

## CCSDS 高光谱图像压缩算法的优化

张雷, 杨阳

(沈阳航空航天大学 电子信息工程学院, 辽宁 沈阳 110136)

**摘要:** 对 CCSDS 算法进行了优化, 提出了 OCPC 算法。该算法采用两种预测模式根据像素点位置自适应地选择预测方法, 并且编码采用 Golomb Rice 编码方法, 编码中仍然采用自适应编码 K 的计算方法。最后对 OCPC 算法的压缩特性进行了验证, 取得了优越的压缩性能。

**关键词:** 图像压缩; CCSDS 图像压缩算法; OCPC 算法

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)04-0035-03

## Optimization of the CCSDS hyperspectral image compression algorithm

Zhang Lei, Yang Yang

(School of Electronic and Information Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

**Abstract:** This article is mainly responsible for the optimization of the CCSDS hyperspectral image compression algorithm, and proposes OCPC algorithm. The algorithm uses two prediction models with predictive adaptive selection method based on pixel position and uses Golomb Rice coding method. The coding is still calculated using the method of adaptive coding K. Finally, the compression characteristics of the OCPC algorithm are validated and have achieved superior compression performance.

**Key words:** image compression; CCSDS algorithm; OCPC algorithm

高光谱遥感是指在光谱从紫外到中红外波段范围内将其划分为许多非常窄而且连续的波段来进行采集的遥感系统, 获得的图像具有很高的光谱分辨率<sup>[1]</sup>。海量的高光谱数据给传输带来了巨大的压力, 研究低复杂度、低存储和高性能的高光谱图像压缩编码方法是高光谱成像技术的重要研究课题。本文主要针对高光谱图像的无损压缩进行了相关领域的研究, 并对空间数据系统咨询委员会(CCSDS)最新发布的 CCSDS 高光谱图像无损压缩算法标准进行优化。

## 1 CCSDS 算法简介

CCSDS 无损压缩算法包括图 1 所示的两个功能模块, 一个模块是预测器模块, 用来减少高光谱图像数据冗余; 另一个模块是编码器模块, 对降低冗余后的数据进行编码<sup>[2-3]</sup>。

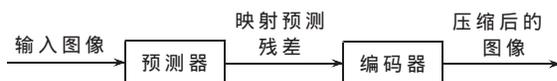
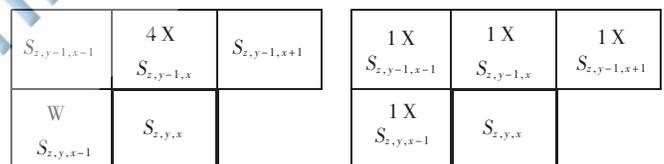


图 1 CCSDS 图像压缩算法的原理框图

预测器的核心就是局部和的选取和局部差的选择。局部和的计算决定了预测模式, 精简模式预测中选择的预测方法为列向局部和, 如图 2(a) 所示; 全模式预测中

采用的是邻域预测像素点选取规则, 可以选择的预测方法为周边局部和, 如图 2(b) 所示。



(a) 列向局部和

(b) 周边局部和

图 2 精简模式和全模式预测局部和的选取

在局部差的选取中精简模式只采用中心局部差的预测方法, 可根据列向局部和得出; 全模式在精简模式的基础上增加了当前谱段上 3 个方向局部差, 取得的高光谱图像数据更为精细的预测, 去除相关性达到更好的效果, 因此全模式预测中依靠一系列谱段上中心局部差和当前谱段上的 3 个方向局部差, 其中 N、W 和 NW 3 个位置如图 3 所示。

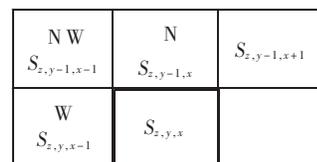


图 3 全模式预测中方向局部差的选取

## 2 CCSDS 算法的优化

针对高光谱图像的谱间相关性和空间相关性,为了取得较好的压缩性能,本文提出优化组合预测编码 OCPC(Optimized Combination Processing Coding)算法进行高光谱图像的无损压缩。这种优化的无损压缩算法根据当前像素点的位置进行预测模式的自适应选择,计算预测值与真实像素值之间的差分结果,并将差分结果进行 Golomb Rice 编码后输出。OCPC 算法有效地解决了图像边界预测问题,取得了更好的压缩特性。

