时间特性有关。而且要素越是复杂,它们与物体和现象的生物地学规律的关系就越密切。对大多数遥感影像处理系统而言,处理的对象主要是像元的色调/彩色,偶尔也包括一些纹理要素

收稿日期: 2001-02-28;**修订日期:** 2001-05-11
基金项目: "九五"国家科技攻关97-759项目《国土资源环境和区域经济信息系统与国家空间信息基础设施关键技术研究》资助下完成。
作者简介: 阎守邕(1939-),男,研究员,博士生导师,北京大学地貌专业毕业,现从事遥感、地理信息系统、空间决策支持系统、国家空间信息基础设施及数字人地系统科学等领域的研究工作,在国内外发表论文百余篇,出版专译著、论文集15部。
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

* 图1是在1983年第2版遥感手册中图24-2的基础上修改而成。

在内。至于其他判读要素,它们就很少,甚至完全没有涉及到。这种遗憾,在人机交互判读系统得到了很好的弥补。因为,这种系统为判读人员充分利用各种影像要素进行判读作业,创造了极为有利的条件和十分友好的环境。在可供判读使用的影像要素中,色调/彩色是一种最单一、最基本的影像要素。它们能给判读人员大量有用的信息。如果物体影像之间或目标与背景之间,没有色调/彩色差异的话,各种物体和现象的鉴别就无从说起。作为第二级,即简单的影像要素有大小、形状和纹理。它们是物体平面特征在影像上的表现,是其像元色调/彩色在影像上空间分布或组合的产物。物体影像的大小与成像比例尺密切相关,形状则是物体固有属性的表现,而纹理则是像元色调/彩色变化在物体影像中重复出现的产物。它们一般会给人以影像粗糙或平滑的印象,反映了物体表面结构的特征,对影像判读很有用。第三级,即中等复杂的影像要素包括图型、高度和阴影,是物体三维特征在影像平面上的记录。其中,图形往往是一些人工和自然现象所特有的影像特征。判读人员在对它们进行分析时,应具有较强的综合单一和简单影像要素的能力以及它们随比例尺不同而变化的知识。例如,果园影像在低空航空像片上以某种图形展现;在高空航空像片上是具有粗纹理特征的影像;在卫星像片上就进一步变成具有平滑特征的影像了。除了色调/彩色要素外,高度是三维立体影像判读最重要的因素。物体的相对高度和三维几何形状,往往会给判读人员提供许多有价值的线索。而阴影这个要素,既可以帮助,也可以蒙蔽判读人员。因为,它们可以揭示物体的轮廓线,却把物体的细部掩盖起来了。最后,也是最为复杂的影像要素是影像的位置、关系和变化。用它们进行影像分析时,判读人员要能够充分、灵活地运用有关的生物地学规律,进行更多的综合、推理和判断。在揭示一些不能从影像上直接看到的现象时,生物地学规律的应用就更加重要了。因此,人机交互判读是以作业人员的判读经验和专业知识为基础的,其结果往往因人而异。这个问题要靠不断提高判读系统智能化水平的途径来解决。当然,遥感影像群判读系统的研制,也不失为一种十分现实而有效的办法。

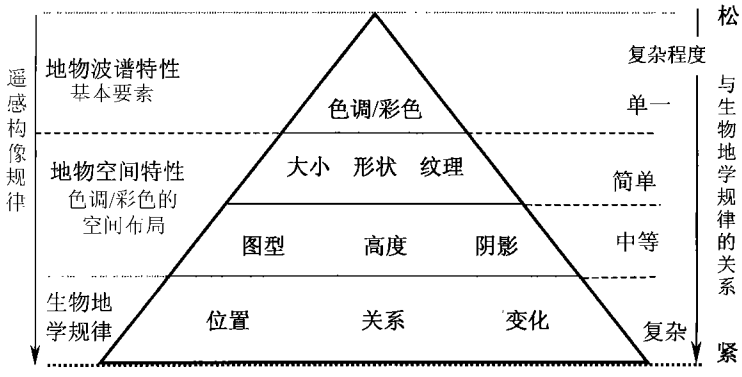


图 1　遥感影像判读要素的级序

Fig. 1 Primary Ordering of Image Elements for Visual Interpretation

3　系统构成[7,8]

遥感影像人机交互判读系统的技术构成和用户界面分别在图 2 和图 3 中给出。在图 2 中,I^3S 功能模块的组合、运作次序以及相应的数据流,分别用带箭头的虚线(控制、状态信息)和实线(数据)加以表示。其主要功能模块包括:

