

水体的遥感信息自动提取方法

杜云艳 周成虎

(中国科学院地理研究所资源与环境国家重点实验室 北京 100101)

摘 要 本文在对各种遥感信息提取方法进行深入分析的基础上,提出了一种水体的遥感信息自动提取方法。该方法从遥感信息机理的角度出发,构造地物信息提取模型,并利用面向对象的设计方法建立了该模型,从而实现广义上的基于知识的专题信息提取。以 NOAA/AVHRR 图像为例进行水体的自动提取,通过对自然水体和新积水区的应用研究,取得了较好的效果。可进一步应用于洪水灾害的监测。

关键词 专题信息提取,遥感信息,NOAA 影像,水体识别

1 引 言

遥感专题信息提取不同于一般意义上的遥感图像分类,它是以区别图像中所含的特定专题目标为目的。随着遥感技术的改进,遥感应用的深入,遥感专题信息的提取方法也在不断地改进,经历了目视解译^[1]、自动分类^[2,3]、光谱特性的信息提取^[4,5]及光谱与空间特征的专题信息提取^[6]等多个阶段。

由以上方法可以看出,对图像的识别已由最初的利用目视解译沿着两个方向发展。其一是:由于数字计算机的出现带来的信息识别的自动化;另外便是沿着遥感信息传输的本质而探寻信息识别的高精度。这两个方向并没有严格的界限,随着各自的发展,相互渗透。然而在现有的自动分类方法中,仅利用了图像数据,而没有充分利用人脑在分析图像时所加入的各方面的知识,无法达到很高的精度。近年来,计算机领域中人工智能的出现,使得基于知识的专题信息提取成为可能^[7]。遥感成像是从多到少的映射,是个确定过程,而影像解译是从少到多的映射,是个不确定过程^[8]。因而,在遥感影像解译时,有一个重要的地学处理过程。包括两个方面,一是把遥感未带回的信息再补上去,即补充其它地学相关的信息;二是根据影像信息进行地学分析,来推断出影像上未反映的信息,这些都需要地学知识的支持^[9]。如何把地学专家用于目视解释的知识量化表达,并参与计算机处理,成为从根本上解决信息提取的问题。故人机交互的最后一

阶段已转入到基于专家知识的图像信息提取。采用交互式输入某一层面的知识信息,来对目标进行有效地识别。吴景坤(1995年)在断裂影像自动判读专家系统中,便采用交互式的方法,使用户输入知识信息,建立知识库,来自动地识别断裂影像^[10];付肃性(1994年)根据盐碱土形成条件和微地貌特征,以及各微地貌与盐碱土程度关系,从影像中提取盐碱土信息等。

2 遥感专题信息提取原理

充分利用卫星遥感能够动态地与周期性地获取地表信息的特点,从卫星数字图上逐步实现地学专题信息的自动获取,是GIS中数据采集自动化研究的一个方向(秦其明,1996年)。同时又是遥感信息定量化的一个方面,实现图像解译的自动化与高精度量化,不仅是遥感应用领域发展的要求,而且是当前遥感自身发展的前沿^[11]。为此,本文提出了一种遥感专题信息提取方法。该方法与传统方法的本质区别是:采用一种逆向的思维方式来进行地物信息提取,抛开了传统分类方法从特定的图像空间进行特定地物识别的正向思维方式。首先根据已有地物的遥感特性建立地物的遥感信息模型,结合到图像上进行地物的光谱特征分析,调整和修改模型参数。在模型建立时采用面向对象的设计思想,使整个模型具有可继承性,可以进行多种地物多种传感器的推广应用。

2.1 遥感信息模型

所谓模型是相对于原型而言。传统的监督分类和非监督分类是基于统计特征的对整幅图像反演的信息模型,但其仅仅利用了最直接的光谱信息,而后来在传统方法基础上加入空间特征和知识数据,实质上是进行粗分类的后处理,其遥感信息模型并没有相应的扩充。遥感图像本身包括光谱、空间、时间特征,对于一个完善的模型则应能从光谱、空间、时间上来定量地描述地物,所以从严格意义上来讲传统的模式识别模型则不属遥感信息模型。因此,遥感信息模型就是根据不同地物的不同遥感信息特征建立从图像空间到地理空间的反演模型,通俗的讲便是怎么从图像上根据一定的定量方法运算获得地物的空间分布,面积大小等,实际上是地物特征分析的逆过程(图1)。本文分析方法打破原有统计模式的局限,针对某一类地物,在对其进行深入的遥感特性研究的基础上,理论上给出地物的遥感信息模型。

