

# 利用线性混合模型进行高光谱混合图像分解

秦志伟, 李福金

(辽宁省基础测绘院 辽宁 锦州 121003)

**摘要:** 简述了混合像元及线性模型的基本理论, 介绍了线性光谱模型进行分解的步骤, 以具体实例实现应用线性混合模型对高光谱混合影像的分解。

**关键词:** 混合像元; 线性模型; 分解; 高光谱混合图像

**中图分类号:** TP75      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1672-5867(2011)06-0070-03

## Decomposition of Hyperspectral Mixed Images Using Linear Mixing Model

QIN Zhi-wei, LI Fu-jin

(Basic Surveying and Mapping Institute of Liaoning Province, Jinzhou 121003, China)

**Abstract:** This paper outlines the basic theory of mixed pixels and linear models, introduces the decomposition steps of linear spectral model, and realizes the decomposition of hyperspectral mixed images by using linear mixing model with concrete examples.

**Key words:** mixed pixel; linear model; decomposition; hyperspectral mixed image

### 0 引言

高光谱混合像元问题不仅是遥感技术向量化深入发展的重要障碍, 而且也严重影响了计算机处理的效果和计算机技术在遥感领域中的应用。大多数遥感影像分类算法并不考虑这一现象, 只是利用像元光谱间的统计特征进行像元分类; 而光谱混合分解技术考虑了这一现象, 不仅能给出组成像元各地表覆盖类的丰度, 而且能给出分类的图像。应用这项技术我们将会使获得的高光谱数据得到充分的利用, 而不仅仅是存放在资料库中。

本文对线性混合模型分解高光谱混合像元技术进行了初步的探索, 以具体实例介绍了从端元提取到混合像元分解的过程, 并作出了混合像元分解的表示图。

### 1 基本理论

#### 1.1 混合像元

混合像元是指在一个像元内存在有不同类型的地物, 主要出现在地类的边界处。遥感影像中像元很少是由单一均匀的地表覆盖类组成的, 一般都是几种地物的混合体。因此影像中像元的光谱特征并不是单一地物的光谱特征, 而是几种地物光谱特征的混合反映。而每个像元则仅用一个信号记录这些“异质”成分。若该像元仅

包含一种类型, 则为纯像元, 它所记录的正是该类型光谱响应特征; 若该像元包含不只一种土地覆盖类型, 则形成混合像元。

#### 1.2 混合像元形成的主要原因

由于遥感器的空间分辨率限制及自然界地物的复杂性, 混合像元普遍存在于遥感图像中, 如野外测得的植物光谱多为植物及其下垫面土壤的混合光谱(往往还包含阴影), 即使裸露的地表(无植被或少植被覆盖)也是不同类型土壤、矿物质等的混合光谱。

从理论上讲, 混合光谱的形成主要有以下原因:

- 1) 遥感仪器本身的混合效应;
- 2) 大气传输过程中的混合效应;
- 3) 单一成分物质的光谱、几何结构, 及在像元中的分布。

其中: 1)、2) 为非线性效应, 1) 中仪器的影响可以通过仪器的校准、定标加以部分克服, 这里不讨论; 2) 中大气的影晌可以通过大气纠正加以部分克服; 而 3) 则是我们讨论的内容。

#### 1.3 混合像元光谱模型

光谱混合从形式上可以分为致密式、聚合式和整合式 3 种情形, 如图 1 所示; 而从函数表示上可以分为线性混合和非线性混合两种模式。线性模型是假设物体间没

收稿日期: 2011-09-08

作者简介: 秦志伟(1982-) 男, 辽宁锦州人, 高级工程师, 硕士, 2010年毕业于武汉大学测绘工程专业, 主要从事大地测量、工程测量、地籍测量等工作。

有相互作用,每个光子只能“看到”一种物质,并将其信号叠加到像元光谱中。而实际地物间的相互作用往往是非线性的,物体的混合和物理分布的空间尺度大小决定了这种非线性的程度。因而,一般认为大尺度的光谱混合是一种线性混合,而小尺度的内部物质混合是非线性的。

#### 1.4 线性模型

在模型中,将像元在某一波段的光谱反射率表示为占一定比例的几个基本组分反射率的线性组合。它基于以下假设:在瞬时视场下,各组分光谱线性混合,其比例由相关光谱的丰度决定。通过分析残差,使残差最小,完成对混合像元的分解。

大量研究证明,误差的存在是由于线性光谱理论不能很好地说明实际的光谱混合机理,误差代表着光线在不同的单位成分物质间的相互作用效果,它具有非线性混合的效果。

线性混合模型一般可分为3种情形:无约束的线性混合模型、部分约束混合模型以及全约束混合模型。线性解混就是在已知所有端元的情况下求出每个图像像元中各个端元所占的比例,从而得到反映每个端元在图像中分布情况的比例系数图。

