

遥感影像解译的研究现状和发展趋势

杨 桢^{1,2}, 刘湘南³

(1. 中科院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012 ; 2. 空军第二航空学院六系, 长春 130022 ;
3. 东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024)

摘要 : 回顾了遥感影像解译的发展概况 , 分析了各种影像解译方法的研究现状和特点 , 并在此基础上对遥感影像智能解译的发展趋势进行了展望。
关键词 : 遥感影像 ; 智能解译 ; 现状 ; 展望
中图分类号 : TP 75 文献标识码 : A 文章编号 : 1001 - 070X(2004) 02 - 0007 - 04

0 引言

自 20 世纪 60 年代以来 , 特别是 80 年代以后 , 航天技术、传感器技术、控制技术、电子技术、计算机技术及通讯技术的发展 , 大大推动了遥感技术的发展。各种运行于太空中的遥感平台多尺度、多层次、多角度、多谱段地对地球进行着连续观测 , 各种先进的对地观测系统源源不断地向地面提供着丰富的数据源^[1,2]。如何从海量遥感数据中及时、准确地获取所需信息并加以利用 , 一直是我们急需而又难以解决的问题之一。

遥感影像解译技术是随着遥感技术的产生而诞生的。传感器获取的数据必须经过处理和解译才能成为有用的信息。所谓遥感影像解译就是对遥感图像上的各种特征进行综合分析、比较、推理和判断 , 最后提取出各种地物目标信息的过程。遥感影像解译包括目视解译、人机交互解译、基于知识的遥感影像解译、影像智能解译(即自动解译) 等^[3]。遥感解译经历了从人工解译到半自动解译 , 正在向全智能化解译的方向发展。

1 遥感影像解译发展概况

1.1 遥感影像目视解译

目视解译是利用图像的影像特征(色调或色彩 , 即波谱特征) 和空间特征(形状、大小、阴影、纹理、图型、位置和布局) , 与多种非遥感信息资料相组合 , 运

用生物地学相关规律 , 进行由此及彼、由表及里、去伪存真的综合分析和逻辑推理的思维过程^[3]。长期以来 , 目视解译是地学专家获得区域地学信息的主要手段。陈述彭先生曾肯定了目视解译方法 , 认为“ 目视解译不是遥感应用的初级阶段 , 或者是可有可无的 , 相反 , 它是遥感应用中无可替代的组成部分 , 它将与地学分析方法长期共存、相辅相成 ”^[4,5]。

由于目视判读能综合利用地物的色调或色彩、形状、大小、阴影、纹理、图案、位置和布局等影像特征知识 , 以及有关地物的专家知识 , 并结合其它非遥感数据资料进行综合分析和逻辑推理 , 从而能达到较高的专题信息提取的精度 , 尤其是在提取具有较强纹理结构特征的地物时更是如此 , 它是目前业务化生产的一门技术 , 与非遥感的传统方法相比 , 具有明显的优势。然而 , 目视解译工作存在着一定的局限性 , 主要包括以下几方面 : ①目视解译方法要求解译人员具有各种丰富的知识 , 要求解译者在心理上和生理上对解译工作有一定的灵性和经验 ; ②费事费力 , 工作效率较低 ; ③主观因素作用大 , 容易产生误判 ; ④不能完全实现定量描述 , 与数字时代定量化、模型化、系统化的现实情况很难适应 ; ⑤无法实现 RS 与 GIS 的集成 , 不能把遥感信息提供给 GIS 实时更新、编辑^[6,7]。因此 , 遥感影像智能解译是实现将遥感信息转换成资源环境信息 , 转变成可持续发展的决策信息 , 最终转化为生产力的关键。

1.2 人机交互式解译方法

从 20 世纪 70 年代起 , 随着 Landsat 陆地卫星发射成功 , 人们就开始利用计算机进行卫星遥感图像

的解译研究。最初是利用数字图像处理软件对卫星数字图像进行几何纠正与位置配准,在此基础上,采用人机交互方式从遥感影像中获取有关地学信息。人机交互式解译就是人机交互影像判读,是以遥感数字影像为基本信息源,在相应软硬件工作环境下,利用计算机高速的数据处理和图像处理软件对图像提取和编辑处理功能,帮助解译人员进行遥感影像解译的一种方法。^[8]

