

多卫星遥感数据的信息融合:理论、方法与实践*

何国金 李克鲁 胡德永

(中国科学院遥感卫星地面站, 北京 100086)

从柏林 张雯华

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘要 首先介绍了信息融合技术的有关内容,进而对多卫星遥感数据融合的研究历史及现状进行了简要的综述。在此基础上,以地质应用为目标,探讨了多卫星数据融合的小波变换方法,研究了不同长度的小波基对融合结果的影响,提出了改进的小波融合模型(CMWD)。同时,对比评价了基于小波变换 CMWD、IHS 变换、PCA 分析的融合结果在提高空间分辨率、保持原始图象光谱信息的优劣。最后,提出了基于 Multi-Agent 思想的多卫星遥感信息融合系统框架构想。

关键词 卫星遥感 信息融合 小波变换

1 关于信息融合技术

1.1 信息融合技术的发展简史

融合的概念开始出现于70年代初期,当时称之为多源相关、多传感器混合和数据融合。80年代以来,信息融合技术得到迅速发展,对它的称谓亦渐趋统一。现在多称之为数据融合或信息融合。

融合(Fusion)是指采集并集成各种信息源、多媒体和多格式信息,从而生成完整、准确、及时和有效的综合信息过程。信息融合技术研究如何加工、协同利用多源信息,并使不同形式的信息相互补充,以获得对同一事物或目标的更客观、更本质认识的信息综合处理技术^[1]。它比直接从各信息源得到的信息更简洁、更少冗余、更有用途。

C³I 系统开创了应用信息融合技术的系统先河。早在1973年,美国国防部就资助进行了声纳信号理解系统的研究,信息融合技术在这一系统中得到了最早体现。之后,无论是军用系统,还是民用系统如工业控制和管理等领域都趋向于采用信息融合来进行信息综合处理。近年来,信息融合引起了世界范围内的普遍关注,美、日、欧共体等发达国家已在一些重大研究项目中实施信息融合计划,并陆续开

发出一些实用性运行系统。为跟踪国际前沿,中国政府也不失时机地把信息融合技术列为“863”计划和“九五”规划中的重点研究项目,以之作为发展计算机技术、空间技术等高新产业领域的关键技术之一。

1.2 信息融合的3个层次及其技术优势

信息融合技术已被广泛地应用于计算机视觉、工业检测、机器人智能和图象处理等诸多领域。按信息抽象程度的不同,有些学者把信息融合划分为原始数据融合(Pixel based)、目标级或特征级融合(Feature based)和决策级融合(Decision level)3个层次^[1,2];而另外一些学者则认为在上述3个层次之前还存在一种更为低级的融合过程,即信号级融合(Signal based)^[4]。由于原始数据本身就是信号的一种表现形式,因而本文认同前者的归并方案。

信息融合技术为分析、估计和校准不同形式的信息,适应海量数据处理的需要,同时利用这些信息正确反映实际情况提供了可能。其技术优势表现为^[1]:

- (1) 可扩展系统的时间和空间覆盖范围。
- (2) 可增加系统的信息利用率。
- (3) 可提高经融合的信息的可信度和精度。
- (4) 可增强对目标物的检测与识别能力。
- (5) 可降低系统的投资。

* 本文研究受国家自然科学基金项目(No. 49371258)资助

收稿日期:1998-10-15;收到修改稿日期:1999-03-01

2 多卫星遥感数据的信息融合方法

2.1 多卫星遥感信息融合技术的国内外研究历史及现状

对于多卫星遥感数据,信息融合的定义可描述为:将不同类型传感器获取的同一地区的影像数据进行空间配准,然后采用一定的算法将各影像数据中所含的信息优势或互补性有机地结合起来产生新影像数据的技术。这种新数据具有描述所研究对象的较优化的信息表征,同单一信息源相比,能减少或抑制对被感知对象或环境解释中可能存在的多义性、不完全性、不确定性和误差,最大限度地利用各种信息源提供的信息^[2-6]。融合不是数据间的简单复合(Combining/Merging),它强调执行结果的信息优化。这也是判定某种数据融合方法是否合理的依据之一。

