

文章编号 1004-924X(2016)02-0430-08

基于月球观测的 FY-2G 中波红外 波段在轨调制传递函数评价与图像复原

陈博洋*

(国家卫星气象中心,北京 100081)

摘要:针对风云二号(FY-2)中波红外波段地球目标图像空间分辨率低的问题,提出了从月球图像中提取刃边目标进行调制函数(MTF)计算,根据图像质量评价参数进行图像复原提高图像空间分辨率的方法。首先根据 FY-2 定位模型设计了月球可视位置算法,搜索到月球图像;通过一阶微分、极值匹配等处理,基于傅里叶变换得到 FY-2G 中波红外波段在轨 MTF 评价曲线。然后,根据 MTF 计算结果,采用维纳滤波器对中波红外波段图像进行复原;以像素平均梯度、功率谱分量和以及图像信息熵作为评价参数,通过 3 种评价参数的变化确定合理的滤波参数。最后,得到经过 MTF 复原的高分辨率图像。实验结果显示,应用提出的方法,不仅 MTF 计算正确,图像复原有效,空间分辨率得到提高,还保证了图像复原前后能量的一致性。

关键词:风云二号卫星;中波红外;月球观测;调制传递函数评价;图像复原

中图分类号:TP751.1;P414.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20162402.0430

Evaluation of MTF for FY-2G middle infrared band based on moon observation and image restoration

CHEN Bo-yang*

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

* Corresponding author, E-mail: chenby@cma.gov.cn

Abstract: For improving the spatial resolution of FY-2G middle infrared band, this paper proposes a method to extract the edge from a moon image and to calculate the Modulation Transfer Function (MTF). It implements image restoration based on the image quality evaluation parameters and improves the image space resolution. Firstly, a moon visual position algorithm was designed based on the image navigation of FY-2 to search the moon image in the FY-2G full disk image. By using one-order differential and extreme value matching, the MTF evaluation value of FY-2G middle infrared band was calculate out by Fourier transform. Using the calculated MTF, the full disk image was restored by a Wiener filter. By using the pixel average gradient, power spectral components and image information entropy as evaluation functions, the reasonable filter parameters were determined. Finally, the high resolution image after MTF restoration was obtained. The experiments indicate that the MTF calculation is correct, image restoration is effective, and the spatial resolution has been improved greatly. Moreover, it ensures the consistency of image energy before and after restorations.

收稿日期:2015-09-01;修订日期:2015-10-30.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 41375023)

Key words: FY-2 satellite; middle infrared band; moon observation; Modulation Transform Function (MTF) evaluation; image restoration;

1 引言

成像系统的调制传递函数 (Modulation Transfer Function, MTF) 是系统对空间频率的幅度响应,它描述了成像系统对目标空间距离的分辨能力,而目标空间距离的分辨能力又体现了系统的空间分辨率,是成像系统的重要指标,提高图像空间分辨率是图像处理的重要分支之一^[1]。MTF 是成像系统点扩散函数 (Point Spread Function, PSF) 在频率域的表现形式^[2],可以客观、定量地评价成像系统的性能,是一种常用的成像系统空间分辨能力评价方法^[3],常用作空间遥感仪器的在轨质量评价指标^[4]。

MTF 评价与图像复原主要用于补偿成像过程引起的图像质量下降^[5,6],可以提高景物边缘清晰度,而边缘清晰是图像处理的重要原则^[7]。刃边法是常用的 MTF 评价方法,目前已取得了很好的应用效果,Ruiz^[8]等从 SPOT 卫星图像导出 PSF 并对图像进行滤波,取得了比较好的效果;李小英^[9]等、何静^[10]等、刘正军^[11]等分别对 CBERS 卫星图像进行了处理,通过获得仪器的 PSF 或者 MTF 进而对图像进行复原;李盛阳^[12]等对 DMC 卫星图像进行了处理,得到了 MTF 并进行了图像复原;针对不规则形状的刃边图像,李铁成^[13]等开展了基于倾斜刃边的 MTF 计算方法研究。不仅传统探测器,错位排列 CCD 等也可以采用 MTF 进行评价^[14]。并且,也有很多关于直接从频域内进行点扩散函数的研究^[15]。