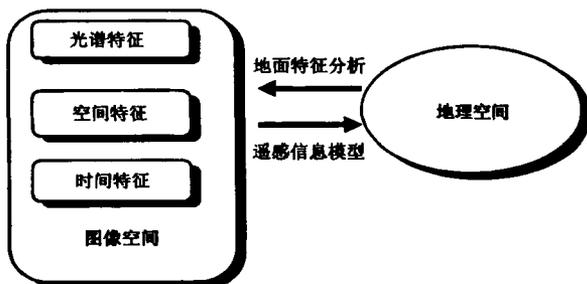


图1 遥感信息模型示意图

Fig.1 The schematic diagram of remote sensing information model

2.2 地面物体的光谱特征分析

上面的遥感信息模型强调在现有地面实验基础上提炼地物的反演模型,但地物在卫星图像上的反映并非与地面实验所得数据一一对应。一方面由于高度的增加而带来信息的融合;另一方面,由于地物的电磁辐射在传输中受到大气影响而产生了畸变。因而,排除地面背景条件不同带来的地物特性不同,图像数据仍然具有很大的随机性。为了提高遥感信息的可实用性,则须要结合图像进行地物光谱样本分析。找出不同时相、不同图幅同类地物的差异,分析其分异规律,调整遥感信息模型参数设置或条件约束。把遥感信息理论和实际图幅影像有效结合在一起,进行同类地物的信息提取。

2.3 基类建立与模型测试

经过图幅分析、调整后的遥感信息模型,本文采用面向对象的分析方法实现模型的建立。面向对象分析,它的任务是了解问题域内该问题所涉及的对象,对象间的关系和作用,然后构造该问题的对象模型,力争这个“模型”,能真实地反映出所欲解决的“实质问题”。由于遥感信息有直观的光谱信息,和间接的空间、时间信息,以及经思维加工的递推信息,要实现这种多维信息自动提取不是一般的逻辑设计思想所能完成的。目前面向“对象”的设计方法,提出并实现了数据集与操作集的封装,可以实现对地物遥感信息的复杂描述,从而提取地物信息。在面向对象的定义中,类是关于同类目标的集合,具有相同属性和操作的目标组合在一起形成类(class),类描述了实例的形式(属性等)以及应用于目标上的操作,同一类中的目标在内部状态的表现形式上(型)相同,但它们有不同的内部状态,即有不同的属性。在专题信息提取中涉及某一类地物的定量抽取。研究对象便是该类地物,也可以称为基类。具体实施时,在上述信息模型的指导下,首先抽取光谱特征的信息,建立光谱知识库,我们把光谱知识库看作是用以描述地物光谱各种特征值的集合,对水体进行初步的识别;其次,抽取空间特征信息,建立知识库对地物进一步识别,同样是面向基类的思想;再者,加入地面空间数据和地学专家知识,建立专家知识库进行地物的识别。这3个过程是逐步深入,但都是基于同一基类,融合在一起完成对地物遥感信息的描述,即基类的建立,自动地对地物进行提取,并对遥感信息模型进行测试。

由于该方法是基于地物的信息传输机理,故实现中不受地物类型的限制。不同的地物,只要对其波谱特性有深入了解,就可以建立其识别模型;不同的遥感平台,由于其空间、光谱、时间分辨率不同,所获得的信息量、及地物的清晰程度也不同,但并不脱离地物本身的波谱特性,只是参数或条件因图幅不同而已。由此可以看出,该方法可以推广到不同遥感平台、不同图幅对任意地类进行智能化信息提取。