### 2.1 预测器的优化

OCPC 算法的核心就是两种预测模式和 Golomb Rice 编码,图 4 所示为 OCPC 算法的整个体系结构。

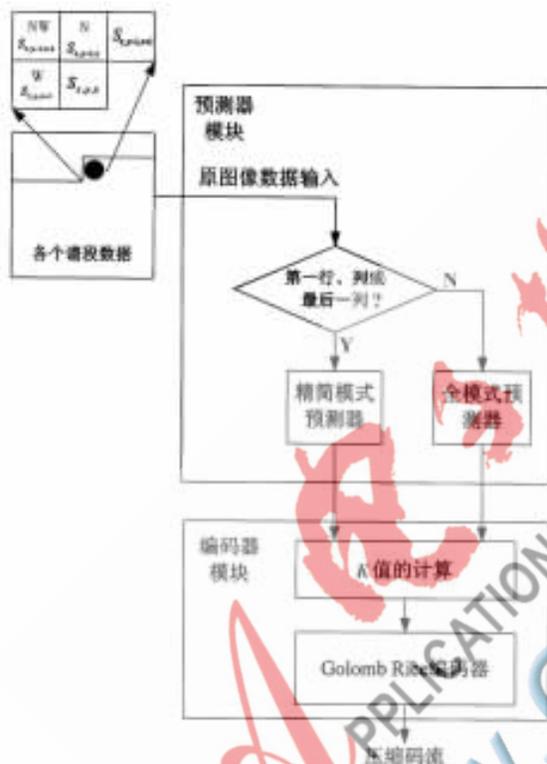


图 4 OCPC 算法流程图

OCPC 算法中预测器包含精简模式预测和全模式预测两种预测模式。精简模式预测用于处理高光谱图像中的第一行、第一列和最后一列像素值;全模式预测用于处理高光谱图像中其他区域的像素值。该算法的处理流程如下。

(1)输入高光谱图像数据,判断当前像素点位置,若当前位置为第一行、第一列或者最后一列,则跳至步骤(7);否则,计算全模式  $Z$  谱段周边局部和,并得到  $\sigma_{z,y,x}$ 。

(2)由步骤(1)计算的局部和和输入图像值可得到中心局部差和周边局部差,这里要得到  $P$  个谱段的中心局部差值,因此要对谱段进行判定,直到  $Z-P$  个谱段中心局部差全部获取为止。

(3)由步骤(2)得到的  $P$  个中心局部差和 3 个周边局部差可得到局域差矢量。

《微型机与应用》2014 年 第 33 卷 第 4 期

(4)为了得到每个元素均为整数的局部差矢量,需要

对其进行加权,由此计算出预测中心局部差  $\hat{d}_z(t)$ 。

(5)由步骤(4)的预测中心局部差对权重进行权重更新,得到实时的权重更新矢量。

(6)预测误差映射器负责对步骤(5)的预测中心局部差进行预测误差映射。

(7)精简模式预测  $P$  个谱段的列向局部和,得到  $P$  个谱段的中心局域差,由  $P$  个中心局部差元素得到局域差矢量,然后对该矢量进行加权,由此计算出预测中心局部差,预测中心局部差一方面由预测误差映射器进行预测误差映射,另一方面用于权重更新,预测误差映射用于后续的编码。

(8)计算  $K$  值,对预测误差映射值进行 Golomb Rice 编码,压缩码流输出。

### 2.2 编码器

综合考虑开发难度和算法性能,本文采用 Golomb Rice 编码方法,该算法与 JPEG-LS 的 Golomb-rice 编码方法类似,但在此基础上进行了改进。下面介绍 Golomb Rice 编码方法。

Golomb Rice 编码主要是针对正整数进行编码, Golomb Rice 编码对较小的数用较短的编码,较大的数用较大的编码表示<sup>[4]</sup>。

假设要编码的正整数为  $X$ ,选择参数  $k$ ,令:

$$b=2^k, q=\lfloor (X-1)/b \rfloor, r=X-q \cdot b-1$$

对  $X$  进行 Golomb Rice 编码后的压缩码是由两部分组成的:第一部分就是由  $q$  个 1 加上 1 个 0 组成的;第二部分是用二进制值为  $r$  的  $k$  位二进制数组成的。当  $m=0,1,2,3$  时 Golomb Rice 编码如表 1 所示。

表 1 Golomb Rice 编码举例

值 $X$	$k=0$	$k=1$	$k=2$	$k=3$
1	0	0 0	0 00	0 000
2	10	0 1	0 01	0 001
3	110	10 0	0 10	0 010
4	1110	10 1	0 11	0 011

## 3 OCPC 算法的压缩特性验证

根据上述优化处理后的 OCPC 算法,本节对该算法用 C 语言实现,并在 VC++ 6.0 开发平台上对高光谱图像进行测试,包括无损压缩与解压缩处理,输出压缩后的码流数据与重建后的图像<sup>[5-6]</sup>,同时得到压缩比,并与优化前的 CCSDS 无损压缩算法和 JPEG-LS 压缩算法进行无损压缩效果对比。