为扩大 MTF 评价方法的适用范围,学者们提出通过铺设人工靶标计算 MTF 的方案^[16-17],受成像原理限制,对于边缘模糊的红外图像很难找到合适的刃边目标,郭强^[18]等人考虑采用斜坡模型进行 MTF 计算,但同样需要合适的观测目标。FY-2 静止轨道气象卫星主要用于进行红外波段观测,其空间分辨率是 5 km(星下点),图像边缘模糊,目前无法对 FY-2 红外波段进行在轨 MTF 评价。

本文利用月球周围没有大气的特性,首次提出从月球图像中提取刃边特征目标。基于边缘清晰的月球图像进行 FY-2G 卫星中波红外波段的

在轨 MTF 评价及图像复原,首先根据 FY-2 卫星定位模型计算月球可视位置,在 FY-2G 卫星云图中搜索到月球目标;根据月球边缘弯曲的特点,采用极值匹配等方法进行数据加权平均以去除随机噪声,最后计算得到 FY-2G 中波红外波段图像 MTF;在图像复原过程中采用像素平均梯度、功率谱分量和以及信息熵等方法综合评价图像的复原质量,基于物理约束原则确定了合适的滤波参数。与传统复原方法相比,不仅提高了空间分辨率,而且使处理后的云图能量与处理前保持一致。

2 月球观测可视计算

月球围绕地球公转,不计天平动的影响,月球轨道有规律的穿过天赤道区,当月球穿过天赤道区出现在卫星视场中时,卫星即有可能观测到月球,但要充分考虑地球对月球的遮挡。为确定包含月球的观测图像并计算观测几何模型,基于 FY-2 卫星定位模型,设计了一套月球可视计算方法,用以准确计算月球在仪器坐标系的观测指向;在筛选可用作计算 MTF 的月球图像时,充分依据刃边法计算 MTF 对“刃边”图像的需求,采用小相角原则保证边缘清晰。

图 1 是 FY-2 卫星观测模型。设 SN' 是卫星实际转轴, O 表示月球, E 表示地球,图 1 说明了月球观测指向计算原理。

图像坐标系 AEI 中,坐标轴 $EI \parallel SN'$,另一坐标轴 $\vec{EA} = \vec{EI} \times \vec{ES}$,由此得到图像坐标系 AEI 。计算月球在视场 AEI 内的位置需要计算 \vec{SO} 偏离坐标轴的角度,分别用方位角 α 和俯仰角 β 表示。根据图 1 的 FY-2G 观测模型有, $\beta = \arccos(\vec{SN}' \cdot \vec{SO})$; 设矢量夹角 $\alpha' = \arccos(\vec{SO} \cdot \vec{EA}) = \arccos(\vec{SO} \cdot (\vec{EI} \times \vec{ES}))$; 考虑到 \arccos 函数值的范围及俯仰角和方位角的角度范围 $(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$ 定义,增加辅助判别角 $\omega = \arccos(\vec{SES} \cdot \vec{SO})$, 所以

$$\alpha = \begin{cases} \pi/2 - \alpha' & \omega < \pi/2 \\ \pi/2 + \alpha' & (\omega \geq \pi/2) \&\& (\alpha > \pi/2), \\ \alpha' - 3\pi/2 & (\omega \geq \pi/2) \&\& (\alpha \geq \pi/2) \end{cases} \quad (1)$$