多传感器、多分辨率、多时相遥感数据源的接收、应用以及对高质量遥感数据的需求是促使各种数据融合技术的出现与发展的直接动力。从80年代开始至今的十几年中,有关多卫星数据融合研究方面的论著常见不减。

最初,Daily等^[11]报道了有关把雷达图象(SIR-A)和Landsat-MSS的复合图象应用于地质解释方面的消息;Laner等^[12]进行了Landsat-RBV和MSS数据的融合试验;Landsat-TM和SPOT-HRV数据的成功接收与深入应用,引发了人们对多遥感数据融合研究的更普遍关注。随着90年代多颗雷达卫星JERS-1、ERS-1和Radarsat的发射升空,数据融合更是成为目前遥感及其相关学科领域的研究热点^[6]。

归纳前人的工作,融合方法大体上可以分为3类:①用于可视显示;②在提高融合图象空间分辨率的同时,尽可能保持原始图象的光谱特征;③基于对被融合图象辐射特性的相关分析。

第①类方法的代表性文献有^[13],^[14]。这类方法只强调结果图象的视觉效果,而不考虑原始图象本身的频谱信息的失真,因而适用性较差。

第③类方法是基于对输入图象之间的波谱特性相关统计分析^[18,21,22];由于SPOT-PAN波段与SPOT-XS波段的谱特性存在很大的相关性,Price^[21]、Pellemans^[18]认为可以通过线性方程求解和简单的改正系数用SPOT-PAN的灰度值来估算

SPOT-XS的灰度值。与上述规则相似,Moran^[22]则利用温度 T_s 与归一化植被指数(NDVI)—— $\{(TM_4-TM_3)/(TM_4+TM_3)\}$ 高相关性原理实现了对TM6波段的空间分辨率的提高。无疑,这类方法的融合结果较好地保持了原始图象的光谱信息。然而,当输入图象来自于不同的卫星平台时或输入图象之间的相关性较差或无相关时,则难以满足要求。

出于应用目的,目前的多卫星数据的信息融合研究更多地针对第②种情况。传统的常用算法有IHS变换^[15,18,20];PCA变换^[17,19];HPF法^[16]以及线性加权法。另外,Solberg等^[2,3]通过在融合过程中融入存在于两时段之间出现地类变化可能性的先验知识,使得融合结果用于分类的错分率减少了7%—11%。这些方法的一个重要特征就是在提高融合图象的空间量测和局域性质的同时,能一定程度上减少对光谱信息的扭曲与改变。如果结果图象能较好地保持图象的光谱特性,则可以用于光谱分类。

如何把小波变换的多分辨率分析思想应用于数据融合过程则是近年来科学家们正在研究的课题^[8]。本文以地质应用为目标,探讨了多卫星数据融合的小波变换方法,研究了不同长度的小波基对融合结果的影响,提出了改进的小波融合模型(CMWD)。同时,对比评价了基于小波变换CMWD、IHS变换、PCA分析的融合结果在提高空间分辨率、保持原始图象光谱信息的优劣。

2.2 信息融合中的小波变换方法及其结果评价

试验所用的TM和SPOT-PAN数据的过境时间分别为1987年3月27日和1996年8月25日。在融合之前,TM图象对SPOT-PAN进行了几何配准,并重采样到10米。几何配准的最小均方差(RMS)小于半个象元。

2.2.1 综合小波变换模型(CMWD)

关于多分辨率分解的小波正逆变换理论及Mallat算法的详细论述请参考文献^[9]。利用CMWD模型进行遥感数据融合的思想来源于小波变换的数据压缩和图象插值应用。既然小波能实现对数据的无损压缩和图象的完全重构,那么它也应该能够用于传感器压缩问题。标准小波变换模型的融合过程包括以下几个步骤:

(1)把配准好的TM图象和SPOT-PAN分别施行小波变换,获取各自的低频图象和细节(detail)/纹理图象。

(2)用TM的低频图象替代SPOT-PAN的低

频图象。

(3) 对替换后的 TM 低频图象和 SPOT-PAN 的细节图象进行小波逆变换, 得到融合结果图象。

标准 MWD 存在二个问题: ①由于 MWD 模型相当于一个高通和低通滤波器, 把 TM 图象的低频图象替代 SPOT-PAN 低频图象进行小波反变换的结果必然会引起 TM 图象原有信息的丢失; ②由于

