



西北工业大学
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY

成绩:

课程总结报告

课程名称: 遥感图像融合

课程编号: U08M11045.01

姓名:

学号:

E-Mail:

日期: 年 月 日

摘要

遥感图像融合作为图像理解和计算机视觉领域的核心技术，近年来在遥感研究中占据了显著位置。该技术旨在智能化地融合来自不同信息源的图像数据，生成比单一传感器数据更精确、可靠的描述，进而优化目标检测、识别及图像理解与分析。在遥感应用中，单一传感器数据常受限于空间、波谱或时间分辨率，难以全面准确反映地表信息。遥感图像融合技术则通过整合不同传感器的优势，融合多种图像数据，提供丰富且准确的地表信息。此外，该技术在军事领域能提升侦察和情报获取的准确性和效率，而在民用领域则广泛应用于土地覆盖、耕地和森林资源监测、城市规划、环境保护等多个方面，为决策制定提供科学依据。因此，遥感图像融合技术不仅提升了图像质量和准确性，还拓展了遥感应用的范围和深度，对推动遥感科学的发展和应用具有重要意义。

本次作业实践了遥感图像融合技术，基于 WorldView-3 和 IKONOS 两组数据集，实现了 5 种融合方法，包括 BT、IHS、PCA、 α trous 小波、高通滤波融合，并对融合结果进行了初步分析，验证了融合效果，加深了对遥感图像融合技术的理解，同时附上了实现代码。

关键词：遥感图像、图像融合、质量评价

ABSTRACT

Remote sensing image fusion, as a core technology in image understanding and computer vision, has occupied a prominent position in recent remote sensing research. This technology aims to intelligently integrate image data from various information sources, generating more precise and reliable descriptions than those derived from single-sensor data, thereby optimizing target detection, recognition, and image understanding and analysis. In remote sensing applications, single-sensor data often suffer from limitations in spatial, spectral, or temporal resolution, making it difficult to comprehensively and accurately reflect surface information. Remote sensing image fusion technology, by integrating the advantages of different sensors and fusing multiple image data, provides rich and accurate surface information. Furthermore, this technology enhances the accuracy and efficiency of reconnaissance and intelligence gathering in the military field, while in the civilian sector, it is widely used in land cover, farmland and forest resource monitoring, urban planning, environmental protection, and other areas, providing a scientific basis for decision-making. Therefore, remote sensing image fusion technology not only improves image quality and accuracy but also expands the scope and depth of remote sensing applications, significantly contributing to the development and application of remote sensing science.

This operation practiced remote sensing image fusion technology. Based on two datasets of WorldView-3 and IKONOS, five fusion methods were realized, including BT, IHS, PCA, atrous wavelet and high-pass filter fusion. The fusion results were preliminatively analyzed, the fusion effect was verified, and the understanding of remote sensing image fusion technology was deepened. The implementation code is also attached

KEY WORDS: Remote sensing image, image fusion, quality assessment.

目 录

摘要	I
ABSTRACT	III
目录	V
第一章 绪论	1
第二章 数据集介绍	3
2.1 WorldView-3 数据集	3
2.2 IKONOS 数据集	3
第三章 融合方法	4
3.1 简单运算类融合	4
3.1.1 BT (Brovey Transform)融合方法	4
3.1.2 BT 融合结果展示	4
3.1.3 BT 融合结果分析	5
3.2 成分替换类融合	5
3.2.1 IHS 融合方法	6
3.2.2 IHS 融合结果展示	7
3.2.3 IHS 融合结果分析	9
3.2.4 主成分分析(PCA)融合方法	9
3.2.5 PCA 融合结果展示	10
3.2.6 PCA 融合结果分析	13
3.3 多分辨率分析类融合方法	13
3.3.1 高通滤波融合方法	14
3.3.2 IHS 融合结果展示	14
3.3.3 HPF 融合结果分析	16
3.3.4 à trous 小波变换融合	16
3.3.5 à trous 小波变换融合结果展示	16
3.3.6 à trous 融合结果分析	18
第四章 融合评价	19
4.1 IKONOS 数据集	19
4.2 WorldView-3 数据集	20