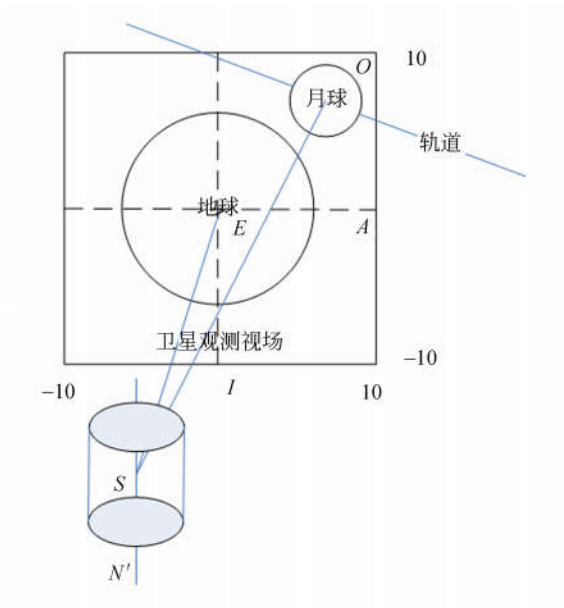


图 1 FY-2G 卫星月球观测
Fig. 1 Moon view of FY-2G

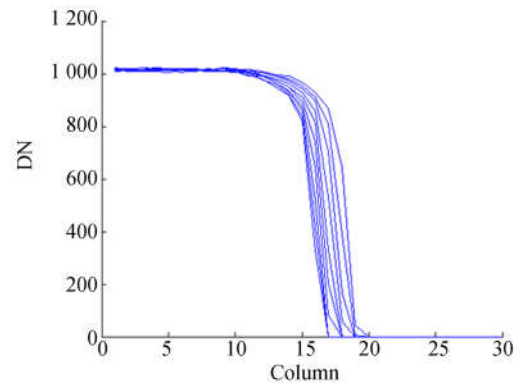
根据公式 1 可以计算出月球目标在卫星视场内的俯仰角和方位角,根据俯仰角和方位角在观测云图中搜索到月球图像。

3 基于月球的 FY-2G 中波红外波段在轨 MTF 计算

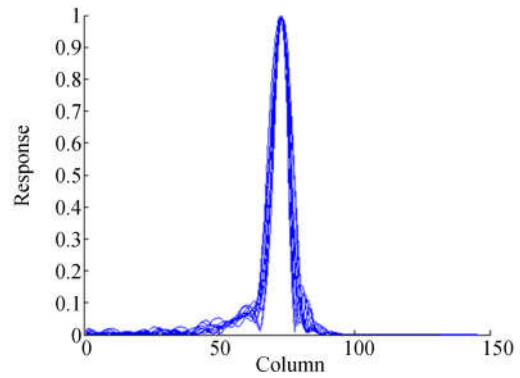
文章首次提出基于 FY-2G 中波红外波段月球图像进行 MTF 计算,由于月球表面没有大气,太阳照射时温度可达 400 K,其边缘和温度为 4 K 的低温宇宙背景形成强烈的刃边特征,可以利用该刃边特征进行 MTF 计算,并且只有小相角时才具备此特征。图 2 是全部计算过程,图 2(a)是



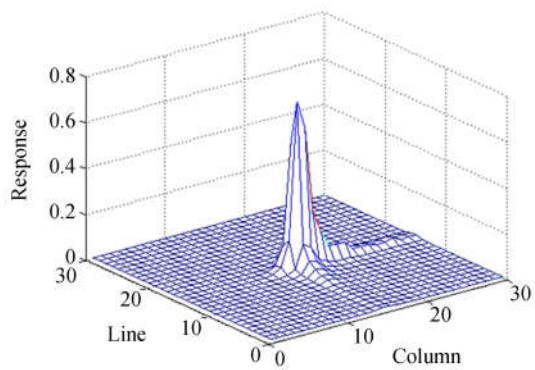
(a) 月球图像
(a) Moon Image



(b) 边沿数据
(b) Edge data



(c) 线扩展函数族
(c) LSFs



(d) PSF
(d) PSF

图 2 MTF 计算过程
Fig. 2 MTF calculation process

图像,依据太阳光照条件,选择月球图像的左边缘中段作为刃边特征进行计算。

月球图像边缘作为刃边有其特殊性,图 2(b)是左边缘中段 16 行边沿数据,由于月球的圆形特

征,整条刃边显示出曲线特征,因此边沿数据不重合;图 2(c)是图 2(b)的一阶微分图像,可经过极值点匹配得到线扩展函数族,经过加权平均平滑掉随机噪声;最后经过傅里叶变换得到 MTF 曲线。由于 FY-2 卫星中波红外空间分辨率(星下点 5 km)低,因此图像质量退化主要由光学系统 MTF 引起,大气湍流等因素引起的图像退化不需考虑。为了清楚显示 FY-2G 光学特征,图 2(d)给出了系统二维 PSF。

4 基于综合评价的图像复原

假设图像采集系统的输入是一个关于平面坐标 (x, y) 的函数 $f(x, y)$,通过图像采集系统 L 生成一幅图像 $g(x, y)$,这一过程可以表示为:

$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) + \eta(x, y)$, (2)
式中: $h(x, y)$ 是 L 的退化函数, $\eta(x, y)$ 是系统的加性噪声, $*$ 表示卷积。

由于图像在空间域上的卷积等于频率域的乘积,因此成像过程可以表示为,

$$G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v) + N(u, v), \quad (3)$$

