

基于稀疏张量分解的高光谱图像压缩

潘悦 靳展* 石翠萍 滕晓雪 井贺然 姜雪 程海燕
(齐齐哈尔大学 通信与工程学院,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:针对高光谱图像带来的大量数据存储和传输的问题,本文提出了一种基于稀疏张量分解的高光谱图像压缩方法。首先,将高光谱图像作为三阶张量进行分析。其次,通过核心张量和压缩比的关系进行张量分解。最后,对数据进行稀疏编码处理。实验结果证明本文方法相对于现有方法来说,重构图像可以获得更高的信噪比,压缩时间更短,具有更好的压缩效果。

关键词:张量分解;高光谱图像压缩;稀疏

Abstract: Aiming at the problem of large amount of data storage and transmission caused by hyperspectral images, a method of hyperspectral image compression based on sparse tensor decomposition is proposed in this paper. Firstly, hyperspectral images are analyzed as third-order tensors. Secondly, tensor decomposition is carried out through the relation between core tensor and compression ratio. Finally, sparse coding is performed for the data. Experimental results show that compared with the existing methods, the proposed method can achieve higher SNR, shorter compression time and better compression effect.

Key words: Tensor decomposition; Hyperspectral image compression; Sparse

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 2096-4390(2019)04-0015-03

高光谱数据是三维结构,存在着空间冗余和谐间冗余^[1]。随着高光谱图像数据量的加大,给传输和存储带来了压力,因此研究高光谱图像压缩是十分必要的。目前高光谱图像压缩的传统方法有 PCA、三维小波、DCT 等^[2],其中 PCA 能够较好地去除谱间相关性,但不能很好的去除空间相关性,使信噪比较低。DCT 能到达的压缩比较小,不能满足实际的压缩需求。基于三维小波的方法如 3D-SPECK 做到同时考虑空间和谐间的相关性,但是编码方法十分复杂,计算量较大。

本文提出了一种基于稀疏张量分解的高光谱图像压缩方法,张量分解可同时考虑谱间和空间的相关性,稀疏编码使计算复杂度显著减小,实验结果显示本文方法与现有方法相比具有更短的压缩时间,可以获得更高的信噪比。可以证明本文方法具有更好的压缩效果。

1 张量基本理论

张量其实就是多维数组^[3],是矩阵的多维数据推广,一个 N 阶张量是 N 个空间矢量的张量乘积。一阶张量是向量,二阶张量是矩阵,三阶或更高阶张量是高阶张量。

高光谱图像数据可以作为三阶张量 $X \in R^{I_1 \times I_2 \times I_3}$ 来表示^[4],其中代表 $I_1 \times I_2$ 高光谱图像数据每个波段的的空间数据个数, I_3 表示高光谱图像数据的波段维数。

张量 A 的范数可表示为:

$$A = \sqrt{\langle A, A \rangle} \quad (1)$$

压缩比(CR)表达式为:

$$CR = \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot I_3}{K_1 K_2 K_3 + I_1 K_1 + I_2 K_2 + I_3 K_3} \quad (2)$$

2 基于稀疏张量分解的压缩方法

2.1 Tucker 分解

Tucker 分解^[5]是一种高阶主成分分析,如图 1 所示,它将一个张量分解成一个核张量与每一维矩阵的乘积。例如三阶张量 $X \in R^{I \times J \times K}$ 表示为^[6]:

$$X = G \times_1 A \times_2 B \times_3 C = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^R R g_{pqr} a_p \circ b_q \circ c_r = \llbracket G, A, B, C \rrbracket \quad (3)$$