西北工业大学遥感图像融合实验报告

第五章 实验心得.....	21
5.1 个人感悟	21
第六章 IDL 程序.....	22
6.1 BT 融合代码	22
6.2 IHS 融合代码	22
6.3 PCA 融合代码	23
6.4 HPF 融合代码	24
6.5 小波变换融合代码	24
6.6 RMSE 代码	25
6.7 SCC 代码	25
6.8 RASE 代码	26

第一章 绪论

遥感图像融合技术最早可追溯到 1970 年代。1973 年，美国国防部资助的声纳信号理解系统研制成功，标志着数据融合技术的诞生，随后这一技术逐渐被应用到遥感图像的处理中。多源图像融合技术最初应用于遥感图像的分析和处理，1979 年，Daly 等人将雷达图像和 Landsat-MSS 图像的复合图像应用于地质解释，其处理过程被视为最简单的图像融合。随后，Wong 等人在 1980 年代进行了海洋卫星与陆地卫星或 SPOT 星的图像融合处理，重建了兼有两者信息优势的新图像。

在遥感图像融合技术的发展过程中，多种算法相继被提出，每一种算法都在不同的应用场景中展示了其独特的优势。

BT (Brightness-Tone-Saturation) 变换：作为一种较早的图像融合方法，BT 变换通过调整图像的亮度、色调和饱和度来实现融合，常用于简单的色彩调整和图像增强。

SFIM (Smoothing Filter-based Intensity Modulation) 融合方法：SFIM 方法基于平滑滤波，通过调整强度信息实现图像融合，是一种适用于高分辨率遥感影像融合的有效方法。

HSV、IHS (Hue-Saturation-Value/Intensity-Hue-Saturation) 变换：HSV 和 IHS 变换通过将图像转换到不同的颜色空间，然后分别对各个分量进行融合处理，最终再转换回原始颜色空间，这种方法能有效保留图像的光谱信息。

GIHS (改进 IHS) 变换：GIHS 是对 IHS 变换的改进，通过引入更多图像处理的先进技术，提升了融合效果。

PCA (Principal Components Analysis) 变换：PCA 方法通过主成分分析，将多光谱图像变换到低维空间，再进行融合处理，能够有效降低数据的冗余性。

GS (Gram-Schmidt) 变换：GS 变换是一种正交化方法，通过对图像进行正交化处理，增强图像的特征表示能力，常用于遥感图像的融合处理。

HCS (Hue-Chromaticity-Saturation) 变换：HCS 变换类似于 HSV 和 IHS 变换，但更加注重图像的色彩饱和度，适合在色彩保持要求较高的融合任务中使用。

高斯金字塔、拉普拉斯金字塔：这两种方法通过构建图像的多尺度表示，将图像在不同尺度上进行融合，从而生成细节丰富的高分辨率图像。

高通滤波：高通滤波方法通过保留图像的高频信息，去除低频噪声，增强图像的细节表现，适用于图像的锐化和融合处理。

西北工业大学遥感图像融合实验报告

离散小波、à trous 小波：小波变换通过多尺度分解图像，将图像在不同频率和方向上进行处理，是一种非常有效的图像融合方法。à trous 小波是小波变换的一种改进，具有更高的计算效率和更好的融合效果。

在遥感图像融合效果的评价方面，多种评价指标被提出和应用，以全面评估融合图像的质量。常用的评价指标包括均值偏差（Mean Bias）、相关系数（Correlation Coefficient, CC）、空间相关系数（Spatial Correlation Coefficient, SCC）、均方根误差（Root Mean Square Error, RMSE）、图像质量指数（Quality Index, Q）、光谱角距离（Spectral Angle Mapper, SAM）、相对平均光谱误差（Relative Average Spectral Error, RASE）、增强型相对全局误差（Enhanced Relative Global Error Index, ERGAS）、Q4 和 Q8 等。这些评价指标从图像的光谱保持性、空间分辨率、整体质量等多个方面对融合结果进行了全面的评估。