G, F, H, N 分别是 g, f, h, η 的傅里叶变换。

可以得到 $\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}$, \hat{F} 是原始景物的

估计图像。

为避免 $N(u, v)$ 的估计以及零点问题,采用适应性更强的维纳滤波公式

$$\hat{F} = \left[\frac{1}{H(u, v)} \cdot \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)/S_f(u, v)} \right] \cdot G(u, v), \quad (4)$$

滤波器参数确定详见 5.2 节。

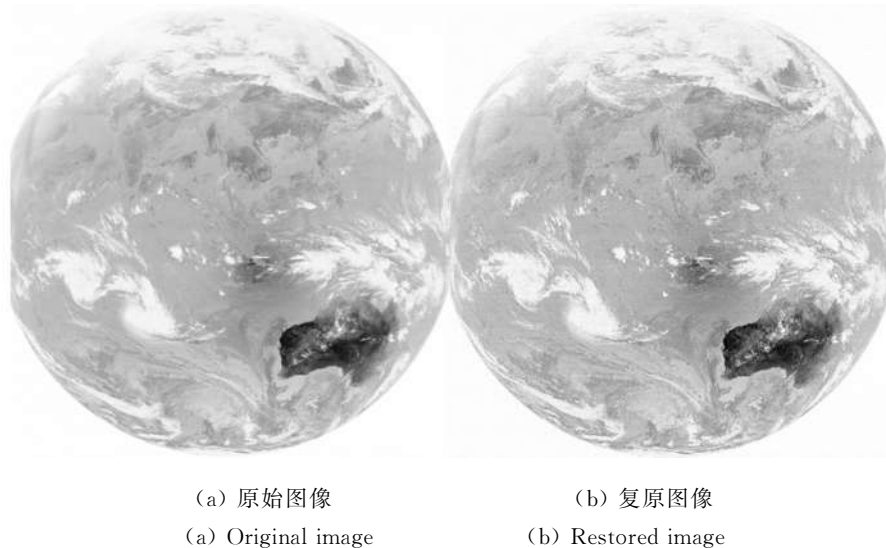


图 3 MTF 图像复原

Fig. 3 MTF restoration results

图 3(a)是 FY-2G 中波红外图像(经过尺寸剪裁),图 3(b)是经过 MTF 复原的复原图像。对复原前后的图像进行空间分辨率质量评价的结果详见第 5 章。

5 图像复原质量评价与分析

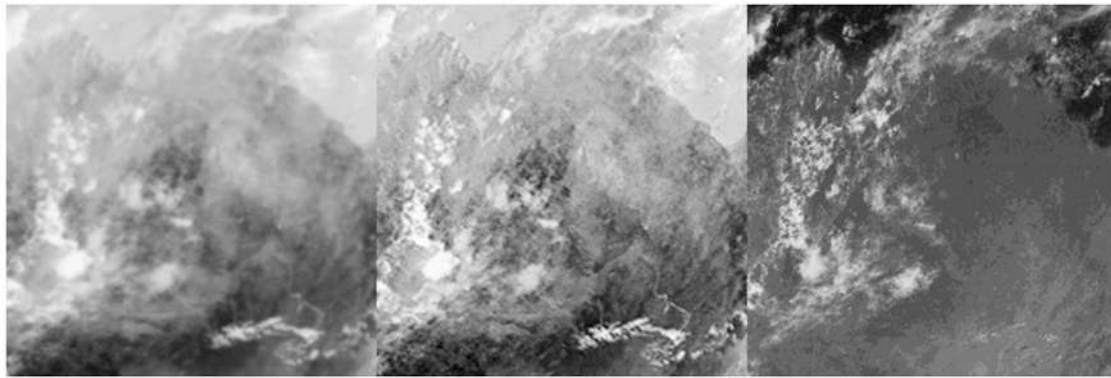
采用目视方法和基于统计的方法分别对复原图像质量进行评价。

5.1 基于目视的质量评价

人眼是一套复杂的成像系统,人眼判别在图

像质量评价体系中占有重要地位,图 3 为澳大利亚地区中南部某区域进行放大的结果,通过观察其细节发现,其有地表、云与海区等多种类型,便于比较各种复原方法对不同景物目标的效果。