1.2.1 人机交互解译的特点

随着遥感手段不断地更新,遥感数据大量增加,这对遥感信息的处理和解释提出了挑战,如何更充分地利用这些数据是遥感界急需解决的问题。因此,计算机图像分析处理已成为一个十分活跃和富有发展前景的领域。在完全智能解译无法在短期内实现的情况下,许多学者提出采用人机交互式的解译方法来提高解译效率和解译精度^[9]。人机交互式解译具有以下优点:①实现了影像、数据和解译结果的对比和合成,并在信息识别和解译结果验证时,可以按解译人员的要求进行各种影像和解译结果的标注叠加,也可以把影像数据和解译数据以及图形数据集成在一起输出到 GIS 中,从而实现了数字条件下的影像解译^[10]。②全数字化操作,可以进行一些基本的信息增强处理和图形编辑,在解译过程中可随时对很多图像模糊的区域进行信息增强,有利于解译判读。另外,在解译和验证时可随时对解译图进行修改,克服了目视解译图修改困难的缺点。③通过分析遥感影像的光谱特性进行影像的监督和分类,实现遥感信息的半自动解译,提高解译效率。

1.2.2 基于影像光谱特征的分类方法

在遥感信息提取方面,基于光谱的分类方法研究历史最久,核心是对遥感图像进行分割,方法有无监督分类和有监督分类之分^[11]。在基于多光谱的自动提取方面取得了许多成果,如周成虎、杜云艳根据对水体光谱特征的分析,建立了有效的 NOAA AVHRR 水体提取模型^[12,13];陈铭臻根据对水稻和背景的光谱特征分析,建立了水稻种植面积的提取模型(TM4/TM1、TM4/TM3、TM4/TM2); Helmut Mayer Carsten Steger 通过对道路光谱知识分析,探讨了从遥感图像上提取道路的方法; Jinfei Wang, Paul M Treitz 和 Philip J Howarth 探讨了利用梯度方向剖面分析法从 SPOT PAN 图像中提取新修道路,并将其用于更新城区 GIS 数据库中的道路网^[14,15]。20 世纪 80 年代主要是利用统计模式识别方法进行遥

感影像计算机解译。如 Strahler(1980)使用最大似然法对遥感影像数据进行分类; Goldberg(1983)运用光谱特征,对多波段卫星影像进行分类,从中获取森林资源信息。这种方法的特点是根据图像中的地物多光谱特征,对遥感影像中的地物进行分类^[16~19]。杨忠恩应用模糊数学方法提取水体面积信息,提出了 NOAA/AVHRR 资料提取水体信息的方法^[20,21]。采用 1、2 通道反射率数据(CH1、CH2)构成的归一化植被指数(NDVI)来识别水体,并初步提出了应用模糊数学方法提取混合像元中的水体面积信息^[22]。

1.2.3 人机交互判读系统

王涛、阎守邕、王世新等人开发的遥感图像人机交互判读系统(Interactive Image Interpretation System, I³S)是一个在微机平台和 VC++6.0 环境下,使用面向对象方法开发,以栅格数据结构作为基本数据结构,把计算机自动分类与人工判读结果无缝地融合在一起,并支持一般的 GIS 功能来提高图像判读精度的遥感专题信息生成系统^[10]。

1.3 应用多种技术的遥感图像半自动解译

1.3.1 基于遥感与地理信息一体化的遥感解译

20 世纪 80 年代后期, Goodenough D(1988)与 Ehlers M(1989)等人提出遥感与地理信息系统一体化的问题,这有助于推动地理信息系统与遥感影像自动解译系统的结合^[23,24]。地理数据与遥感图像数据复合,可以改变以往遥感数据的单一光谱信息结构,增加遥感图像数据的信息量,有助于计算机解译。同时,对于遥感影像上存在的“同谱异物、同物异谱”现象进行了更精确的解译。由于获取数据手段不断发展,各种数据资源日益丰富,但数据资源中蕴涵的知识远远没有得到充分的挖掘和利用,致使“数据爆炸但知识贫乏”。1994 年在加拿大渥太华举行的 GIS 国际会议上,李德仁院士首次提出了从 GIS 数据库中发现知识的概念。为了利用专家系统完成知识的自动获取,在 20 世纪末出现了多学科相互交融和相互促进的新兴边缘学科——数据挖掘和知识发现。数据挖掘和知识发现就是从数据库中发现和挖掘出其中不明确的、隐含的知识、空间关系或其它模式。这样,把 GIS 中发现的知识和遥感影像中的知识结合起来从而实现计算机的自动解译。