(1) 图层管理器:管理当前工程打开的所有图层(栅格、矢量层)。

(2) 分类管理器:管理当前工程中各类地物的分类特征。

(3) 判读范围(多边形或矩形):定义图层的可编辑范围,限制自动分类和其他操作的使用范围。

(4) 图层显示:显示当前工程的各个图层(栅格、矢量层)。

(5) 影像处理:对遥感影像进行信息增强、配准。

(6) 自动分类:对判读区内的遥感影像监督分类。

(7) 碎部综合:对自动分类的结果进行后处理,去除其中细小、破碎的地物得到综合后的判读图。

(8) 绘线填充:通过勾绘地物边界,填充它们所封闭的区域,进行人工目视判读。

(9) 影像编辑:对栅格判读图进行编辑修改。

(10) 矢量编辑:支持对矢量图形数据进行编

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

辑、查询、显示的功能。

(11) 网络接口：支持大型、分布方式遥感影像判读任务的完成。

(12) 结果输出：对判读专题图进行整饰、输出。

上述常用的一些功能模块或子功能模块，除通过菜单方式提供外，还以工具条的方式提供。这就使用户能随时、灵活地调用这些模块功能，去完成自己的判读任务。

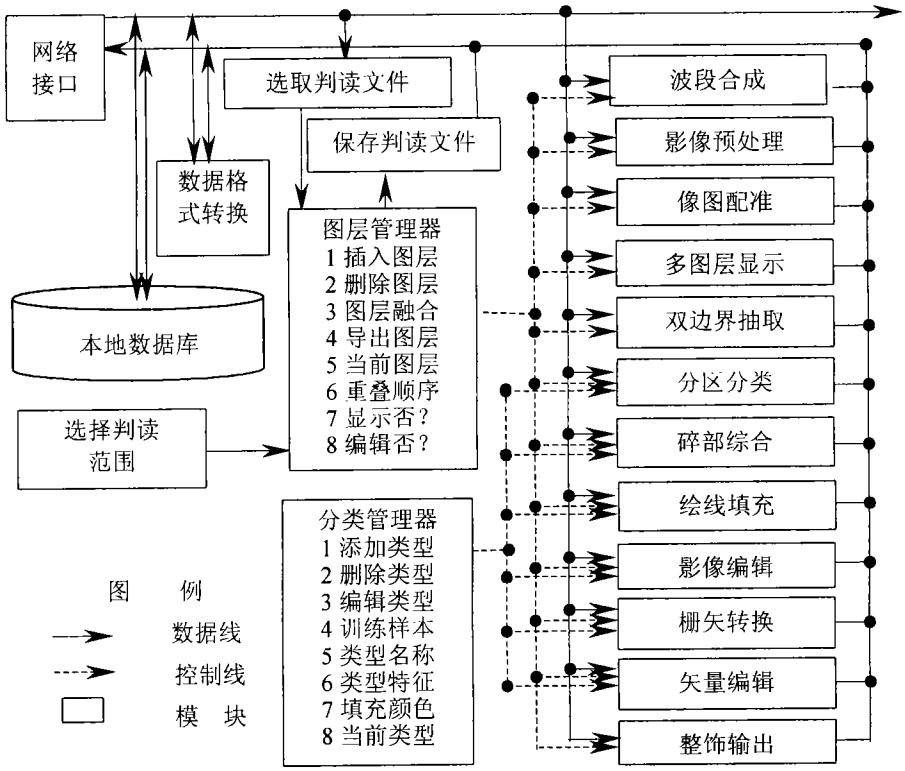
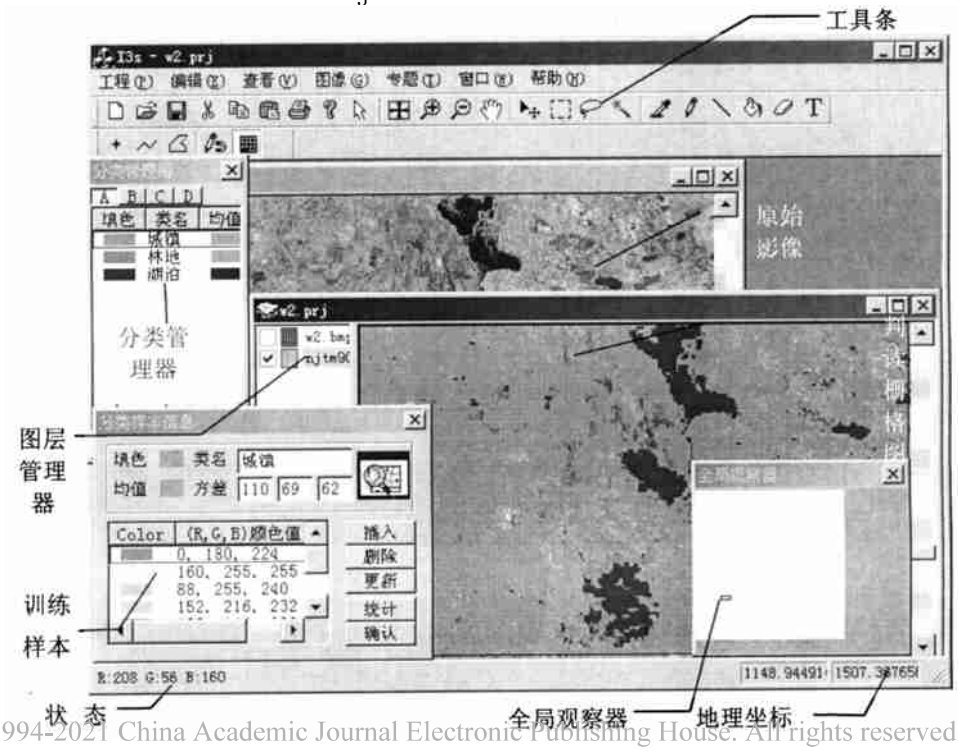