图 4(a)是 FY-2G 中波红外波段的原始图像,图 4(b)是经过 MTF 复原后的图像,图 4(c)是同时次的高分辨率可见光波段图像。中波红外图像原始分辨率为 5 km,可见光图像原始分辨率为 1.25 km,可以用作高分辨率比较图像。由于观测波段不同,中波红外波段与可见光波段的观测目标以及灰度特征存在固有差异。



(a) 原始图像

(b) 复原图像

(c) 可见光高分辨率图像

(a) Original image

(b) Restored image

(c) High-resolution image

图 4 复原图像效果分析

Fig. 4 Effect analysis of restoration images

从图 4 的 3 幅图像比较中可以发现:

经 MTF 复原的图像,边缘更加锐利,符合高分辨率图像的特征,如图左部区域及右下部的云,而且,其对右下部山脉与河流具有很好的细节表现能力。

与可见光图像相比,经过 MTF 复原的图像,其整体细节分布与高分辨率的可见光图像趋于一致,这证明复原操作对分辨率的提高是有效且正确的,复原图像的能量空间分布向真值方向移动。

综上所述,经过目视分析,MTF 复原对中波红外波段图像的空间分辨率提高有积极作用。

5.2 基于信息统计的质量评价

图像质量评价方法一般针对不同目标而有所变化,很难有统一、客观的标准,但对固定场景,可以采用不同的统计方法从不同的角度进行图像质量评价,为客观全面地评价 MTF 的复原效果,从图像功率谱之和、信息熵以及像素平均梯度 3 个角度来综合评价复原效果。

5.2.1 图像功率谱分量和

图像功率谱是图像在不同频率上各分量的比重,对于大小为 $M \times N$ 的二维图像,图像的功率谱为 $|F(u, v)|^2$, $F(u, v)$ 是图像的傅里叶变换。

图像功率谱之和

$$\text{SumF} = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2. \quad (5)$$

对于固定场景来说,图像功率谱之和越大,则功率谱高频部分的比重越大,原图像空间分辨率越高,所以功率谱之和部分表征图像空间分辨率。

5.2.2 像素平均梯度

图像梯度可以部分表征图像对景物细节轮廓的表现能力,像素平均梯度是把全幅图像的梯度和平均到每个像素上的均值,所以像素平均梯度越大,图像中景物边缘表现的越锐利、清晰。

在试验中,采用索贝尔算子实现图像梯度计算,计算公式为

$$\text{TDavg} = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \sqrt{G_x^2 + G_y^2}}{M \times N}, \quad (6)$$

G_x 、 G_y 分别是 x 和 y 方向的索贝尔算子。

5.2.3 信息熵

信息熵是香农从热力学中引进的信息度量标准,是排除了信息冗余后的平均信息量。采用信息熵的概念评价图像质量,主要用于评价图像中包含的信息量多少,对高频景物细节表现清晰的图像包含的信息量显然大于细节表现不清晰的图像,所以信息熵从一定程度上体现了图像对景物细节的分辨能力。试验中采用的计算公式为:

$$\text{CE} = - \sum_{i=1}^N p(x_i) * \log_2(p(x_i)), \quad (7)$$

其中 $p(x_i)$ 为序号为 i 的图像灰度出现的归一化频率。

表 1 不同参数的复原实验以及评价结果

Tab.1 Restoration results with different parameters and evaluation results

低限阈值 S_η/S_f	0.1			0.01			0.001		
	像素平 均梯度	功率谱分 量和 $\times 10^{19}$	图像 信息熵	像素平 均梯度	功率谱分 量和 $\times 10^{19}$	图像 信息熵	像素平 均梯度	功率谱分 量和 $\times 10^{19}$	图像 信息熵
原图	99	1.68	9.53	99	1.68	9.53	99	1.68	9.53
0.05	235	1.53	9.55	235	1.52	9.55	235	1.53	9.55
0.01	287	1.65	9.63	287	1.65	9.63	287	1.65	9.63
0.005	299	1.67	9.64	299	1.67	9.65	299	1.67	9.65
0.001	311	1.68	9.66	313	1.69	9.68	314	1.69	9.68
0.0005	314	1.69	9.66	317	1.69	9.70	317	1.69	9.70