理论上线性混合模型基于如下假设:到达遥感传感器的光子与唯一地物(即一个光谱端元组分)发生作用。这种假设一般发生在端元地物面积比较大的理想状况下;反之,地物分布范围较小时,光子不只通过一个端元组分进行传输和散射,从而产生非线性混合。通过分析特定媒体辐射传递,Hapke(1981)获得几种类型的反射率、卫星参数和实验室应用之间的关系式,提出微小地物非线性混合函数。在此基础上,Johnson等人(1983),Smith等人(1985),Mustard和Pieters(1987)发展了非线性混合模型并且在某些矿物混合物上得到应用。这些学者通过将反射光谱转换成单一散射反射率(SSA)对系统进行线性化,从而解决非线性混合模型问题。这是因为,这些学者在Hapke研究的基础上,发现混合物的均值SSA是端元组分单一SSA及其相关几何横截面乘积的线性组合。

尽管非线性混合概念建立在对矿物研究的基础上,但是通过研究发现,非线性混合现象在植被覆盖区同样存在。实际上,线性与非线性模型表达了同一个概念,线性混合模型是非线性混合模型的一个特例(简单的非线性模型),它没有考虑多反射情况。因此,一旦反射率转换成SSA,线性模型对线性和非线性都是适应的。

## 2 线性光谱分解模型

线性光谱混合模型能更有效地处理大多数问题,而且实现相对比较简单。线性混合模型假定到达传感器的光子只与一种物质发生作用,当混合元素尺寸小,入射光子与多于一种以上的物质发生作用时,导致非线性混合(Smith,1985)。非线性混合模型通过线性化可以转换为线性混合模型。例如,可以将反射率光谱转换为单次散

射反射率,因为混合物的平均单次散射反射率是最终单元的单次散射反射率的线性混合(Johnson et al.,1983,1990)。

混合像元的分解总是针对特定的区域、特定的应用目标以及特定的遥感图像进行的。应用线性光谱分解模型(LSMM)对数据分析时,选择哪些类型的、多少数量的Endmember以及取什么样的Endmember光谱值是决定混合像元分解成败的关键。通常用均方根误差RMS和残余误差尽可能小来评价和衡量选择Endmember的好坏。

线性光谱解混是在高光谱图像分类中针对混合像元经常采用的一种方法,该方法由两步构成,第一步是提取“纯”地物的光谱,即端元提取;第二步是用端元的线性组合来表示混合像元,即混合像元分解。

## 3 利用线性混合模型分解高光谱混合图像

图1为未进行混合像元分解的原始高光谱数据,根据上文中介绍的混合像元的分解步骤有:

1) 确定端元的数目,利用MNF(最小噪声分离变换)对高光谱数据进行噪声白化和降维处理,用变化后的特征值分布转折点来确定,图2是MNF变化后得到的特征值,从图2中知该区域有11~12个独立成分,则设定最大迭代数为12。之后采用顶点成分分析方法逐步选取出端元,顶点成分分析(vertex component analysis,VCA)是一种从高光谱影像提取端元的快速算法。它是在先验知识很少的情况下,仅仅使用观测到的混合像元的数据来提取端元。

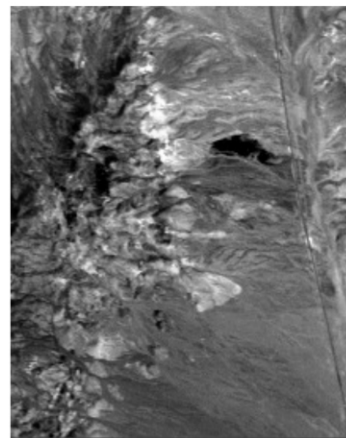


图1 原始数据图

Fig. 1 Original data

2) 由第一步提取出所有端元后采用限制性混合像元分解,图3是提取出的端元分布情况,参考一些地面资料,初步确认各端元分别为:a.明矾石;b.钨长石;c.高岭石;d.伊利石;e.硅石;f.方解石。

每一幅图亮度最高的地方是此端元的大量分布地区,由MNF变换图知有11~12个成分及端元,我们迭代次数选择是12,本应该分类中有12幅端元图,但是由于效果不是很好,对于后面的几幅图端元信息不明确,所以我们只选择了前面的6幅来展示。