TM 和 SPOT-PAN 图象时相差异很大, 它们之间的像元灰度值也明显不同, 该结果图象会引起 TM 图象光谱信息的改变, 甚至导致噪音的出现。

针对标准 MWD 模型的上述问题, 本文提出了一种“综合小波融合模型——CMWD”, 其过程模型如图 1。

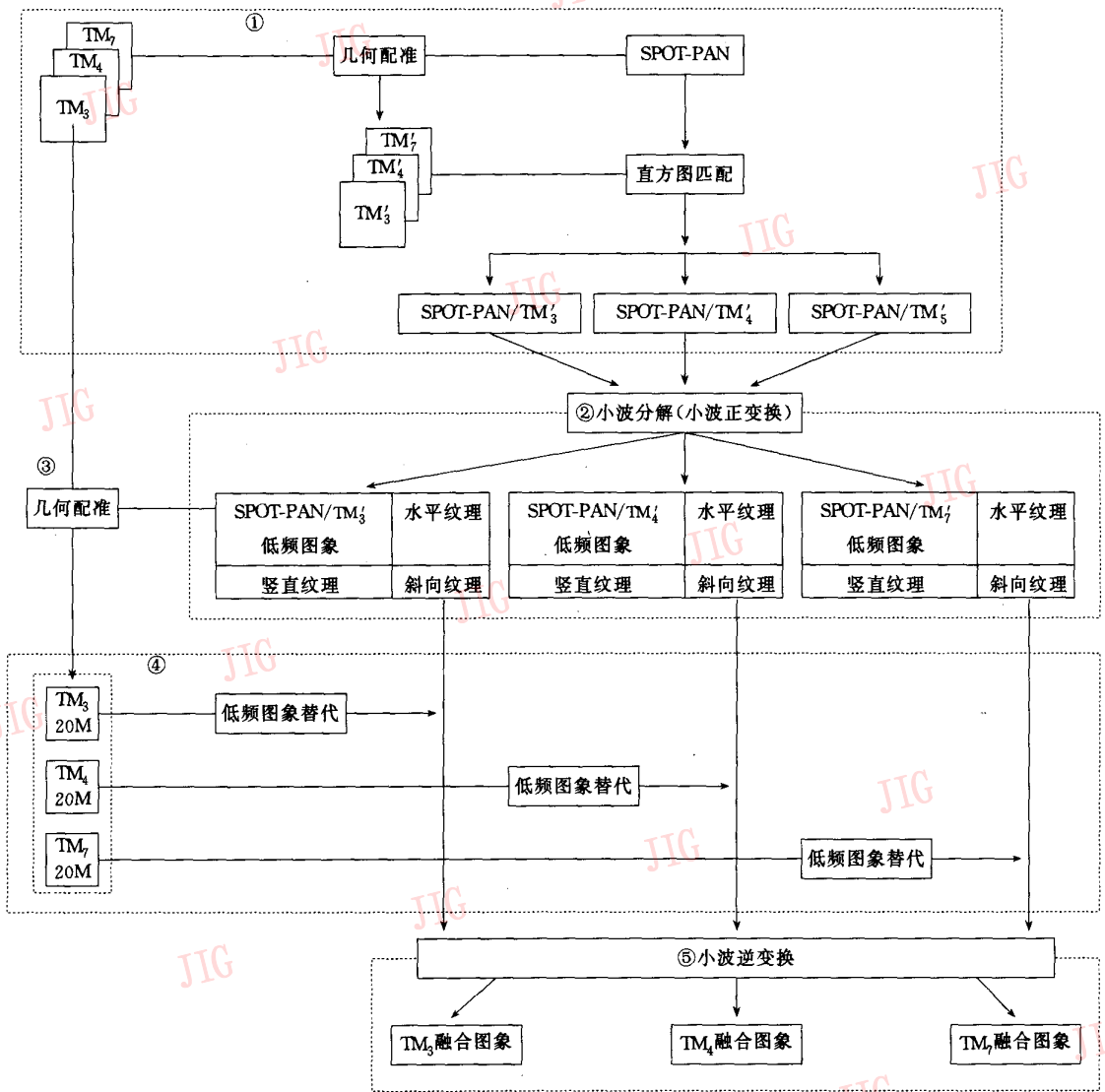


图1 CMWD融合模型

过程①: 分别以配准好的 TM₃、TM₄、TM₇ 为参考图象, 对 SPOT-PAN 图象进行直方图匹配, 形成 SPOT-PAN/TM₃、SPOT-PAN/TM₄、SPOT-PAN/TM₇ 图象。