表 1 是不同滤波器参数下的复原实验评价结果,频谱图内低限阈值以下的点不参与计算(即限制参与计算区域的大小),低限阈值从 0.001 以 10 倍大小变化到 0.1。从表中可以看到,改变低限阈值的大小,像素平均梯度、功率谱分量和以及图像信息熵变化很小,这证明忽略低限阈值以下频率分量对 MTF 的复原效果影响较小。这也与能量集中在高频的认识是一致的。当低限阈值选为 0.01; S_η/S_f 从 0.05 变化到 0.0005,可以看到,像素平均梯度、功率谱分量和以及图像信息熵都发生了变化。像素平均梯度和图像信息熵一直增加,功率谱分量和增加到一定数值后变化很小。平均梯度和信息熵增加表明图像边缘更锐利,功率谱分量和不变表示图像整体表现力提升不大,由此可以判定引起像素平均梯度变化的因素是噪声。

综上,采用 0.01 低限阈值和 $S_\eta/S_f = 0.005$ 作为滤波参数,既可以保证复原图像的能量与处理前保持一致,利于应用 FY-2 观测数据进行目标物理过程分析,又能实现提高空间分辨率的目的。由图 4 的复原结果可知,功率谱分量和维持不变,像素平均梯度和图像信息熵增加。

参考文献:

- [1] 贾苏娟,韩广良,陈小林,等. 光度非均匀彩色序列图像超分辨率重建[J]. 液晶与显示,2014,29(1): 106-113.
JIA S J, HAN G L, CHEN X L, et al.. Super-res-

6 结 论

为将月球图像作为 MTF 计算的刃边目标,根据 FY-2 定位模型设计了月球可视计算方法,从 FY-2G 云图中搜索到包含月球的图像;根据刃边算法的需求,采用小相角原则对月球图像进行筛选,以确定锐利的刃边目标;然后采用刃边法计算得到 FY-2G 中波红外波段的 MTF。本文工作首次通过行星目标计算得到了 FY-2 系列卫星中波红外波段在轨 MTF 评价结果。

基于得到的系统 MTF,采用维纳滤波法对 FY-2G 中波红外波段图像进行复原,利用像素平均梯度、功率谱分量和以及信息熵 3 种统计方法综合评价复原效果,根据 3 个评价参数的相对变化确定合适的滤波参数。与一般复原方法相比,不仅得到高分辨率的 FY-2G 中波红外图像,还保证了复原图像的能量与处理前一致,利于采用 FY-2 数据进行目标物理过程分析,避免了追求单一指标而产生过度复原的弊端。

对复原前后的图像采用目视比较分析和统计分析等方法进行评价,在维持功率谱分量和不变的前提下,图像像素平均梯度从 99 提高到 299,图像信息熵从 9.53 提高到 9.65,经过 MTF 复原的图像空间分辨率有明显提高。

olution reconstruction with photometric change of color image sequence[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(1): 106-113. (in Chinese)

- [2] 刘小冬,张新,王灵杰,等. 红外系统 MTF 狭缝测量法的改进[J]. 红外技术,2009,31(9):521-524.