基于 C 语言的 OCPC 算法的总体实现框架如下,ReducedMode() 为精简模式预测编码函数,FullMode() 为全模式预测编码函数。

```
for(y==0;y<Ny;y++)
    for(x==0;x<Nx;x++)
```

欢迎网上投稿 www.pcachina.com

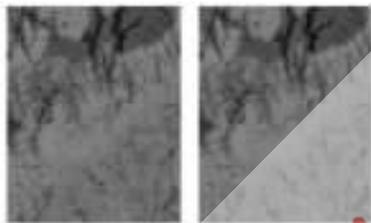
41

```

{
    if(y==0 || x==0 || x==Nx-1)
        ReducedMode(src,dst,height,width,bands);
    else if
        FullMode(src,dst,height,width,bands);
    end if;
}

```

通过 VC++ 6.0 平台对该算法的 C 程序进行编译、链接和运行,生成 .exe 可执行文件。在 PC 命令行处调用可执行文件,对图 5(a)中的高光谱图像进行压缩处理,本次压缩处理采用 10 个预测谱段进行预测编码处理。为了验证该算法的压缩性能,特针对图 5(a)压缩处理后的数据进行解压缩处理,得到解压后的输出图像,如图 5(b)所示。在 MATLAB 软件上通过重建的图像与原图像的对比可知,解压后的图像能够完全恢复原图像,验证了 OCPC 算法对高光谱图像无损压缩的可行性。



(a) 原图像 (b) 解压缩图像

图 5 原高光谱图像和解压缩图像

为了更客观地评价优化处理后的 OCPC 算法的无损压缩性能,另外选取 3 幅位宽为 16 bit 的 Aviris 星载遥感图像,并对其进行无损压缩处理。将 OCPC 算法与 CCSDS 算法和 JPEG-LS 算法压缩进行比较,3 种算法压缩效果对比如表 2 所示。

表 2 3 种算法压缩效果对比

图像名	JPEG-LS		CCSDS		OCPC	
	bit/像素	压缩比	bit/像素	压缩比	bit/像素	压缩比
Aviris1	7.44	2.15	4.89	3.27	4.77	3.35
Aviris2	7.58	2.11	5.02	3.19	4.83	3.31
Aviris3	7.65	2.10	4.92	3.25	4.68	3.42
average	7.56	2.12	4.94	3.24	4.52	3.36

从表 2 可以看出,采用 JPEG-LS 算法指标可以实现 7.56 bit/像素的压缩效果,优化前 CCSDS 算法可实现 4.94 bit/像素的压缩效果,OCPC 算法可实现 4.52 bit/像素的压缩效果,表明 OCPC 算法均优于其他两种算法标准。特别说明, JPEG-LS 无损压缩算法在去除空间相关性方面效果较好,只针对图像进行单谱段独立压缩,由于高光谱图像的谱间相关性要远远高于空间相关性,因此这里 JPEG-LS 算法的压缩效果与 CCSDS 算法压缩效果差距较大。

本文主要优化了基于 CCSDS 最新发布的 CCSDS 高光谱图像无损压缩标准,提出了高光谱图像无损压缩算法 OCPC 算法。通过测试结果发现,CCSDS 算法的压缩特性具有在不影响图像解压效果下多谱段预测编码的压缩性能均优于单谱段独立压缩达到的性能,并且 OCPC 算法的压缩性能得到提升。

#### 参考文献

- [1] 董庆禧,张兵,郑兰芳. 高光谱遥感——原理技术和应用[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [2] Lossless Multispectral & Hyperspectral Image Compression. Recommendation for space data systems standards[S]. CCSDS 123.0-B-1, Blue Book, Issue 1, Washington D.C., CCSDS, May, 2012: 14-40.
- [3] BEN S Y, PHILIPPE A. The new CCSDS image compression recommendation[C]. IEEE Aerospace Conference, 2005: 4138-4145.
- [4] 胡栋. 静止图像编码的基本方法与国际标准[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2003.
- [5] 郑永奇,焦铸,韩玉霞. 压缩感知图像重构中矩阵互相关性的研究[J]. 微型机与应用, 2013, 32(5): 46-49.
- [6] 张晓玲,沈兰荪. 高光谱图像的无损压缩研究进展[J]. 测控技术, 2004, 23(5): 23-27.

(收稿日期:2013-11-25)

#### 作者简介:

张雷,男,1972 年生,博士,副教授,主要研究方向:星载图像处理。

杨阳,男,1987 年生,硕士,主要研究方向:图像重建与图像处理。