图2 遥感影像人机交互判读系统的技术构成

Fig. 2 Technical Structure of I³S



(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

图3 人机交互判读系统的用户界面

Fig. 3 A Main Interface of I³S

4　主要功能[7,8,10]

在专门设计的图层管理器和分类管理器支持下,I³S 为影像判读提供了大量、实用的工具模块,以完成某个判读作业环节的任务取得部分或阶段性的结果。而整个影像的判读任务的完成则是由功能模块组合形成的系统功能所实现产生用户需要的判读结果。因此,I³S 的功能包括模块功能和系统功能两个层次(见图 4 和图 5)。前者只能完成某个作业环节的任务,只有后者才能完成整个判读任务。

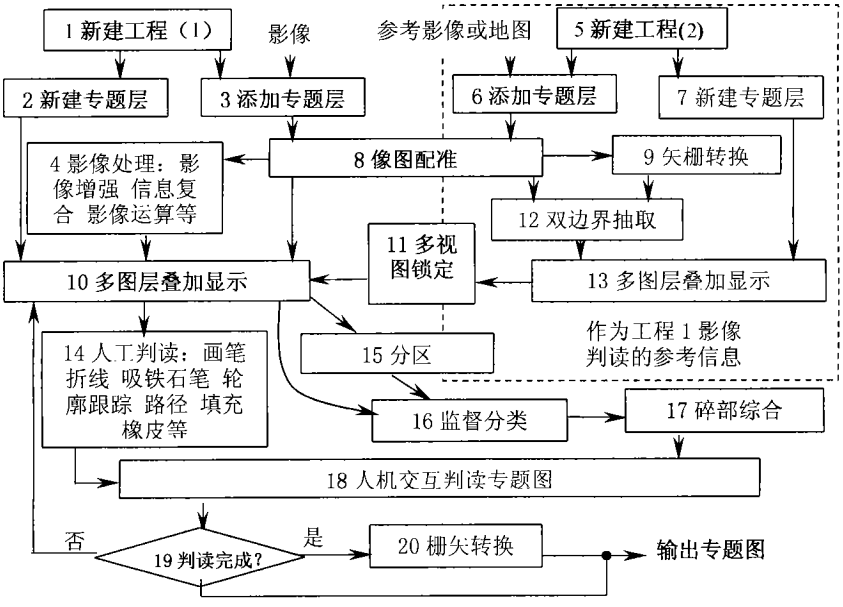
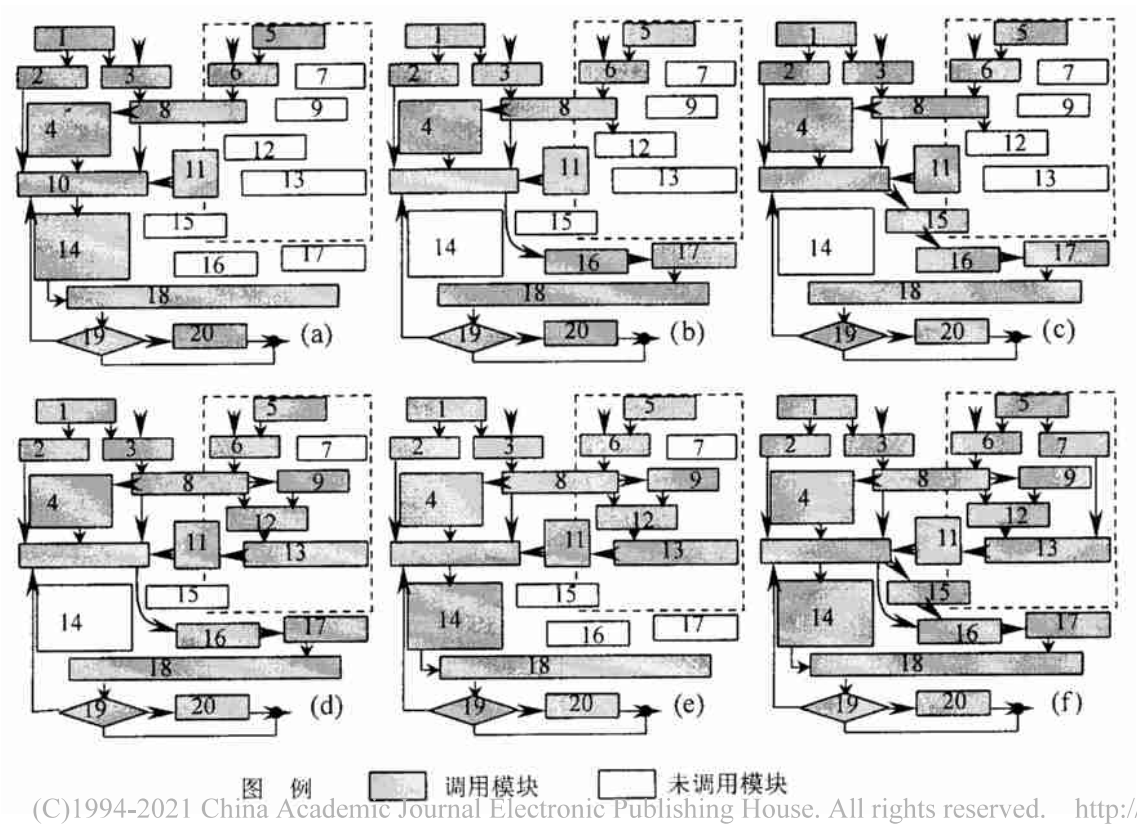


图 4　利用模块功能构造系统功能的总体框架

Fig. 4 A General Framework of System Function Generation



(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

图 5　形成不同系统功能的模块功能组合方案

Fig. 5 Combination Schemes of Modules for System Functions