过程②: 分别对 SPOT-PAN/TM₃、SPOT-PAN/TM₄、SPOT-PAN/TM₇ 施行小波正变换, 形成各自的低频图象和高频细节信息, 分辨率为 20 米。

过程③: 分别把原始的 TM₃、TM₄、TM₇ 波段与低频图象配准, 生成 20 米的 TM₃、TM₄、TM₇ 图象。

过程④: 用 20 米的 TM₃、TM₄、TM₇ 分别替代与之对应的低频图象。

过程⑤: 对替换后的图象及与之相关的细节信息进行小波逆变换, 从而获得融合图象 fTM₃、fTM₄、fTM₇。

CMWD 模型与标准 MWD 模型相比,减少了因时相差异等引起的光谱失真;同时,用配准后的原始 TM 图象直接替代 SPOT-PAN 低频图象进行小波反变换的结果较好地避免了标准 MWD 模型中由于用小波变换后的 TM 低频图象替代 SPOT 低频成分所引起 TM 图象原有信息的丢失。

2.2.2 小波基长度对融合结果的影响

在试验中我们发现,融合结果图象的好坏与小波基(滤波器)的长度密切相关,但并没有一定的规律。分别用长度为 4 到 20 的小波滤波器进行小波融合运算。一方面,从视觉效果看,当小波基的长度为 4-12 时,融合后图象中小尺度的纹理清晰度随小波基长度的增加而有所降低,大尺度的纹理则反之;而长度为 12-20 时,图象中小尺度的纹理清晰度随小波基长度的增加而有所提高,大尺度的纹理亦反之。另一方面,从保持原始 TM 图象的光谱信息的功能来看,长度为 10 的滤波器效果最好,表现为对 TM 图象各个波段的光谱扭曲值最小。单色图象光谱扭曲的定义为:

$$D = \frac{1}{n} \sum_i \sum_j |V'_{i,j} - V_{i,j}|$$

其中 D 为光谱扭曲值, n 为图象大小, $V'_{i,j}$ 、 $V_{i,j}$ 分别为融合后和原始图象上 (i, j) 点的灰度值。

小波变换是一种信息保持型的变换,即变换前后信息量保持不变。但在正变换过程中,小波基长度

将影响不同频率的信息在低频图象和低频图象中的分配比例。而融合的结果图象是小波逆变换从 TM 图象和 SPOT-PAN 图象中提取的信息按不同比例构成的。小波基的长度影响着这一比例的构成,从而导致了上述结果。因此,对于不同的应用目标,应根据具体情况选择不同长度的小波基进行融合处理,以获得有关研究对象的最优化的信息表征。

考虑到清晰度和光谱信息保持两方面的因素及研究目标的实际情况,我们选择长度为 10 的小波基来进行融合运算。彩色图版 1 中的图 1 为采用该滤波器的融合图象 fTM_4 、 fTM_7 、 $fTM_3(R, G, B)$ 彩色合成结果。

2.2.3 试验结果评价与讨论

怎样去评价融合结果的好坏也是人们一直在探索的问题。由于没有标准图象可比,评价常常依据目视判定进行。考虑到图象大小的一致性,一方面本文选择 SPOT-PAN 及以之配准过的 TM_3 、 TM_4 、 TM_7 波段作为结果判定的参考图象;另一方面,从数理统计角度、视觉量测方面进行分析和比较,以评价三种方法的优劣。

(1) 基于数理统计的分析和比较

统计参数包括结果图象的均值、熵值、标准偏差,它与相对应 TM 参考图象之间的象元值未发生变化的百分比以及各融合图象三个波段的协方差矩阵行列式。统计结果如表 1 所示。