其中 A, B, C 均为因子矩阵,可以当做是每一维上的主要成分,核张量 G 则可表示每一维成分之间的联系。

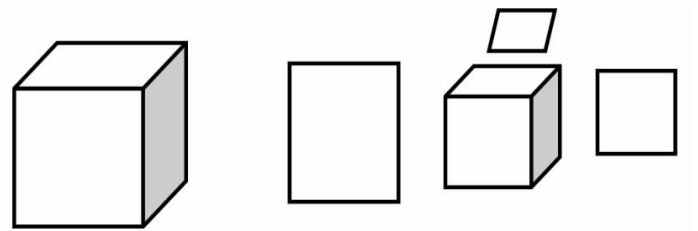


图 1 Tucker 分解

2.2 稀疏表示

假设有 N 个波段的高光谱为 $\{Y_k\}$, 其中 $1 \leq i \leq W$, $1 \leq j \leq H$, $1 \leq k \leq N$, X_k 是第 k 个波段, W 和 H 为波段图像的宽度和高度, $X_{i,j}^k$ 表示第 k 个波段第 i 行、第 j 列的像素^[7]。

将高光谱的每个波段分成 L 个 $\sqrt{n} \times \sqrt{n}$ 的小块,高光谱图像数据立方体 $\{X_k\}$ 就可以用 $\{Y_k\}$, $1 \leq k \leq L$ 来表示,其中 $Y_k = \{y_k^s | y_k^s \in R^n, s = 1, 2, \dots, L\}$ 是第 k 个波段第 s 个小块包含数据构成的 n 维向量, L 是每个波段的总块数。稀疏编码需要进行字典学习^[8],构造字典常用的方法有两种,第一种为固定字典,是基于数学工具。第二种通过学习构造与特有信号数据相匹配的字典。

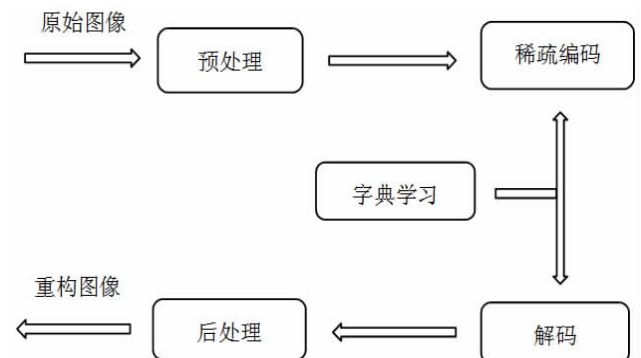


图 2 基于稀疏表示的高光谱压缩流程

2.3 图像质量评价

本文采用信噪比(SNR)^[9]作为图像压缩质量评价准则。图像的信噪比定义为信号与噪声的能量之比,我们采用原始图像的张量范数的平方作为信号能量,采用原始图像和重建图像的差值的张量范数的平方作为误差能量,可以得到信噪比定义式为:

$$SNR = 10\log_{10} \frac{\|x\|^2}{\|x - \bar{x}\|^2} \tag{4}$$

由引理 a: $Y \in R^{I_1 \times \dots \times I_{n-1} \times J \times I_{n+1} \times \dots \times I_N}$ 和 $Y \in R^{I_1 \times \dots \times I_{n-1} \times J \times I_{n+1} \times \dots \times I_N}$, 投影矩阵 $A \in R^{J \times K}$, 则有 $\langle X, Y \times_n A \rangle = \langle X \times_n A^T, Y \rangle$, 可得

$$\langle X, G \times_1 A \times_2 B \times_3 C \rangle = \langle X \times_1 A^T \times_2 B^T \times_3 C^T, G \rangle = \langle G, G \rangle = \|G\|^2 \tag{5}$$

由引理 b: 使 $X \in R^{I_1 \times \dots \times I_N}$, A 为 $J \times I^n$ 的标准正交矩阵, 则有 $\|X\| = \|X \times_n A\|$, 可得:

$$\|G \times_1 A \times_2 B \times_3 C\| = \|G\|^2 \tag{6}$$

由式(5)(6)可将信噪比定义式化简为^[10]:

$$SNR = 10\log_{10} \frac{\|x\|^2}{\|x\|^2 - \|G\|^2} \tag{7}$$

3 实验结果分析

实验图像选用高光谱图像格式为 256 pixel×256 pixel×224。(图 3、4)