3 以水体为例的遥感信息提取应用研究

为了探讨该方法的可行性,在上述方法的指导

下,以水体为例,结合洪灾中淹没范围、淹没水深的确定,说明其信息提取过程。

3.1 水体的光谱特性

随着地物波谱特性研究的进一步深入,及各种先进的地面光谱测试仪及遥测方法的出现,对

水体的光谱特性的研究也有了进一步深入。经分析后,可以粗略地给出水体理论上的遥感信息模型:(1)从可见光到近红外水体的光谱矢量呈负方向;(2)水体的温度变化相对于其它地物较小;(3)与周围的陆地相比,水体在空间上保持相对的稳定性。

表1 各种水体的样本数据
Table1 The sample data of various water bodies

样 区			2.5月份(波段均值)						6—8月份(波段均值)					
			个数	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	个数	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
湖 泊	太 湖	1	699	36	19	105	110	88	395	44	27	6	61	67
		2	846	35	18	104	109	87	1079	44	29	6	61	67
		3	659	33	21	95	105	83	285	35	26	12	60	67
	鄱 阳 湖	1	123	32	16	97	92	95	28	18	8	49	46	52
		2	145	32	18	93	90	93	25	18	8	47	46	52
		3							30	21	16	45	43	49
	洞 庭 湖	1	25	26	17	87	85	88	35	24	13	36	46	52
		2	56	27	20	83	81	84	19	21	16	39	43	52
		3							21	23	28	33	41	48
青 海 湖	1							2507	9	5	82	77	83	
	2							1077	9	5	79	77	80	
	3							782	20	16	64	60	71	
河	长 江	1	63	29	19	89	90	92	7	26	19	49	46	50
		2	118	33	22	92	100	86	3	29	19	52	48	54
		3	57	34	17	104	109	87						
流 河	辽 河	1	15	35	44	9	32	39						
		2	25	36	43	11	31	40	76	28	29	51	66	50
		3	7	32	40	11	31	40	115	25	32	48	66	50
海 洋	黄 海	1	7850	31	14	109	114	92	3230	36	21	18	66	71
		2	870	36	22	106	114	91	92	27	26	24	56	65
	东 海	1	4067	42	22	108	113	91	496	32	19	26	66	70
		2	705	40	25	101	110	88	364	38	23	26	63	69
	渤 海	1	1296 0	19	11	69	73	77	1163	15	7	57	68	51
		2	832	25	17	51	52	58	290	24	17	44	61	47
积 水 区	洞 庭 湖	较深							1584	38	22	40	65	52
		较浅							615	38	28	39	66	53
	辽 河							283	32	25	46	63	47	
云 层 云 影	云 层		562	72	55	21	77	82	1209	168	144	125	249	240
			1124	46	34	33	75	79	882	60	55	75	154	139
	云 影								951	21	19	55	76	62
城 市	上 海		35	36	31	57	87	64	142	23	21	16	61	73
	无 锡		10	35	30	59	88	66	26	22	23	13	50	61
	苏 州		4	35	30	58	86	64	18	19	20	14	50	61
	杭 州		50	34	29	74	93	70	41	20	21	14	52	63

* 由表分析,云层较易剔除,云影则和地面水体有相似性,但云影在红外又表现出不同特征。

3.2 水体的 NOAA 影像表现及特征分析

光谱特征分析

要实现 NOAA 影像水体的自动识别,了解 NOAA 图像上水体具体的光谱是本文提出方法的首要且关键的一步。NOAA 卫星是美国第三代极轨业务气象卫星,它的 AVHRR 数据拥有 5 个观测通道(以下简称 CH)CH1 波谱为 0.58—0.68um 属橙色可见光范围,对水体中的泥沙含量十分敏感;CH2 为近红外通道(0.725—1.1um)为水汽的强吸收带,水体的反射率很低,土壤、植被的反射率较高,水体的边界轮廓十分清楚。为了显示的需要,对各波段值作如下数学变换:(经过 1A、1B 转换,并进行了正射投影纠正)

$CH(I) = 2.54 \times R_{ch(i)}$,其中 $R_{ch(i)}$ 为反射率, I, i 的值为 1, 2 波段。

$CH(I) = (48.64 - C_{ch(i)}) \times 2.54$,其中 $C_{ch(i)}$ 为摄氏温度值, I, i 的值为 3, 4, 5 波段。