1.3.2 基于知识的遥感图像解译系统

20 世纪 90 年代人们开始重视研究遥感解译知识的获取、表达、搜索策略和推理机制,并将解译专家系统用于遥感图像解译研究。如 Middlekoop、

Hans I(1991)提出运用地物分类知识进行遥感影像分类;秦其明(1991)提出基于专家知识实现卫星图像的目标地物的自动解译等^[2]。这种基于知识和专家系统的解译方法,在一定程度上可提高计算机解译精度,但远未达到实用阶段。原因在于这些专家的解译知识多是基于特定地区、特定时相的解译,其针对性很强,随着地域、时域的变化,一些知识往往随之失去效用,不能在运行过程中自我学习,实现解译知识的更新;在解译过程中引入了专家系统,这是一个进步,从现有情况看,专家系统工具是针对于某一类问题而开发的,然后提炼为工具。这种工具往往不能满足遥感图像自动解译的要求,存在知识不全面、推理过程简单、控制策略不灵活、缺乏常识推理的弱点。

曹五丰、秦其明提出了“基于知识的卫星数字图像公路信息提取”,先利用图像局部的灰度统计特性对公路进行增强及检测,获得初始的公路网图(经细化处理后的线条二值图)^[25-27];然后使用基于知识的规则来进行公路的扩展与连接处理,因而将更多的全局信息及知识进一步将公路片断扩展、连接成为更为完整的公路图。这些知识主要集中在有关公路的光谱与几何特性和空间特性等方面。

杨存建提出了基于知识发现的TM图像居民地自动提取研究^[23,24]。为了分析不同类型的居民地与其背景地物在光谱特征上的差别,对居民地分别按城市、县城、乡镇、集村(主要是以房屋为主的混合像元)进行灰度值采样,对背景地物分别按水体、水田、河滩地、菜地、道路进行灰度值采样,对采样灰度值数据进行均值统计,然后对各个光谱特性进行分析,利用分析所发现的光谱知识建立基于知识的居民地提取模型。

1.3.3 影像理解系统和遥感智能图解

在经历了遥感数据的光谱和空间等多种分析和改进方法的尝试后,虽然在遥感自动解译的发展方面取得了一定的成效,但是分类的统计方法在本质上有一定的局限性,不能利用目标的多种特征、属性以及环境信息获取知识,如阴影、位置、区域特征与活动征候的影像理解的思想用以克服统计分类中的局限性。所以,出现了影像理解的思想,它是研究用计算机系统解译图像,实现类似人类视觉系统理解外部世界的一门学科。根据Rosenfeld A的定义,影像理解是利用计算机对影像所含的内容自动产生有一定含义的、符号化的描述。影像理解的研究内容包括目标识别、目标定位、目标重建和目标跟踪以及

诸如影像定向和自动生成数字地面模型等处理过程。影像理解是一个跨学科的领域,它涉及到摄影测量学、物理学、生物学、心理学、电子工程和计算机科学等多个学科^[25,26]。

骆剑承(2000)提出了遥感地学计算机图解。地学计算机图解的主要内容是在计算技术、人工智能技术、地理信息系统(GIS)技术与认知理论等基础上,通过对图形图像进行自动感知和认识,形象化地表达其内在的地学现象、地学过程,揭示隐藏在影像数据中的知识和规律;充分利用计算机提供的技术和方法,融合地学领域知识,完成特定地学领域内一定形式的图形图像的表达与认知的研究^[27]。遥感地学智能图解(RSIGIM)是研究如何用计算机系统模拟地学专家对遥感影像的综合地学解译和决策分析的过程,从低到高分别需要经过包括信息传输及基本处理分析、影像的视觉生理认知理解、逻辑心理认知理解、知识发现、决策分析等多个层次的综合过程,目的是对遥感影像中包含的地物目标、地学现象和过程等进行描述、识别、分类和解释,对地物和目标的类别、大小、结构、相互关系及其它地学属性等成像机理和内在特征进行提取,对蕴涵在遥感影像中的地学知识进行挖掘和表达,并进一步融合地学模型,进行地学现象和地学过程预测与决策分析。

2 遥感影像智能解译的发展趋势

随着地理信息系统、人工智能、图像理解、模式识别、人工神经网络、模糊集理论、生理和心理认知理论等相关理论和技术的发展,在遥感自动解译研究方面取得了许多成果,但仍然存在许多需要解决的问题。首先,现有的解译方法过分依赖影像的光谱特征,没有充分挖掘影像各种空间特征和地物其它属性特征^[28,29];第2,将知识划分为不同层次,按照知识层次融合,基于人工神经网络的方法与基于专家系统的方法,实现对遥感影像高层理解;第3,通过多要素、多源遥感数据、多源信息的融合利用,提高遥感信息提取的精度^[2];第4,加强研究遥感由地球表面到成像过程的机理研究,即不断深化遥感信息与其反映的地表物质和传输介质相互作用机理,因为它是遥感信息未能被充分利用的更本质和更深层原因。