4.1 模块功能

(1)基本模块功能:它们是保证系统运行、判读工作准备和判读结果输出的诸基础模块的功能,包括数据(遥感影像、地理背景、判读制图等数据)管理、数据转换、像图配准、影像增强、图层显示、网络接口、栅矢转换、整饰输出等。

(2)判读模块功能:它们是直接与遥感影像判读过程及其结果生成有关的诸模块的功能,包括图层管理、分类管理、判读区选择、自动分类、目视判读、栅格影像编辑和矢量图形编辑等。

4.2 系统功能

I^3S 的系统功能包括人工目视判读、监督自动分类、分区自动分类、辅助波段分类、动态变化判读、人机混合判读等内容。它们分别是 I^3S 不同模块功能的不同组合的产物。通过不同模块功能的不同组合以生成不同系统功能的总体框架在图4中给出。而实现不同系统功能的具体模块组合方案,则在图5中分别以编有(a)、(b)、……序号的子图给出。在这些作为图4小样的子图中,只有填充了黑色的方框及其两两之间的连线,才是参与了该种组合方案或系统功能的功能模块及其彼此之间的关系。各种系统功能分别可以通过标有相同序号的图、文加以说明。

人工目视判读 判读人员可以参考系统中的背景资料,包括专题图、数据库记录等资料,根据自己的判读经验用光笔直接在屏幕遥感影像上,勾画地物的边界、赋属性,完成所承担的遥感影像判读任务。

监督自动分类 判读人员可选择典型地物作为训练样本训练分类器,然后对整个遥感影像进行监督分类。分类结果经过碎部综合,成为多边形图、存入数据库,完成用户的遥感制图任务。