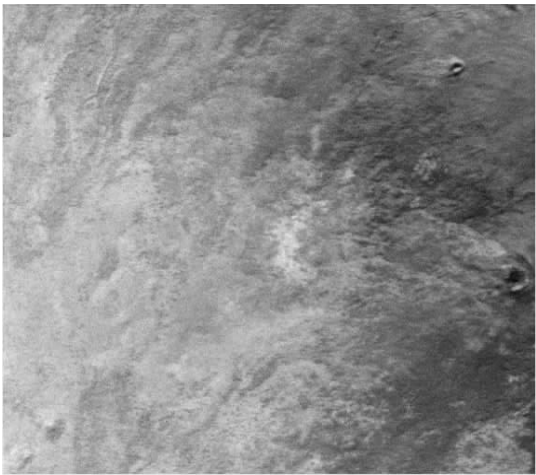


图 3 原始图像

实验数据如表 1 和表 2, 分别显示了在不同压缩比下, 本文方法与现有方法所用的信噪比与压缩时间。

实验结果显示本文方法压缩图像的信噪比相对高于 DCT 变换与 3D-SPECK, 压缩时间相对更短, 说明本文方法可以取得较好的压缩质量, 压缩效果相对更好。

4 结论

本文提出了一种基于稀疏张量分解的高光谱图像压缩方法, 可同时考虑谱间和空间的相关性, 并使计算量减小。实验结

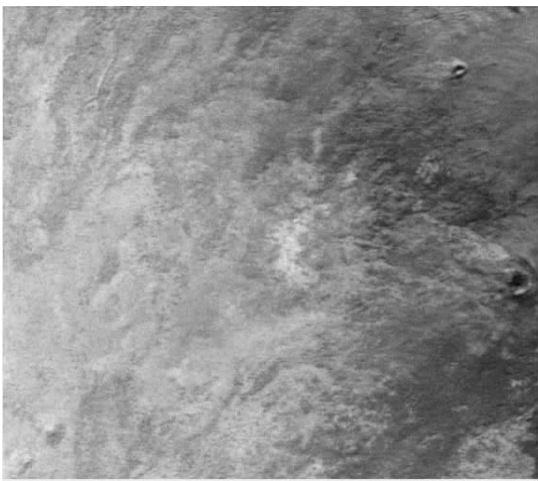


图 4 重构图像

表 1 实验图像各项算法 SNR 结果对比(dB)

压缩比	本文方法	DCT	3D-SPECK
10:1	44.12	38.45	35.98
20:1	41.94	35.24	32.64
30:1	39.21	31.93	28.98
40:1	36.47	26.79	27.34

表 2 实验图像各项算法压缩时间结果对比(s)

压缩比	本文方法	DCT	3D-SPECK
10:1	10.9	43.3	22.9
20:1	10.6	42.9	21.7
30:1	10.4	42.4	20.5
40:1	10.3	41.8	20.1

果显示本文方法与现有方法相比具有更短的压缩时间, 可以获得更高的信噪比。可以证明本文方法可以相对更大幅度地提升高光谱图像的压缩效果。

参考文献

[1]孙玉宝,李欢,吴敏,吴泽彬,贺金平,刘青山,基于图稀疏正则化多测量向量模型的高光谱压缩感知重建[J],电子与信息学报, 2014,36(12):2942-2948.
[2]王忠美,杨晓梅,顾行发.张量组稀疏表示的高光谱图像去噪算法 [J], 测绘学报,2017,46 (5):614-622. DOI:10.11947/j.AGCS. 2017.20150403.
WANG Zhongmei,YANG Xiaomei,GU Xingfa.Hyperspectral Image Denoising Based on Tensor Group Sparse Representation[J]. Ac-ta Geodaetica et Cartographica Sinica,2017,46 (5): (转下页)

某型机尾撬系统收放故障分析研究

纪明星

(中航飞机股份有限公司,陕西 西安 710089)

摘 要:尾撬系统是飞机的一个特殊系统,一般根据飞机的任务类型才会配备,介绍了某型飞机尾撬系统的组成及原理,并针对在装配调试阶段的典型故障详细分析了故障发生的原因及改进措施,同时针对在试验时的风险事项,阐述了如何从工艺流程上做好预防。