为了整体上了解水体空间、时间、水质上的多变性在 NOAA 影像上的反映,以及水体与其它易混地物的区别,主要采用分地物类别按时间、空间变化的规律来对 NOAA 图像进行采样分析,采样数据见表 1。

为了直观显示同一幅图像内水体与云及云影的差别,并分析在 NOAA 图像上识别水体的可能性,分别用洪水期洞庭湖图幅、和非洪水期太湖图幅的河流、湖泊、海洋、积水区、城市等采样数据同云及云影一起作光谱曲线(图 2, 图 3)。

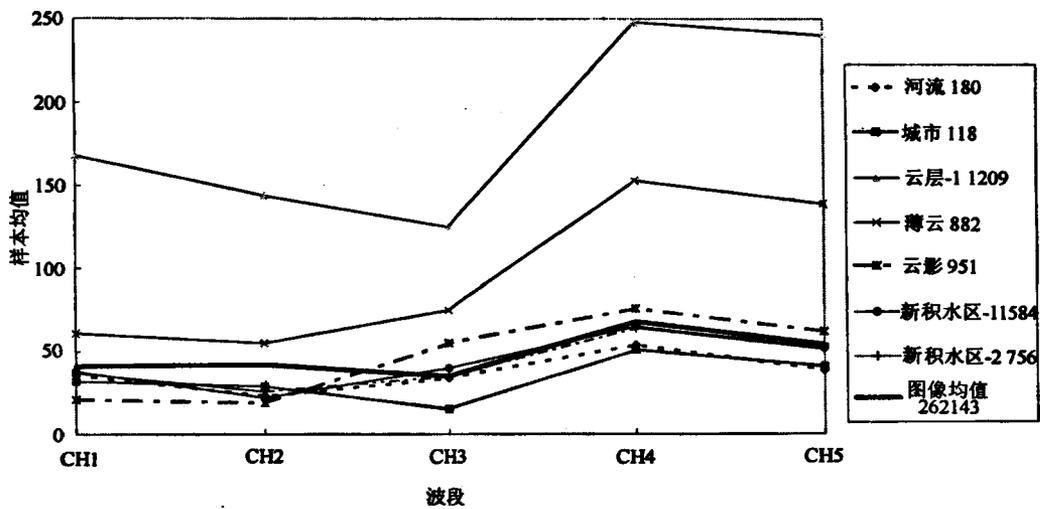


图 2 洞庭湖1996年8月10日不同地物光谱曲线

Fig.2 The spectral curve of different features, DONGTING lake, 8/10/1996

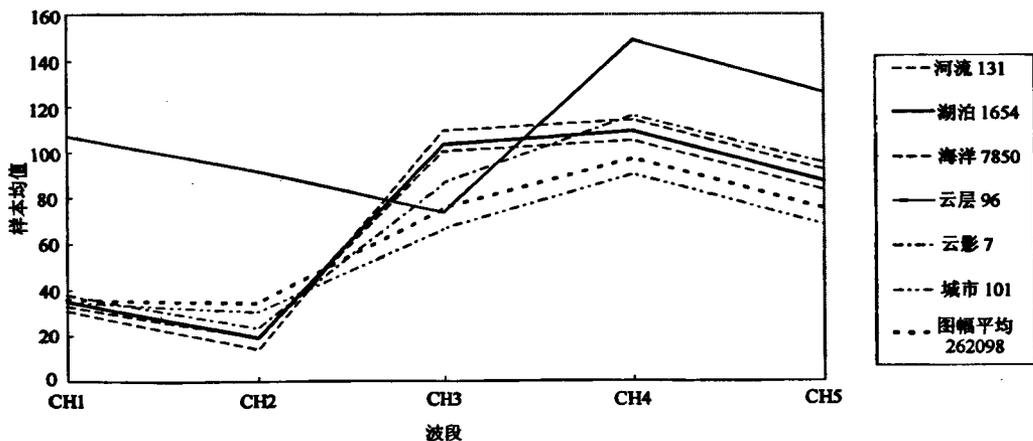


图 3 太湖1996年2月5日各种地物的光谱曲线

Fig.3 The spectrum curve of different features, TAIHU lake, 2/5/1996

从图 2 可以看出,该图幅内以平均值的光谱曲线为分界,厚云、薄云 5 个波段都相对为高值,光谱曲线明显高出平均曲线;而其它地物明显低于或围绕平均曲线有小的起伏。包括云影、河流、积水区、城市,其中云影在 CH3、CH4、CH5 又稍高于平均水平。从曲线的走向看,云、云影、与河流、积水区一致,因此,要进一步区分水体与云及云影,在原有 CH1 远大于 CH2 的规律下,须加入 CH2、CH3 的判断条件,利用 CH2、CH3 的均值分别排除云及云影。图 3 为非洪水期的太湖图幅各地物的光谱曲线,从其上依然可以看出云的规律,但该图内的河流、湖泊、海洋的 3—5 波段则相对洪水期有增高,表现出高于图幅均值的规律;而云影在曲线走向和数据大小都与各种水体的规律极为相似,无法加以区分;反而该时期的城市曲线依然全低于图幅均值,落在平均曲线的下方,虽然在 CH1、CH2 也满足水的规律,但完全可以利用 CH3 波段把它剔除掉。