分区自动分类 判读人员可以把整个影像分割为几个相对均匀的区域,分别对不同区域的影像进行监督分类。这样做,在不同区域用不同标准分类,可以明显提高总体分类的精度。图6(图版Ⅰ)是利用TM图像进行分区分类的实例。其中,图6(a)是某个地区的图像,由两个不同时相(A、B区)的TM图像组成。图6(b)、图6(c)分别是对A、B区分区分类的结果。图6(d)是该地区最终的分类图,由A、B两区分类结果拼接而成。

辅助波段分类 判读人员可以选择一些辅助数据,如DTM以及其他稳定或缓变的数据等作为辅助波段,和遥感波段数据一起进行分类。这样做,利用了地物随高程或其它因素而分异的规律,往往可收到良好的效果。

动态变化判读 需使用参考专题图或影像,对有变化的影像进行局部人工目视判读,生成相应的动态变化判读图或经过更新的参考专题图,给出相应变化的统计数据。图7(图版Ⅰ)是利用雷达图像进行水体动态变化判读的实例。其中,图7(a)为洪水最大允许的淹没范围,即警戒水域,图7(b)为洪水淹没时的整个洪水水域,图7(c)为洪水淹没成灾的范围,即超出警戒水域的洪水水域,图7(d)则是上述三种不同水域的统计表。

人机混合判读 其基本原则是在判读过程中,用计算机容易提取出来的影像特征,由计算机去完成;而计算机提取不了或不易提取的地物影像部分,则由判读人员通过目视判读去完成。

5 技术特点

I^3S 是在Windows NT支持下,采用C++和面向对象方法设计、自主开发的一个微机遥感影像人机交互判读系统。它在实现人工目视判读与数字影像处理、遥感和地理信息系统、高新技术与传统地学知识结合,协调遥感数据容量大与微机空间资源有限、快速作业要求与工作内容繁琐复杂,自由发挥判读人员作用和计算机作业严格有序之间的矛盾方面,采取了一系列颇有新意的技术措施,形成了自己独具的一些技术特点,为广大判读人员提供了一个灵活、方便、高效的遥感影像人机交互判读工具。这些特点是:

(1) I^3S 以栅格数据结构为基本数据结构,用栅格线勾边判读、用栅格影像表示判读结果。这样做可以带来许多好处:无缝融合自动分类与人工判读的结果;用画笔、橡皮等操作能方便地编辑、修改判读分类结果及其碎部,使遥感影像自动分类的后处理大为简化;无须通过拓扑关系生成等复杂过程,就可查错、确保判读多边形闭合、避免弧段重叠、漏失、断开等情况出现。

(2) I^3S 保存了影像四角顶点的地理坐标和每个像元与地理坐标间的线性变换关系,较好地解决了多分辨率遥感影像间的信息复合以及遥感影像与矢量地图之间多个图层叠加显示的几何配准问题。这种功能和系统的影像碎部综合、双边界提取、多图

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

层叠合、栅矢数据格式变换等功能配合,使地理信息系统数据能够为遥感影像判读所用,判读结果能够快速更新信息系统的数据,较好地解决了两者有机结合的问题。

(3) 所有 I^3S 的栅格与矢量数据始终都保存在硬盘上。系统将数据记录逐条读入内存进行处理,再将处理结果返回硬盘。这样不仅占用内存很少,而且在退出系统时也不必保存文件,即使在死机或掉电等突发情况下数据也不会丢失。系统对遥感影像文件中相应于视窗可见部分的子影像进行重采样和处理的方法,明显地提高了遥感影像的处理与显示的速度。加之网络接口模块功能的提供,使 I^3S 更适合多机分工、大型遥感影像判读任务的完成。

(4) I^3S 引入了分类管理器、图层管理器、浏览器等功能,还配备有吸铁石笔、橡皮等判读工具,实现了地物边界全自动/半自动/手扶跟踪等多种交互判读作业,不仅为判读人员知识与经验的引进、大量参考信息的使用创造了条件,而且也大大减轻了判读工作量和劳动强度、使判读分类的精度得以明显改善和提高。系统的多窗口、对话框、工具条等一系列友好、先进的可视化界面(见图 3),使用户能够方便、灵活地使用系统中的各种模块功能和系统功能,高效地去完成自己的各项遥感影像判读任务,较好地解决了灵活发挥判读人员作用和计算机作业严格有序之间的矛盾。

参 考 文 献 (References)

[1] Takashi Matsuyama, Knowledge－Based Aerial Image Understanding System and Expert Systems for Image Processing [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, **GE－25**, (3):305－316.