- LIU X D, ZHANG X, WANG L J, *et al.*. The improvement of slit method in MTF testing of optical systems[J]. *Infrared Technology*, 2009, 31(9): 521-524. (in Chinese)
- [3] 陈博洋, 陈凡胜, 郭强. 基于 MTF 的影响超分辨率图像重建效果的因素分析[J]. *红外技术*, 2009, 31(4): 215-219, 223.
- CHEN B Y, CHEN F SH, GUO Q. Factors analyse based on MTF about effecting super resolution reconstructed image [J]. *Infrared Technology*, 2009, 31(4): 215-219, 223. (in Chinese)
- [4] 陈强, 戴奇燕, 夏德深. 基于 MTF 理论的遥感图像复原[J]. *中国图象图形学报*, 2006, 11(9): 1299-1305.
- CHEN Q, DAI Q Y, XIA D SH. Restoration of remote sensing images based on MTF theory [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2006, 11(9): 1299-1305. (in Chinese)
- [5] SADOT D, KOPEIKA N S, ROTMAN S R. Incorporation of atmospheric blurring effects in target acquisition modeling of thermal images[J]. *Infrared Phys. Technol.*, 1995, 36(2): 551-564.
- [6] YITZHAK Y Y, DROR I, KOPEIKA N S. Restoration of atmospherically blurred images according to weather-predicted atmospheric modulation transfer functions[J]. *Opt. Eng.*, 1997, 36(11): 3064-3072.
- [7] 高珊, 马艳会. 基于边缘保持的 SAR 图像滤波算法研究[J]. *液晶与显示*, 2013, 28(2): 290-294.
- GAO SH, MA Y H. Algorithm research of filtering for SAR images based on edges-preserving[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 290-294. (in Chinese)
- [8] RUIZ C P, LOPEZ F J A. Restoring SPOT images using PSF-derived deconvolution filters[J]. *Int. J. Remote Sensing*, 2002, 23(12): 2379-2391.
- [9] LI X Y, GU X F, YU T, *et al.*. Image-derived MTF method and MTF compensation for CBERS-02B WFI imager[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2009, 13(3): 377-384.
- [10] 何静, 程新文, 姚远. CBERS-1 卫星 02 号星图像 MTF 复原及其结果分析评价[J]. *测绘科学*, 2007, 32(2): 108-110.
- HE J, CHENG X W, YAO Y. Image restoration with MTF of CBERS-1 No. 2 satellite and the result evaluation [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2007, 32(2): 108-110. (in Chinese)
- [11] 刘正军, 王长耀, 骆成凤. CBERS-1 PSF 估计与图像复原[J]. *遥感学报*, 2004, 8(3): 234-238.
- LIU ZH J, WANG CH Y, LUO CH F. Estimation of CBERS-1 Point Spread Function and image restoration [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(3): 234-238. (in Chinese)
- [12] 李盛阳, 朱重光. DMC 卫星图像 MTF 分析及其复原方法研究[J]. *遥感学报*, 2005, 9(4): 475-479.
- LI SH Y, ZHU CH G. DMC satellite image MTF analysis and restoration method research [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(4): 475-479. (in Chinese)
- [13] 李铁成, 陶小平, 冯华君, 等. 基于倾斜刃边法的调制传递函数计算及图像复原[J]. *光学学报*, 2010, 30(10): 2891-2897.
- LI T CH, TAO X P, FENG H J, *et al.*. Modulation Transfer Function calculation and image restoration based on slanted-edge method[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, 30(10): 2891-2897. (in Chinese)
- [14] 李亚鹏, 何斌. 采用 MTF 定量评估 CCD 错位成像的成像质量[J]. *红外与激光工程*, 2013, 42(2): 443-448.
- LI Y P, HE B. Quantitative evaluation of image quality of CCD sub-pixel imaging using MTF[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2013, 42(2): 443-448. (in Chinese)
- [15] 贤光, 颜昌翔, 张新洁. 运动模糊图像点扩散函数的频谱估计法[J]. *液晶与显示*, 2014, 29(5): 751-755.
- XIAN G, YAN CH X, ZHANG X J. Motion-blurred image point spread function estimation method based on spectral analysis [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(5): 751-755. (in Chinese)
- [16] 张静, 李传荣, 李晓辉, 等. 基于辐射状标靶的 MTF 评估算法及精度分析研究[J]. *遥感技术与应用*, 2014, 29(3): 523-530.
- ZHANG J, LI CH R, LI X H, *et al.*. A research on MTF estimation and accuracy analysis based on radial-target method[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2014, 29(3): 523-530. (in Chinese)
- [17] 徐伟伟, 张利明, 沈政国, 等. 高分辨光学卫星传感器在轨 MTF 检测[J]. *大气与环境光学学报*, 2014, 9(2): 97-111.
- XU W W, ZHANG L M, SHEN ZH G, SI X L,

et al.. On-orbit MTF estimation of high resolution satellite optical sensor[J]. *Journal of Atmospheric and Environmental Optics*, 2014, 9(2): 97-111. (in Chinese)

- [18] 郭强,李欣耀,陈桂林. FY-2 卫星热红外波段 MTF 在轨评价及其在改进图像质量中的应用

[J]. *红外与毫米波学报*, 2009, 28(5): 335-341.

GUO Q, LI X Y, CHEN G L. On-orbit MTF evaluation for thermal infrared band of FY-2 satellite and its application in image quality improvements[J]. *Infrared Millim. Waves*, 2009, 28(5): 335-341. (in Chinese)

作者简介:



陈博洋(1980—),男,黑龙江哈尔滨人,博士,副研究员,2003年于中国科学技术大学获得学士学位,2008年于中国科学院上海技术物理研究所获得博士学位,现为国家卫星气象中心风云四号地面系统工程主任设计师,主要从事空间遥感仪器顶层设计、遥感资料预处理和图像处理与评价。Email: chenby@cma.gov.cn

(版权所有 未经许可 不得转载)