从上面的采样分析可知,在 NOAA 这一特定的传感器上,水体的遥感特性与地面实测相比呈现出一定程度的变化,表现为在正常情况下水体随空间的变化幅度较小(排除某一含量的异常情况),而随时间的变化幅度较大,而在洪水期间,水体表现大幅度的变化,由平常时期的相对稳定到起伏较大,呈现出特殊的规律。其中由于降水的增加引起水中泥沙含量,水温等异常变化也起到了相当大的作用,而由于时间变化引起水体的变化反映则相当的微弱。但无论水体随时间,空间怎么变化,则其在近红外吸收的特性始终不变,且表现为 CH1 远大于 CH2, CH2 < 图像的均值; CH3 有规律地上升或下降,在正常时期,水体 CH3 大于整幅图像的平均值,而洪水期间 CH3 小于整幅图像的均值,这就是水体在光谱多变条件下,呈现出的统一规律,即光谱特征。

NOAA 影像水体的空间特征

NOAA 卫星其空间分辨率相对较低,为 $1.1 \times 1.1 \text{ km}^2$ 或 $4 \times 4 \text{ km}^2$, 图幅范围相对于地面很大的范围,水体由于具有空间上的连续性和动态的流动性,其在 NOAA 影像上表现出很明显的空间特征,主要表现为河流的线状,湖泊的面状,及水体与云团的大小对比上。

3.3 水体的遥感提取应用

水体识别的模型

根据大量的水体光谱样本分析,得出 AVHRR 数据的水体信息提取的基本光谱模型:

● CH1 >> CH2, 且 CH2 < 图像平均值; 洪水期, CH3 < 图像平均值; 非洪水期, CH3 > 图像均值。

● 随着水面积减小,混浊度增加,水深变浅,水体特征有所改变: CH1 相对减小, CH2 相对增加,有向陆地逐渐过渡的趋势,且往往该部分水体是陆地包围的水体或覆盖在陆地上的浅水体。

在分析了水体在图像上的空间特征后,在光谱模型上又给出了水体的空间模型:

● 水体相对于陆地或云层等呈现出较为均一的图斑,无明显的纹理特征。

● 水体图斑的边界相对于云层较稳定,河流的线状特征,湖泊、海洋等的面状特征较明显。

以上的光谱模型和空间模型采用面向对象的思想完成了模型的建立,从而实现水体的遥感信息提取。

应用实例与分析

为了验证该方法的适用性,选取 1996 年 2 月 5 日长江下游的太湖及 1996 年 7 月 21 日鄱阳湖图像,来验证不同时期自然水体的提取效果;利用青海湖 1996 年 7 月 5 日图像来验证不同地区自然水体的提取效果。用已建立的光谱模型,采用基于基类的遥感提取方法获取以上 3 幅图像的水体提取图。由于篇幅限制,仅给出了 1996 年 7 月 21 日鄱阳湖、图像的自动提取图,如图版 I 图 4。经过自动提取后的图像矢量化并叠合到原始图上,如图版 I 图 5 所示。从水体提取图上可以直观地看出,该方法对不同地区、不同时相的自然水体整体上提取效果较好。