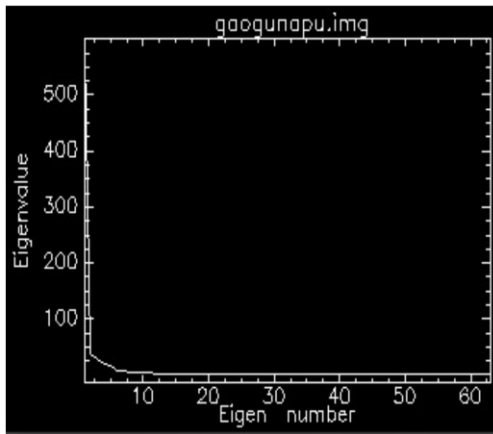


图2 MNF 变化后的特征值  
Fig.2 Eigenvalue after MNF change

#### 4 结束语

在讨论的线性光谱模型中,我们认为高光谱混合像元是各种端元按一定比例的线性组成,但是事实上,混合像元并不是端元的线性组合,而是非线性的。但这并不代表线性模型并不能运用于混合像元分解,只是其模型不如非线性模型理想。由于线性模型简单,实现相对容易,实用性较强,因此采用线性模型分析。

利用线性混合模型分解高光谱混合像元,理论与实验结果都证实此方法有较广泛的实用性,但是由于其本身模型的影响,其实现效率不高,要是能够对其加载空间信息,效率会迅速提升。因此,前人们提出了空间信息辅助下的混合像元分解,由于此模型包括3个基本模块,因此其实现相对复杂,但是我们可以肯定的是,实现后其效果是显著的。

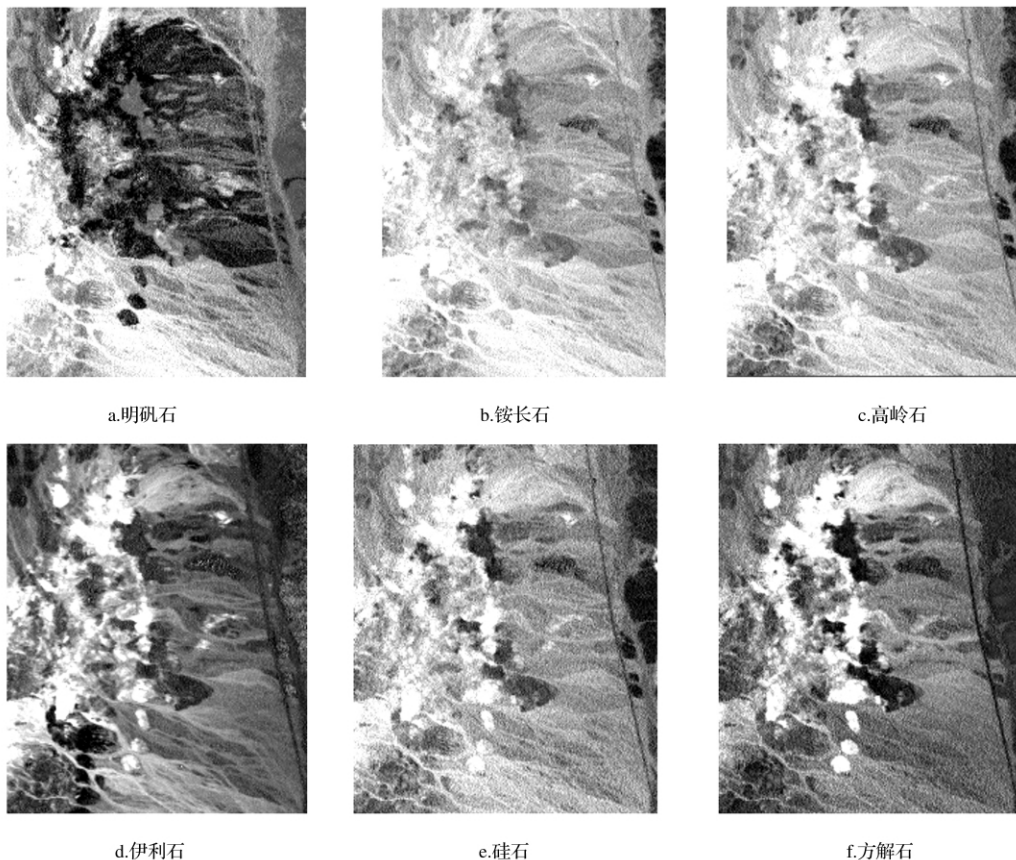


图3 提取出的端元分布情况  
Fig.3 The yuan distribution extracted

#### 参考文献:

- [1] 张良培, 张立福. 高光谱遥感[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [2] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 梅安新, 彭望禄, 秦其明, 等. 遥感导论[M]. 北京: 高等

教育出版社, 2002.

- [4] 张兵. 时空信息辅助下的高光谱数据挖掘[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所博士学位论文, 2002.
- [5] 张良培. 光谱分析在高光谱遥感中的应用[D]. 武汉: 武汉测绘科技大学博士学位论文, 1998.

[编辑: 胡雪]