2.1 实现影像理解系统

遥感图像自动解译是一项复杂的系统工程,实现自动解译也是一个十分漫长的过程。对自动解译

的研究主要集中在对遥感影像中的信息进行分类、抽取遥感图像多种特征,建立遥感图解的模型,对影像中的专题信息进行数学描述,使计算机能够模拟人对遥感图像特征包括图像色调、颜色、形状、大小、纹理、图型、阴影、位置和相关布局进行理解,这将是实现遥感智能解译的关键。在综合运用人工智能和神经网络进行目标的自动分类,以及遥感信息自动提取方面也将继续研究。

因为计算机自动解译所利用的图像信息量有限,不能全面反映图像中地物的特点,对任何一种解译特征来说,必然存在很难区分的目标地物,例如,利用光谱特征难以区分湖泊和河流、住宅和厂房。因此,综合提取多种影像特征,对特征“组合优化”,不同特征互为补充,提高计算机自动解译精度,这将是遥感图像自动解译的一个发展方向。

2.2 GIS 数据辅助下的遥感影像分析

地理信息系统中的数据如数字高程数据、坡度分析数据、专题图数据等,具有较准确的属性信息和空间信息,但时效性较差,而遥感图像最能反映地面的最新信息,但其表示的地物信息完全自动提取难度较大。因此需综合两者间优势,实现 RS 和 GIS 高层次的综合^[30]。在专题信息提取中,除了利用遥感数据外,一般还要利用大量的相关数据,这些数据多为来自 GIS 的图形数据和非图形数据。图形数据是指已有的各种图件。非图形数据一般是指人口、社会、经济等统计数据。

3 结论

随着地理信息系统、人工智能、模糊集理论、生理和心理认知理论等相关理论和技术的发展,遥感地学分析研究向着定量化、智能化、自动化的方向发展。越来越多的遥感信息急待转换成计算机能够使用的信息,遥感影像的智能解译也迫在眉睫。本文论述了目视解译、人机交互解译、基于知识的遥感影像解译、影像智能解译(即自动解译)等解译方法的特点和研究现状,分析了遥感影像解译的发展趋势。指出智能解译需要解决的几个主要技术难题包括:遥感影像复杂信息的全自动分割和获取(包括图形、识别特征和光谱信息提取)、多种信息源的空间数据标准统一、遥感和地理信息系统的复合以及多源遥感信息复合、多种目标智能提取与识别模型的标准化和集成等等。

万方数据

参考文献

- [1] 张健挺,邱友良. 人工智能和专家系统在地学中的应用综述[J]. 地理科学进展, 1998, 17(1): 44-51.
- [2] 秦其明. 遥感图像自动解译面临的问题与解决的途径[J]. 测绘科学, 2000, 25(2): 21-25.
- [3] 濮静娟. 遥感图像目视解译原理与方法[M]. 北京: 科学技术出版社, 1992.
- [4] 陈述彭,赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1990.
- [5] 陈述彭. 遥感地学分析的时空维[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 161-171.
- [6] 骆剑承,王钦敏,周成虎,等. 基于自适应共振模型的遥感影像分类方法研究[J]. 测绘学报, 2002, 31(2): 145-150.
- [7] 王润生. 图像理解[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1994.
- [8] 李建利. 人机交互式多波段数字图像解译技术方法研究[J]. 测绘标准, 1999, 15(2): 13-15.
- [9] 陈宁强,戴锦芳. 人机交互式土地资源遥感解译方法研究[J]. 1998, 13(2): 15-20.
- [10] 王涛,等. 遥感图像人机交互判读系统的关键技术[J]. 中国科学院研究生院学报, 1999, 16(2): 161-168.
- [11] 术洪磊,等. GIS 辅助下的基于知识的遥感影像分类方法研究——以土地覆盖/土地利用类型为例[J]. 测绘学报, 1997, 26(4): 328-336.
- [12] 周成虎,杜云艳,等. 基于知识的 AVHRR 影像的水体自动识别方法与模型研究[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(4): 100-108.
- [13] 周成虎,骆剑承,等. 遥感影像地理解析与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [14] Victor Mesev. The use of census data in urban image classification[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1998, 64(5): 431-438.
- [15] Wilson P A. Rule - Based Classification of Water in Landsat MSS Images Using the Variance Filter[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1997, 63(5): 485-491.
- [16] Moolman D W, Aldrich C. The interpretation of flotation froth surfaces by using digital image analysis and neural networks[J]. Chemical Engineering Science, 1995, 50(22): 3501-3513.
- [17] Defries R S, Townshend J R G. NDVI - Derived Land Cover Classification at a Global Scale[J]. International Journal Remote Sensing, 1994, 15(17): 3567-3586.
- [18] Moller - Jensen L. Knowledge - Based Classification of an Urban Area Using Texture and Context Information in Landsat TM Imagery[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1990, 56(6): 899-904.
- [19] Molenaar M. Object Hierarchies and Uncertainty in GIS or Why is Standardisation so Difficult[J]. Geo - Information - System, 1993, 6(3): 22-28.
- [20] 黎夏,等. 形状信息的提取与计算机自动分类[J]. 环境遥感, 1995, 10(4): 279-287.
- [21] 席学强,王润生. 一个针对遥感图像特定目标的自动识别系统[J]. 遥感技术与应用, 2000, 15(3): 179-183.
- [22] 文贡坚,王润生. 从航空遥感图像中自动提取主要道路[J]. 软件学报, 2000, 11(7): 957-964.