表 1 三种融合结果图象统计参数对比

融合方法	波段	均值	熵	标准偏差	未变百分比	协方差矩阵行列式
CMWD	fTM_3	74.80	5.74	9.12	13.38	167845.0
	fTM_4	63.13	5.45	8.30	14.74	
	fTM_7	80.20	5.92	8.60	12.13	
IHS	TM'_3	75.15	5.37	9.18	10.82	158969.1
	TM'_4	63.51	5.22	8.37	12.35	
	TM'_7	80.74	5.33	8.63	10.60	
PCA	TM'_3	74.14	5.26	9.55	6.95	81694.3
	TM'_4	63.22	5.27	9.61	6.90	
	TM'_7	80.23	5.16	8.86	7.40	
经配准的原始图象	TM_3	74.37	4.61	5.84	35040.0
	TM_4	62.87	4.61	5.82	
	TM_7	79.86	5.02	7.96	

熵是衡量信息丰富程度的一个重要指标。计算协方差矩阵行列式也是从熵的概念出发。假设图象数据符合多维正态分布,在无偏估计下,熵值是行列

式的递增函数。以行列式值代替熵值对波段组合进行判断,行列式值越大,信息越丰富;最佳指数因子越大,所包含的信息量也越丰富。

从表1中可以看出,无论采用何种方法,融合后单色影像的熵值以及组合图象的行列式值和最佳指数因子都普遍提高,说明融合后信息量比原始图象均有增加,达到了富集表示的目的。其中CMWD法提高的幅度最大。

从标准偏差和象元值未发生变化的百分比看,PCA融合结果变化最大,IHS次之,CMWD最小。说明CMWD法能较好地保持原始TM图象的光谱信息。这是因为,小波变换相当于一个高低双频滤波器,融合过程只是把SPOT-PAN的高频分量融入到TM各波段中,导致的光谱变化由高频分量引起。

(2) 基于视觉量测的比较与分析

从彩色图版I中的图1、图2、图3不难作出这样的判定,无论是空间分解力还是清晰度,三种方法的融合影像均比原TM影像(彩色图版I中的图4)有大幅度提高。其空间分辨率接近于SPOT-PAN。表现为对岩体边界和它的内部构造纹理细节以及某些断裂构造的可解译程度的改善。其中,CMWD、IHS变换的融合图象视觉量测较好,PCA次之。

从光谱特征(颜色)看,CMWD法的融合结果(彩色图版I中的图1)在色彩上较接近于原TM影像(彩色图版I中的图4),IHS法(彩色图版I中的图2)次之,PCA法(彩色图版I中的图3)与原始TM图象的颜色差别较大。这与(1)中的数理统计结果是一致的。

从实施过程的灵活性方面评价,IHS变换只能而且必须同时对三个波段进行融合操作;PCA分析的输入图象必须有三个或三个以上;而CMWD方法则能够完成对单一波段或多个波段的融合运算。对于单个黑白图象的融合,无疑CMWD法是唯一的选择。

总之,此次实验表明,数据融合技术有利于提高遥感图象对岩石大地构造的解象力。然而无论CMWD法、IHS法、还是PCA法均不能实现对空间信息和光谱信息的完全重构。相对于IHS、PCA法,CMWD法能较好地保持原始图象的光谱信息,并实现对空间分辨率的改善,具有广泛的应用前景。但问题的关键在于对小波基的选择与应用。研究如何构造完全可逆且合适的小波基应首先引起重视。

3 基于 Multi-Agent 思想的多卫星遥感信息融合系统框架构想

21世纪以高光谱、高时间、高空间分辨率及全

天候雷达为基础的遥感技术,将引发遥感应应用向资源、社会和经济等各个领域渗透。由之而来的图象处理、信息提取和知识获取系统也将面临一个适应海量数量、快速实时、结果准确的任务要求。各种信息融合技术的应用和发展以及近年来计算机科学中对Multi-Agent System(MAS)的研究为我们建立一个满足上述需求的多卫星遥感信息融合系统提供了理论基础。MAS强调自主的Agent通过协作完成某些任务或达到某些目标。它建立在分布式或人工智能技术基础之上,但它不同于一般的分布式人工智能(PAI)。表现为对问题求解的机制是开放的,不必满足一致性要求,而是在有矛盾的条件下,“社会中”的一部分个体通过某种协商机制获得一个可接受的解^[10]。这种思想对于解决多卫星遥感数据融合中出现的 inconsistency 具有借鉴意义。在MAS中,单个Agent的智能是有限的,但每个Agent可以追求自己的最大效用。基于MAS思想,本文提出了如图2所示的融合系统设计框架。

