

多源遥感影像融合*

孙家柄 刘继琳 李 军

(武汉测绘科技大学信息工程学院 武汉 430079)

摘 要 遥感影像融合能富集同一地区不同数据源的信息大跨度波谱特性影像(如光学合,提供了有关各单个传感器的互补信息,使分类更精确;大跨度空间分辨力影像(如全融合,有利于改善多光谱影像的锐度,增强特征提取和目视判读能力,能有效地用于变化论的影像融合有3种基本方法:1. 基于像元的融合;2. 基于特征的融合;3. 基于判决力了多源遥感影像以像元为基础的加权融合、基于小波理论的特征融合和基于贝依斯法则法。

关键词 多源遥感影像、加权融合、特征融合、分类融合

概 述

多平台、多层面、多种传感器、多时相、多光谱、多角度和多种分辨力遥感影像数据随着21世纪的到来,以惊人的数量快速涌来,在同一地区形成多源的影像金字塔。如何将同一地区各种特性影像的有用信息聚合在一起是当前亟待研究的课题之一。遥感影像融合是解决多源海量数据富集表示的有效途径之一,它将有利于增强多重数据分析和环境动态监测能力,改善遥感信息提取的及时性和可靠性,有效地提高数据的使用率,为大规模的遥感应用研究提供一个良好的基础,使花费大量经费获得的遥感数据得到充分利用。

该文针对多源遥感影像融合中的3种基本方法^[1],论述了以像元为基础的加权融合、基于小波

$$r_{ij} = \frac{\frac{1}{mn} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n (I_{ik} - \bar{I}_i)(I_{jl} - \bar{I}_j)}{\sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n (I_{ik} - \bar{I}_i)^2 \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n (I_{jl} - \bar{I}_j)^2}}$$

则 $P_i = |r_{ij}| \times 0.5 + 0.5$, P_j 具体处理方法而定。这种合。表1列出了广东省某片之间的相关系数。

表1 相

Table 1 Correl

| 影 像 |
|----------|
| TM3—侧视雷达 |
| TM4—侧视雷达 |
| TM5—侧视雷达 |
| TM3—航 片 |
| TM4—航 片 |

2 基于小波理论的影像融合

同一地区不同类型的影像上空间特性相差很大,将它们融合在一起,有利于地物空间结构和纹理特性更明确地显示。

据影像频域分析,同一地区不同类型的影像,低频部分差别不大,高频成分相差很大。小波变换后在变换域内具有分频特性^[2],将影像作多层小波分解,各子带均值都近似为零,而方差随尺度 2^j 增大而增大。融合过程为:先在确定的邻区窗口内,在分辨率 2^j 下,分别对融合的影像数据统计均值和方差,然后确定子带和基带融合值。

子带融合值为:

$$W^k(2^j, x, y) = \begin{cases} W_A^k(2^j, x, y), & D_A^k(2^j, x, y) > D_B^k(2^j, x, y) \\ W_B^k(2^j, x, y), & \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

式中: $W_A^k(2^j, x, y)$, $W_B^k(2^j, x, y)$ 分别为待融合影像 A 、 B 的子带数据; $D_A^k(2^j, x, y)$, $D_B^k(2^j, x, y)$ 分别为以 (x, y) 为中心像元的邻区窗口方差;

j 为分层号; $k = 1, 2, 3, \dots, k$, 待融合的不同波段影像。

基带融合值为:

$$A(2^j, x, y) = K_1 A_A(2^j, x, y) + K_2 A_B(2^j, x, y) \quad (5)$$

式中: $A_A(2^j, x, y)$, $A_B(2^j, x, y)$ 分别为最低分辨率层待融合影像 A 、 B 的基带数据; K_1 、 K_2 为权系数。

经小波逆变换重建融合影像。图版 II 图 2 为用小波方法进行的航片与 TM 的特征融合,与图版 I 图 1 中 (d) 相比较,可看出锐度提高。

$$P(\omega_i / x) = \frac{P(x / \omega_i)}{\sum_{i=1}^m P(x / \omega_i)}$$

$i = 1, 2, \dots, m$, 风险为:

$$r_j(x) = \frac{1}{P(x)} \sum_{i=1}^m L_{ij} P(\omega_i / x)$$

L_{ij} 为分类损失。当 $r_k(x) = 1, 2, \dots, k, \dots, m$ 。

对于像平原、山区的识别方法进行或用 GIS 数哪一种算法的计算机分类人工干预是弥补这种损失

特征选择

分类后,哪一大类选合是分类融合中至关重要物中各自细类的可分性上程度不同。例如由光谱最佳波段是 TM4、3、2、1 体则是 TM7、5、2;城区为征上分析,雷达图像对植显示较好。从统计学上分特征影像中的类内离散度布矩阵表示,类内散布矩