关键词:尾撬;排故;改进

中图分类号:V267

文献标识码:A

文章编号:2096-4390(2019)04-0017-02

1 概述

某型机属于前三点起落架结构布局,起飞时头部先飞起来,这样的设计注定为擦尾事故带来了可能,导致擦尾事故的原因有好几种,其中一种就是飞机如果起飞或降落角度过大就很容易发生擦尾现象,因此该机型在机身尾段布置了尾撬系统,主要用于防止起落时后坐,着陆时若尾撬系统失效,势必影响飞机的安全,为保障飞机在外场功能可用,在出厂前需对尾撬系统进行调试。

2 系统介绍及原理分析

2.1 系统介绍

尾撬(tail skid),又称“尾撑”或“护尾缓冲器”,装在机身尾部可吸收撞击能量并保护飞机尾部结构装置,在飞机起飞或者着陆时由于迎角过大,尾部擦地时起保护作用,减少擦尾发生时对飞机的伤害。尾撬上设计用于撞击磨损的部位没有液压或电路系统,就像没有神经与血液的硬骨骼。分为可收放式和固定式两种。通常由整流罩、钢制保护垫、缓冲器、电动机构、作动筒组成。

2.2 原理分析

2.2.1 尾撬收放原理

尾撬的收放功能由电动机构进行,电动机构经前起落架上位锁的微动电门接通。尾撬在前起落架上位锁脱开的同时放下,当前起落架完全收起并被上位锁锁住后,尾撬开始收起。

当前起落架被上位锁锁住时,前起落架上位锁上的一个微动电门接通,将尾撬系统的电动机构接在收起电路上,尾撬收起后,电动机构断电。当前起落架上位锁被打开时,前起落架上位锁的另一个微动电门接通,将尾撬的电动机构接在放下电路上,尾撬放下时,电动机构断电。

2.2.2 尾撬放下电气原理

依据尾撬操纵原理,尾撬的放下通过位于前起落架上位锁的微动电门控制,当微动电门处于常闭位置时,飞机上直流电给电动机构放下电路供电,尾撬开始放下,当尾撬放到位后,电动机构压通放下极限位置电门,给起落架信号灯盒输出尾撬放下到位电压,尾撬放下灯燃亮。

3 起落架正常应急收放时尾撬的收起放下时间 (转下页)

614-622. DOI:10.11947/j.AGCS.2017.20150403.

[3]刘亚楠,涂铮铮,罗斌,基于反馈稀疏约束的非负张量分解算法[J],计算机应用,2013,33(10):2871-2873.

[4]万晨坤,王斌,基于切片映射张量分析的高光谱图像压缩[J],自然科学,2015,54(6):696-705.

[5]王磊,王斌,张立明,基于张量分析和小波包变换的高光谱图像压缩[J],自然科学,2013,52(3):371-379.

[6]Tamara G. Kolda, Brett W. Bader, Tensor Decompositions and Applications, 2009 Society for Industrial and Applied Mathematics. SIAM REVIEW, 2009, 51(3), pp. 455-500.

[7]吴倩,张荣,徐大卫,基于稀疏表示的高光谱数据压缩算法[J],电子与信息学报,2015,37(1), 78-84.

[8]Liu Fang, Wu Jiao, Yang Shu-Yuan, Jiao Li-Cheng. Research advances on structured compressive sensing. Acta Automatica Sinica, 2013, 39(12): 1980-1995.

[9]孙玉宝,吴泽彬,吴敏,刘青山,联合低秩与稀疏先验的高光谱图像压缩感知重建[J],电子学报,2014, 42(11):2221-2224.

[10]雷威,基于张量分解的高光谱图像压缩技术研究[D],哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.

基金项目:2018年黑龙江省大学生创新创业训练计划资助项目(201810232076);国家自然科学基金青年基金(41701479);黑龙江省科学基金项目(QC2018045);黑龙江省省属高等学校

基本科研业务费科研项目(项目号:135309342)。

通讯作者:靳展(1983-),黑龙江齐齐哈尔人,在读博士,副教授,主要从事信号处理的研究。