[2] Bernhard Nicolin, Richard Gabler, A Knowledge－Based System for the Analysis of Aerial Images[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, **GE－25** (3):317－329.

[3] David M, McKeown, The Role of Artificial Intelligence in the Integration of Remotely Sensed Data with Geographic Information Systems [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, **GE－25**(3):330－348

[4] David G, Goodenough, *et al*. An Expert System for remote Sensing [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1987, **GE－25** (3):349－359.

[5] J.F.Bogdanowicz, Image Understanding Utilizing Strategic Computing Initiative Architectures [J]. Image Understanding and the Man－Machine Interface, SPIE 1987,758:60－68.

[6] S.Y.Yan, G.Quan, Q.Zhang, *et al*. GIS－based Classification, Interpretation and Mapping System of Remote Sensing Data [J]. Remote Sensing Information, 1995,1):7－14.[阎守邕、全刚、张前等,在 GIS 支持下的遥感影像分类、判读与制图系统[J].遥感信息,1995 年,第一期,7－14.]

[7] Tao Wang, Research and Development of an Interactive Image Interpretation and Mapping System [D].IRSA/CAS, 1997,7.[王涛,遥感图像人机交互判读制图系统的研制[D].中国科学院遥感应用研究所,1997,7.]

[8] S.Y.Yan, T.Wang, Y.L.Liu, An Interactive Image Interpretation System [R].IRSA/CAS,1997,7.[阎守邕、王涛、刘亚岚,"遥感图像人机交互判读系统"[R].中国科学院遥感应用研究所,1997,7.]

[9] Larry G.Carver, *et al*. Fundamentals of Image Analysis:Analysis of visible and Thermal Infrared Data [M].Chapter 24, Manual of Remote Sensing, Vol.I,2 nd edition, ASP, 1983, 987－1013.

[10] S.Y.Yan, Y.L.Liu, *et al*. Image Interactive Interpretation System [C].Proceedings of the 5th Seminar on GIS and Developing Countries, GISDECO 2000,2000,11,09－1－p－09－7.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

An Interactive Image Interpretation System and its Characteristics

YAN Shou-yong, WANG Tao, LIU Ya-lan, XIAO Chun-sheng
(*National Engineering Research Center for Geoinformatics of China,*
Institute of Remote Sensing Applications,
Chinese Academy of Sciences P. O. Box 9718, *Beijing* 100101, *China*)

Abstract: In order to make image interpretation more accurate, efficient and flexible, and to enable remote sensing more useful in updateing some of data sets in GIS, an Interactive Image Interpretation System (I^3S)has been developed in Windows NT and VC ++6.0 environment since 1998. I^3S, in fact, is a raster-based system with a structure of toolbox and friendly interfaces. Through an interactive way, the system integrates the advantages of computers and human brain, functions of image processing system and GIS, experience of visual image interpretation and knowledge of geosciences together. The system, in general, can be operated in three modes: module application, single system application and multi-system application. The first mode means one of the modules in the system is used for solving some of problems in an image interpretation process, such as registration of image and corresponding map, etc. In the second mode, I^3S is applied to image interpretation with small or medium scale through the combination of some function modules of the system. The last one is the mode for the task with large scale through networking and operating of multiple I^3S together. The module functions of the system can be divided into two categories: support module and interpretation module functions. The former consist of those functions to support system operation in normal. The functions are data input and output, registration of images and maps, image enhancement and data fusion, image filtering, extraction of double edges, RGB-IHS transformation, color exchange, data conversion from vector to raster or reverse, and interface to network, etc. The latter includes the modules to support image interpretation or classification directly, which are map layer manager, classification manager, image browser, tools of manual interpretation (such as pan brush, semi-automatically or automatically edge tracking, attribute assignment, rubber, etc.)and post-processing of classification, statistical result generation, graphic editing in raster or vector format, etc. In the system application mode, the different combinations of the function modules can flexibly formulate a series of system functions for image interpretation. They are as follows: interactive visual interpretation, supervised classification, image-segmented classification, ancillary band-added classification, dynamic change interpretation and human-machine mixed interpretation. Therefore, I^3S gives interpretation experts more space to play their leading roles in image interpretation. The principle, architectures, functions and characteristics of the system are presented in the paper.

Key words: remote sensing; image interpretation; GIS; interactive system

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n