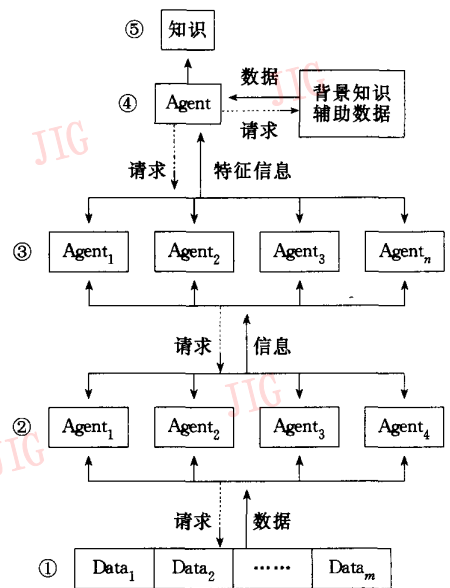


图2 基于MAS思想的多遥感信息融合系统框架
其中:

① 为各种分布式卫星数据源,可能存在于不同地域、不同类型的计算机网络上。

② 为低层图象处理 Agent,具有分布式并行处理能力,运算速度快。主要针对③的请求进行数据采集,并根据融合目标的领域范围提取有关的信息内容,进行格式转换。

③ 为信息分析 Agent,具有分布式人工智能。主要针对④的请求,对②提供的信息进行信息辨识和相关处理,确定可信度,完成信息的归类、合并。

④ 为通用融合处理 Agent, 根据背景知识和辅助数据, 对③提供的特征信息进行分析, 决定信息的取舍; 参照其它信息源对每个信息项进行验证修改; 对不同信息源的信息进行印证分析、补充综合、协调修改及估计; 分析、综合实时提供的信息; 通过分析判断, 生成综合信息。解决融合中信息的不确定性、不一致性和相互冲突。

⑤ 建立知识库: 生成工作信息库, 形成各种专题知识, 供分析模型和各领域专家和决策人员使用, 为系统决策服务。

总之, 信息融合技术通过对多信息源、多媒体、多格式信息进行综合处理, 从而给分析模型、领域专家、决策人员提供及时、可靠、高效的信息。其基本功能相关、估计和识别。与之相对应, 完成信息融合过程的关键技术主要包括估计技术、模糊集理论、聚类分析、模板法、人机交互技术、专家系统、多媒体技术、熵法、分布式数据库技术和并行处理技术。

参 考 文 献

- 1 蓝国兴, 艾国强. 信息融合技术. 计算机世界, 1997年5月19日 107~108.
- 2 Solberg S, Jain A K, Taxt T. Multisource classification of remotely sensed data: Fusion of Landsat TM and SAR Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1994 32(4):768~777.
- 3 Solberg S, Jain A K, Taxt T. A markov random field model for classification of multisource satellite imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, 1996, 34(1):100~113.
- 4 Costantini M, Farina A, Zirilli F. The fusion of different resolution SAR images. In: Proceedings of the IEEE, 1997, 85(1):139~146.
- 5 贾永红. 遥感多光谱影像空间分辨率增强的融合方法. 遥感技术与应用, 1997, (1):19~23.
- 6 何国金, 李克鲁. 星载合成孔径雷达遥感及多卫星数据融合方法. 地质科技情报, 1997, 16(sup):29~33.
- 7 Yocky D A. Image merging and data fusion by means of the discrete twodimensional wavelet transform. J Opt Soc Am A, 1995, 12(9):1834~1841.
- 8 Li H, Manjunath B S, Mitra S K. Multisensor image fusion using the wavelet transform. Graphical Models and Image Processing, 1995, 27(3):235~244.
- 9 Mallat S. A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. IEEE Trans Pattern analysis and Machine Intelligence, 1998, 11:674~693.
- 10 阮永韶, 王 珏. Multi-Agent 系统的社会及生态模型. 计算机世界, 1998, 49(C):9~10.
- 11 Daily M, Farr T, Elachi C, Schaber G. Geologic interpretation from composited radar and Landsat imagery. PE & RS, 1979, 45

(8):1109~1116.

