

# 成像光谱数据压缩技术

杨 帆\*

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海, 200083)

成像光谱仪数据在探测物体空间特征的同时对每个空间像元色散形成几十个和几百个波段宽度为 10 nm 左右的连续光谱覆盖。在空间对地观测的同时获取众多连续波段的地物光谱图像, 达到从空间直接识别地球表面物质的目的。然而, 在不断提高成像光谱仪光谱分辨率、增大观测光谱范围的同时, 成像光谱仪的波段数急剧增加。仪器获取的信息量和信息率也成倍增加。目前瞬时数据率已达到几百 Mbps, 这对实时传输和记录造成了巨大压力。完全超出了任何磁带记录或下放传输的能力, 成了成像光谱仪研制和投入实际应用的“瓶颈”。为了对成像光谱仪数据进行无损或高保真无损压缩, 降低数据率, 发展一套高压缩比、高可靠性的实时压缩算法是十分必要的。

目前, 静止图像压缩与编码技术虽然已经比较成熟, 但是由于多光谱图像和普通静止图像不同, 不仅具有空间相关性, 同时还具有光谱间相关性, 因此不能简单地将现有的图像压缩技术或标准套用过来。不过可以借鉴, 并用作对比检验效果的标准。

## 1 无损压缩技术

图像的无损压缩通常分为两步, 即去相关和编码。去相关是要去除图像冗余,

降低信源熵, 而好的编码方法可以减小平均码长, 提高压缩比。

吴晓玲(音)提出了一种三步骤图像无损压缩量化模型<sup>[1]</sup>。她采用的是经典的差分脉冲编码调制(DPCM)方法, 但和常用的预测模型不同, 她提出了全新的 360 预测模型。通常 DPCM 都是用前一行或前一列的像素来预测当前像素的值, 因为在行扫描中只有上方和左边的像素是已知的, 即对当前像素呈 180 包围。而其三步骤模型通过预生成对角像素对矩阵, 在计算量增加不大的情况下, 实现了利用右边和下方的像素来参与预测, 称之为 360 包围模型, 提高了去相关度。她的实验结果表明, 这种方法比普通 JPEG DPCM 效果要好 0.2 B/Pixel 左右。

Bruno Aiazzi 等提出, 在多层图像编码方法(如拉普拉斯金字塔算法(LP))中使用量化误差反馈技术, 可以提高无损压缩的效率<sup>[2]</sup>。当量化误差预测环是非闭环时, 每一层的量化都依靠上一层, 误差从顶层向下传递。而有反馈时则和非闭环时不同, 所有的失真不会被分摊到金字塔的各层上。使用此种增强型拉普拉斯金字塔算法(ELP), 并选择最优步长, 也达到了略好于 JPEG 算法的效果。

Michael J. Ryan & John F. Arnold 则使用预规格化矢量量化(M-NVQ)方法处理多光谱图像<sup>[3]</sup>。他们作 224 波段、光

\* 2000 级博士研究生

谱分辨率平均为 10nm 的 AVIRIS 数据的 Band-Pixel Value 曲线。因为地球反射和大气吸收是基于波长的, 所以每个像素在光谱域的亮度曲线具有相似的形状, 相近的地域有相近的光谱响应。地域类型和光谱响应之间的关系表明超光谱图像可以被看作一组亮度矢量, 能够用矢量量化的方法进行压缩。对 AVIRIS 6 波段图像数据的压缩实验表明可以达到光谱维一阶 DPCM 的效果, 压缩率在 5 bit/pixel 左右。

N. D. Memon 等人提出了一种最小绝对权值 (MAW) 预测树方法, 可以同时去除遥感图像空间相关性和谱间相关性<sup>[4]</sup>。对每帧图像可生成一种最优预测树, 使当前点在四个领域点中选择一个最相近的顶点预测, 误差小于标准 DPCM 预测方法。而多光谱图像各个光谱波段像素间关系是很相似的, 所以其最优预测树也是相似的, 可以用一种预测树代替。但是在生成预测树时要保证树的无环性, 算法复杂, 耗时巨大, 无法实时应用。中国科大的张荣等提出一种改进方法——侧领域最小绝对权值预测树方法 (SNMAW)<sup>[5]</sup>。该方法通过改变预测树的四领域定义, 保证了预测树的无环性, 简化了生成算法, 大大减少了计算量, 而压缩效果与原方法相近。通过对美国 TM 遥感卫星、中国 MAIS 成像光谱仪等生成的多幅图像分别用 MAW 和 SNMAW 方法进行压缩, 表明构造 SNMAW 预测树的时间大大减少, 冗余图像的零阶熵也比用 MAW 预测树低, 更优于 JPEG 算法。

## 2 近无损压缩技术

成像光谱仪数据率越来越高, 对数据压缩也提出了更高的要求, 要用无损压缩的方法来达到 10 倍以上的压缩率是不现

实的。由于成像光谱仪的图像都具有一定的信噪比, 一般在 200-300 之间, 因此, 经准无损压缩的图像只要图像重建的信噪比也在 200-300 之间, 基本上不会造成图像信息的损失, 而图像数据的压缩率可大大提高。

Karhunen-Loeve 变换 (KLT) 是在均方差最小准则下的最优变换, 去相关程度最大, 但没有通用变换基, 很难实时处理。Ashok K. Rao 和 Sanjai Bhargava 提出了一种复杂度远远小于 KLT、但效果相近的压缩方法<sup>[6]</sup>。利用相邻波段间高度的相关性, 先进行光谱维双向 DPCM 预测, 再把残差图像分成 4×4 的小块, 进行二维离散余弦变换 (DCT) 去除空间相关性, 可得到近 40 倍的压缩率, 而其方差与 KLT-DCT 技术相当, 但计算量小得多了。所谓双向 DPCM 预测即通过重排各波段, 优化选择两个以上波段进行预测, 达到更好的效果。