利用本文的方法对新积水区也作了应用研究。取辽河下游、洞庭湖、鄱阳湖等洪水多发区进行积水区的提取。用 1996 年 7 月 12 日的洞庭湖图幅进行具体应用。洪水期,受大气的影晌,整幅图像辐射率降低,这幅原始图像呈现出暗色调,云的干扰较大,且水陆界限模糊,过渡性特征增强。提取后的图与原图叠合如图版 I 图 6。对照原图,发现在该图幅中,来自长江上游短时间内的大量降水涌入洞庭湖,使得湖面急速上涨,洪水溢出,造成多块淹没区,尤其靠近洪湖的大片区域。从提取效果来看,上涨后的洞庭湖湖面基本全部提取,湖边缘被洪水围困的岳阳,及湘水边受灾的长沙都有效地提取。同样该图幅中的鄱阳湖湖面提取后的形状十分接近原图。

参 考 文 献

- 1 濮静娟. 遥感图像目视解译原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.

- 2 Harris A. J. L, R. A. Vallghan et al. Volcano detection and monitoring using AVHRR data: the Krafla eruption 1984. *IJ of Remote sensing*, 1995, 16,(6):1001—1020.
- 3 周红妹等. NOAA 气象卫星云检测方法的研究. *环境遥感*, 1995, 10(2).
- 4 陈伟荣. 比值合成和特征主成分选择技术在提取油区信息中的应用. *遥感技术与应用*, 10(3).
- 5 田国良. 土壤水分的遥感监测方法. *环境遥感*, 1991, 6(2).
- 6 喻光明. 基于 DEM 的洪涝灾害信息提取与损失估算. *国土资源遥感*, 1996, (1).
- 7 杜道生, 陈军等主编. *RS、GIS、GPS 的集成与应用*. 测绘出版社, 1995 年.
- 8 陈述彭. *地学的探索, 第三卷, 遥感应用*. 北京: 科学出版社, 1990.
- 9 高景昌等. 遥感图像线性构造信息微机机助提取. *环境遥感*, 1994, 9(1).
- 10 遥感科学新进展. 北京: 科学出版社, 1995.
- 11 张仁华著. *实验遥感模型及地面基础*. 北京: 科学出版社, 1996.

作者简介

杜云艳, 女, 1973 年 4 月出生, 助研, 1994 年毕业于武汉测绘科技大学地图学系, 获学士学位. 1994—1997 年在中国科学院地理研究所资源与环境国家重点实验室读硕士, 毕业后留室工作. 主要研究领域是: 遥感在灾害监测方面的应用、遥感信息提取、和遥感与 GIS 融合研究. 现已发表的论文有数篇.

Automatically Extracting Remote Sensing Information for Water Bodies

Du Yunyan Zhou Chenghu

(Institute of Geography, Chinese Academy of Science Beijing 100101)

Abstract Remote sensing ground feature extraction is a key to remote sensing applications. As the Remote sensing applications advance, various thematic information extraction methods and models have been researched upon and developed. In recent years, intellectual information extraction has become the focus of remote sensing specialists, as artificial intelligence advances in the computer field. The main objective of this paper is to develop a new method for extracting remote sensing information intellectually. Firstly, a knowledge-based model for thematic information extraction will be developed on the basis of remote sensing information mechanism study; Secondly, the model has been set up under the direction of OO idea and so a broad-sense knowledge-based method is used.

The above intellectual information extraction method is illustrated with an example of water recognition automatically from NOAA/AVHRR. Satisfied results have been achieved when this method is applied to identify natural water and newly flooded areas. Finally, flood disaster monitoring has also been experimented in this way.

Key words Thematic information extraction, Artificial intelligent, Object-oriented model, Remote sensing information mechanism, NOAA image, Water recognition