(下转第 15 页)

CLOUD – FREE COMPOSITION OF MODIS DATA AND ALGORITHM REALIZATION

JIANG Geng – ming , NIU Zheng , RUAN Wei – li , WANG Chang – yao
(LARSIS , Institute of Remote Sensing Applications CAS , Beijing 100101 , China)

Abstract : Cloud – free composition of MODIS data is successfully realized on the basis of improved composite algorithms developed in C + + language , and 16 – day MODIS composite images covering China and its surrounding regions are generated. It can be concluded from the above result that the improved composite algorithms are feasible and effective under various conditions.

Key words : MODIS data ; Composite image ; Cloud detection

第一作者简介：蒋耿明(1975 –) ,男,1997 年 6 月毕业于武汉测绘科技大学,获摄影测量与遥感专业工学学士学位,2003 年 7 月毕业于中国科学院遥感应用研究所,获地图学与地理信息系统专业理学硕士学位,现主要从事遥感和地理信息系统研究和开发工作,在国内发表论文多篇。

(责任编辑：刁淑娟)

=====

(上接第 10 页)

[23] 杨存建,周成虎. 基于知识发现的 TM 图像居民地自动提取研究 [J]. 遥感技术于应用 2001 ,16(1) :1 – 6.

[24] 杨存建,周成虎. TM 影像的居民地信息提取方法研究 [J]. 遥感学报 2000 ,4(2) :146 – 150.

[25] 陶 闯. 航空影像理解及其系统之进展 [J]. 武测科技 ,1994 , (2) 33 – 41.

[26] Aggarwal J K , Ghosh J , Nair D , Taha I. A comparative study of three paradigms for object recognition – bayesian statistics , neural networks and expert systems [C]. Computer Society Press , 1996 :241 – 262.

[27] 骆剑承,周成虎. 遥感影像生理认知概念模型和方法体系 [J]. 遥感技术与应用 2001 ,16(2) :103 – 109.

[28] 骆剑承. 遥感影像智能图解及其地学认知问题探索 [J]. 地理科学进展 2000 ,19(4) :289 – 296.

[29] 史文中,朱长青,等. 从遥感影像提取道路特征的方法综述与展望 [J]. 测绘学报 2001 ,30(3) :257 – 262.

[30] 郑 江,骆剑承,等. 遥感影像理解智能化系统与模型集成方法 [J]. 地球信息科学 2002 ,5(1) :95 – 102.

THE PRESENT RESEARCH CONDITION AND DEVELOPMENT TREND OF REMOTELY SENSED IMAGERY INTERPRETATION

YANG Guang^{1 2} , LIU Xiang – nan³

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology , Chinese Academy of Sciences , Changchun 130012 , China ; 2. The Sixth Department , the Second Aeronautical Institute of Air Force , Changchun 130022 , China ; 3. College of Urban and Environment Science , Northeast Normal University , Changchun 130024 , China)

Abstract : This paper has reviewed the development of remote sensed imagery interpretation , analyzed the present research condition and characteristics of various imagery interpretation methods and , on such a basis , forecasted the development trend of remote sensed imagery automatic interpretation in future.

Key words : Remote sensed imagery ; Automatic interpretation ; Present condition ; Development trend

第一作者简介：杨 帆(1975 –) ,男,硕士,研究方向 遥感影像判读、模式识别及 GIS 等。

(责任编辑：周树英)