- 12 Laner D T, Todd W J. Land cover mapping with merged Landsat RBV and MSS stereoscopic images. In: Proceedings of the ASP Fall technical conference, American Society for Photogrammetry, San Francisco, California, 1981, pp. 680~689.
- 13 Cliche F, Bonn F, Teillet P. Integration of the SPOT panchromatic channel into its multispectral mode for image sharpness enhancements. PE&RS, 1985, 51:311~316.
- 14 Freeman S B, Bolivar S L, Weaver T A. Display techniques for integrated data sets. Computers and Geosciences, 1983, 9(1):59~64.
- 15 Hayden R, Dalke G W, Henkel J, Bare J E. Application of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancement. In: Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Arid and Semi-arid Lands, Cairo, Egypt, 1982, pp. 599~616.
- 16 Chavez P S, Sides S C, Anderson J Am. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data, Landsat TM and SPOT Panchromatic. PE & RS, 1991, 57(3):265~303
- 17 Ehlers M. Multi-sensor image fusion techniques in remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1991, 46:19~30.
- 18 Pellemans A H J M, Jorddams R W L, Allevwijn R. Merging multispectral and panchromatic SPOT images with respect to the radiometric properties of the sensor. PE & RS, 1993, 59(1):81~87.
- 19 Yesou H, Besnus Y, Rolet Y. Extraction of spectral information from Landsat TM data and merger with SPOT panchromatic imagery—A contribution to the study of Geological structures. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1993, 48(5):23~36.
- 20 Jim V. Multispectral imagery band sharpening study. PE & RS, 1996, 62(9):1075~1083.
- 21 Price J C. Combining panchromatic and multispectral imagery from dual resolution satellite instruments. Remote Sensing of Environment, 1987, 21:119~128.
- 22 Moran M S. A window-based technique for combining Landsat Thematic Mapper thermal data with higher-resolution multispectral data over agricultural lands. PE & RS, 1990, 56(3):337~342.



何国金 1968年生, 博士, 现在中国科学院遥感卫星地面站信息处理技术研究室工作。主要从事卫星遥感信息处理、信息分析和遥感应用等方面的研究。已发表学术论文近20篇。E-mail: gjhe@ne.rsgs.ac.cn

Information Fusion of Multisensor Satellite Remote Sensing Data: Theory, Methodology and Experiment

He Guojin, Li Kelu, Hu Deyong

(China Remote Sensing Satellite Ground Station, Beijing 100086)

Cong Bolin, Zhang Wenhua

(Geological Institute of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract This paper firstly made a brief introduction of the technology for information fusion, and also summarized the previous and recent worldwide studies on the fusion of multisensor satellite remote sensing data. Then, aimed at geological application, the paper exhibited the utility of wavelet transform for data fusion purpose illustrated by an example of Landsat-TM and SPOT-PAN images. On the one hand, the authors performed a discussion on the relationship between wavelet coefficients and the fused results, and set up a fusion model called "CMWD"; On the other hand, the paper raised a comparison of the fused images which were merged by wavelet transform, PCA and IHS methods, in spatial quality improving and spectral information preserving respectively. Finally, based on Multi-Agent theory, the paper presented a framework for building up an information fusion system of satellite data.

Keywords Satellite remote sensing, Information fusion, Wavelet transform

富士 MX-2700 喜获

“个人电脑编辑选择奖”

MX-2900、MX-1500 隆重登场

富士 MX-2700 自从今年 7 月份由北京中恒讯视科技发展中心推向国内市场以来,销售情况一直不错。MX-2700 的象素高达 230 万,而重量仅为 230 克,就像是富士公司为追求时尚的新世代而量身定做的。它一直被媒体誉为“数码相机中的詹姆斯·邦德”和“英俊的 MX-2700”。《个人电脑》杂志是世界著名的 IT 刊物。这次 MX-2700 喜获“个人电脑编辑选择奖”就足以证明它综合素质的优异,而它的前身 MX-700 也曾获此殊荣。

据闻,更具专业水准的 MX-2900 在今年 9 月初已经在国内上市,它的解象度高达 230 象素(1800×1200),且拥有 3 倍光学变焦及 2.5 倍数码变焦功能,同时选配广角附加镜,无论人像写真或大合影均能胜任。