$$S_u = \sum_{i=1}^m P(\omega_i)$$

m 为细类总数; $P(\omega_i)$ 为 ω_i 的协方差矩阵。

类间散布矩阵为:

$$S_b = \sum_{i=1}^m P(\omega_i)(M_i - M_0)$$

M_0 为各细类混合分布的数学期望。

各细类混合分布的散

表2 分类组合

Table 2 Separate classes compose

| 大 类 别 | 特 征 |
|---------|-----------------|
| 1 (水 体) | TM4、3、2、A(航 片) |
| 2 (城 区) | TM7、4、2、R(雷达图像) |
| 3 (植 被) | TM5、4、3、R(雷达图像) |

打开最佳特征影像文件进行融合处理或用专家系统中最简单的正向推理法,依据专题选择特征进行融合。图版 II 图 3 为分类融合的实例:(a)为原始 TM5、4、3 合成影像,注意其城区内部、城区与其它类别、尤其是水体很难区分;(b)为城市建筑区用贝依斯法则分类,再对城市建筑区 TM1、2、3、4、5、7 六个波段进行特征选择,结果 TM7、4、2 类内及类间离散度最大。然后城市建筑区用 TM7、4、2,其它类别用 TM5、4、3 进行分类融合。融合后影像城区内各类地区区分清楚,城区与城外差别也明显。

图版 II 图 4 为基于 GIS 地貌类型数据的分类融合。(a)为未纠正的原始的侧视雷达影像^[6];(b)为 TM5、4、3 合成影像。先将雷达影像与 TM 影像严格配准,然后再对城区用 TM5、4、3 与雷达融合,山区仍保留 TM 影像,融合后效果显著见(c)。

4 融合影像评价

信息量

由于融合了两种影像的信息,信息量必然提高,对图版 I 图 1 中融合前后影像求熵的结果可以看出信息量增加的相对程度。各单色影像的熵为:

$$f_{ent} = - \sum_{i=0}^{255} P(i) \log(P(i)) \quad (12)$$

计算结果如表 3。

从表中可见融合后影大者提高至 1.5 倍,说明融加,达到富集表示的目的。

清晰度

影像清晰度采用梯度中融合前后影像的梯度计算

$$\bar{g} = \frac{1}{(M-1)(N-1)} \sum \nabla$$

表 4 列出了融合前后影像的

表4 融合前后

Table 4 Gradient before

| 波 段 | 波 段 5 |
|---------|-----------|
| 原始TM影像 | 9.623356 |
| 航片与TM融合 | 14.811363 |
| 雷达与TM融合 | 25.941507 |

可见融合影像的清晰3—4 倍。由于与 TM 影像融合影像的清晰度。融合影像无论哪类都是十分有利的。

5 结 束 语

1. 影像融合必须在高
2. 基于像元的融合应度,以减少冗余度,有效地息。基于像元的融合也是特础。

3. 基于小波理论的特了各自影像不同分辨率中的

4. 分类融合是一种高

- land use classification. (proc. IAPR TC7 workshop, Delft, 7—9 Sept. 1992, 9—17).
- 4 Agostinelli, A, *et al.* Multisensor data fusion by a region-based approach. Proc. int. conf. on Acoustics, speech and signal processing, ICASSP'91. Toronto, 1991, 2617—2620.
- 5 杨凯等. 遥感图象处理原理与方法. 北京: 测绘出版社, 1988, 392—448.
- 6 Canada Geomatics. Proceedings of the first Asia

regional globe SAR workshop

作 者

孙家柄, 男, 1939年2月
科技大学航空摄影测量系。现
表专著3本, 在国外刊物上发表

Multi-Source Remote Sensing Image Data Fusion

Sun Jiabing Liu Jilin Li Jun

(Wuhan Tech. Univ. of Surveying & Mapping School of Informatics 430079)

Abstract Remote sensing image fusion of different data sources of the same area provides the information about the interested areas. The image fusion of the multi-band electro-magnetic spectrum (such as optical and radar data), provides additional information from each of single sensor separately, thus more accurate classification can be achieved. High resolution data (such as panchromatic air photo) and lower spatial, but higher temporal resolution (such as LANDSAT TM), can improve image sharpness and enhance feature extraction and interpretation, and can be used for objects' detection change. At present image fusion methods to be discussed on remote sensing section: 1. pixel-based fusion, 2. feature-based fusion, 3. decision-level fusion. In this paper three methods of multisource image fusion are discussed: 1. pixels-based weight fusion, feature fusion based on wavelet transform and separate classes on Bayes rule.

Key words Multi-source image, Weight fusion, Feature fusion, Separate classes