国防科大的李强和王正志在分析遥感图像及其小波分解系数特性的基础上, 提出了基于小波分析理论的自适应标量、矢量混合量化压缩方法<sup>[7]</sup>。该方法先对遥感图像进行小波分解, 然后以纹理复杂度作为区域重要性度量, 通过对纹理复杂的重要区域进行标量编码来保证恢复图像的质量, 通过对平坦区 (不重要区) 进行矢量编码来提高压缩比。他们选取的是 Antonini 的 9-7 双正交小波基, 变换后把细节子图划分为 4×4 的块, 对纹理复杂的块用较多的位编码, 对平坦区域用较少的位编码。对四幅遥感图像分别处理的结果表明其压缩比和 PSNR 均好于 JPEG 方法。

在图像变换编码中, 一般都采用正交变换, 如 KLT, DCT 等。将图像变换到其它域如频域, 生成系数矩阵, 一个重要的目的是能量压缩。而对于某一种图像, 现有的

变换对是否是最有效的并不清楚。Onur G. Guleryuz 和 Michael T. Orchard 提出用非正交变换来进行图像压缩<sup>[8]</sup>。他们提出了一种基于能量压缩度量的最优判定方法。而且对于正交变换，变换系数的平均方差是保持恒定的，但在非正交变换中，在系数域进行量化会降低性能。他们也提出用一种简单的算法来避免这个复杂的问题。经对标准人像 Lenna 的压缩，在小于 1 bit/pixel 时 PSNR 可达到 40 dB 左右。

**参考文献**

[1] Xianlin Wu, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, Vol. 6, No. 5, May 1997.  
 [2] Bruno Aiazzi, et al., IEEE Trans. Image Processing, Vol. 6, No. 6, June 1997.  
 [3] Michael J. Ryan & John F. Arnold, IEEE

Trans. Geosci. Remote Sensing, Vol. 35, No. 3, May 1997.  
 [4] N. D. Menon, K. et al., IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, Vol. 32, No. 2, March 1994.  
 [5] 张荣、阎青、刘政凯, 《一种基于预测树的多光谱遥感图像无损压缩方法》, 遥感学报 Vol. 2, No. 3, Aug. 1998.  
 [6] Ashok K. Rao & Sanjai Bhargava, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, Vol. 34, No. 2, March 1996.  
 [7] 李强、王正志, 《基于小波理论的遥感图像高保真压缩方法研究》 遥感学报 Vol. 3. No. 1, Feb. 1999.  
 [8] Onur G. Guleryuz & Michael T. Orchard, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, Vol. 6, No. 4, April 1997.

· 国外专利介绍 ·

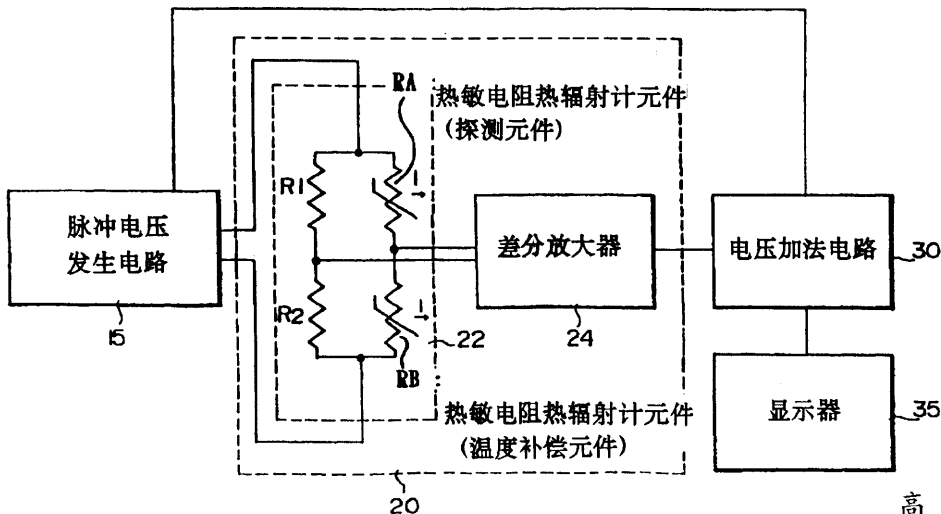
**非接触温度计**

美国专利 US6048092  
 (2000 年 4 月 11 日公布)

本发明提供一种非接触类型的温度计，这种温度计不仅探测灵敏度和测量精度有了提高，而且还能防止热敏电阻元件自身产生热量。该温度计由热敏电阻热辐射计元件 ( RA 、 RB )、脉冲电压产生电路 ( 15 )、探测电路 ( 20 )、差分

放大器 ( 24 )、电压相加电路 ( 30 ) 以及显示装置等组成。脉冲电压产生电路产生一种矩形波形脉冲电压；探测电路导入该脉冲电压、产生差分电路 ( 由与红外辐射探测热敏电阻热辐射计元件 RA 的入射红外辐射量相对应的电阻值的变化引起 )，然后借助差分放大器将该差分电压放大；电压相加电路导入由差分放大器产生的脉冲电压并加上该脉冲电压的一个规定脉冲数，从而产生最终的电压测量值。

本专利文献供 10 页，其中有 4 张插图。



高 编译