而 MX-1500 是至今为止你能拥有的最小、最轻的 150 万象素相机。机身厚度为 31mm,采用横身设计,更提供三种颜色让玩家选择。分别是银色、金色及兰色。新机的快门更可作手动调校,速度由 1/4 秒至 1/2000 秒。

在今年 9 月 7 日—9 月 10 日的中国计算机世界展览会上,这两款相机已向观众展出,而香港富士公司在展览会期间召开了新品发布会,宣布由其中国总代理北京中恒讯视公司推向国内市场。



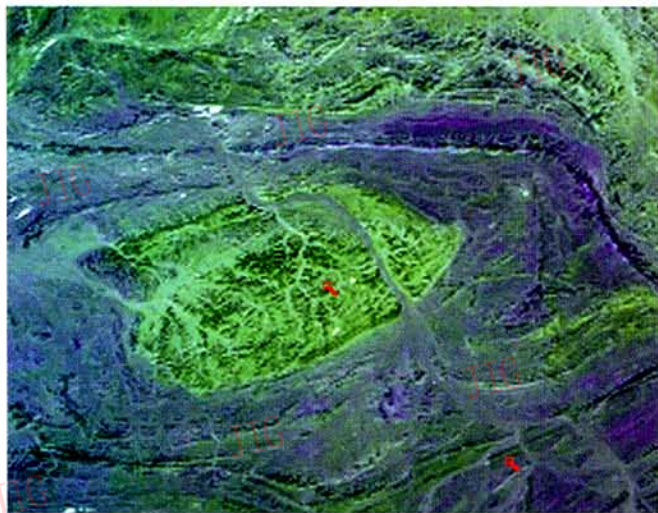


图1 综合小波方法融合结果图

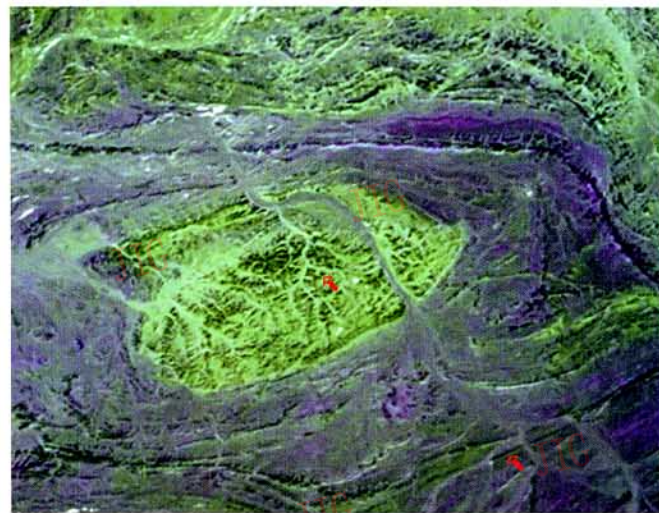


图2 IHS方法融合结果图

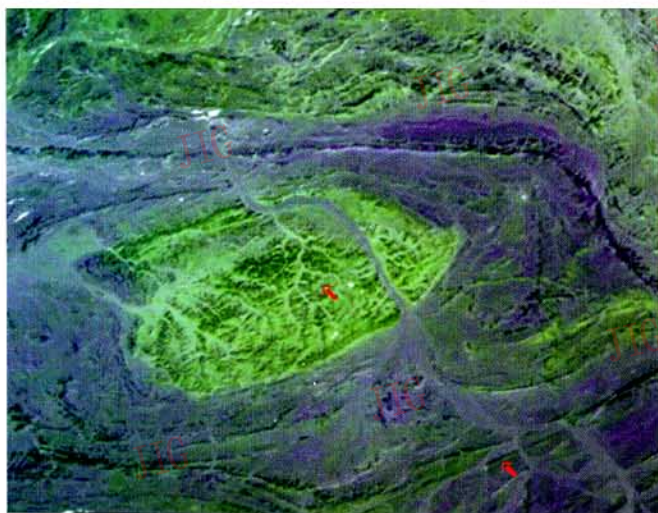


图3 PCA方法融合结果图



图4 TM Band4,7,3彩色合成图