本次大作业将重点实现以下几种遥感图像融合算法：BT 变换、IHS 变换、PCA 变换、à trous 小波变换和高通滤波融合，并对融合结果采用 SCC、RMSE 和 RASE 等评价指标进行定量分析。通过本次实践，将深入理解遥感图像融合的原理和关键技术，掌握多种融合算法的实现方法，为进一步的研究和应用打下坚实基础。

第二章 数据集介绍

2.1 WorldView-3 数据集

WorldView-3 数据集源自美国 DigitalGlobe 公司运营的高分辨率商业卫星 WorldView-3，该卫星于 2014 年 8 月成功发射，并以其卓越的技术规格和广泛的应用领域而著称。WorldView-3 数据集以其 0.31 米的全色分辨率和 1.24 米的多光谱分辨率，提供了市面上分辨率最高的商业光学卫星影像数据，同时配备了 8 个多光谱波段和 8 个短波红外波段，以及用于大气校正的 CAVIS 波段，使得数据集在特殊地物的分类与侦测方面表现出色。此外，WorldView-3 数据集具有 66.5*112km 的拍摄幅宽和平均不到 1 天的重访周期，确保了高频次观测和广泛覆盖的能力。这些数据特点使得 WorldView-3 数据集在城市规划、环境监测、灾害监测和资源管理等多个领域具有广泛的应用价值，如快速生成建筑物三维模型、评估城市绿化水平、预警和监测自然灾害以及评估土地利用转换等。

2.2 IKONOS 数据集

IKONOS 数据集源自 1999 年成功发射的 IKONOS 卫星，该卫星由美国地球眼公司（后并入 DigitalGlobe 公司）运营。作为世界上首颗提供优于 1 米分辨率的商业遥感卫星，IKONOS 数据集以其卓越的全色（1 米分辨率）和多光谱（4 米分辨率）图像质量而著称。这些图像数据通过数字化无线电传输，包含了从可见光到近红外的多个波段信息，为地表特征的精细描绘提供了坚实的基础。IKONOS 数据集以其高分辨率和丰富的光谱信息，成为遥感科学研究与实际应用中不可或缺的重要资源。

第三章 融合方法

3.1 简单运算类融合

3.1.1 BT (Brovey Transform)融合方法

BT 方法最初是为了提高图像的视觉对比度, BT 融合方法如式(1-1)所示:

$$\mathbf{BT}_k = \frac{\tilde{M}_k}{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \tilde{M}_k} \times \mathbf{P} \quad k=1,2,\dots,N \quad (1-1)$$

其中, \tilde{M}_k 是第 k 个上采样后的 MS 波段, \mathbf{P} 是 PAN 图像。

3.1.2 BT 融合结果展示

3.1.2.1 IKONOS 数据集



图 1-1 原始图像



图 1-2 BT 融合效果

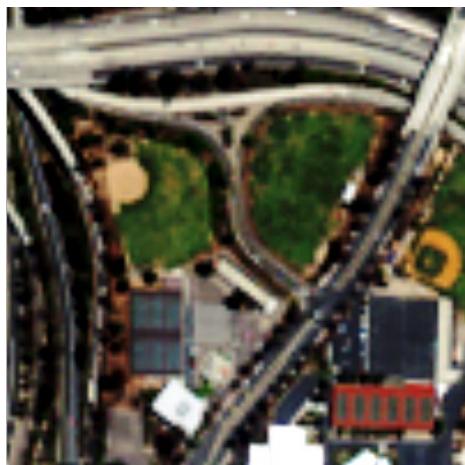


图 1-3 原始图像

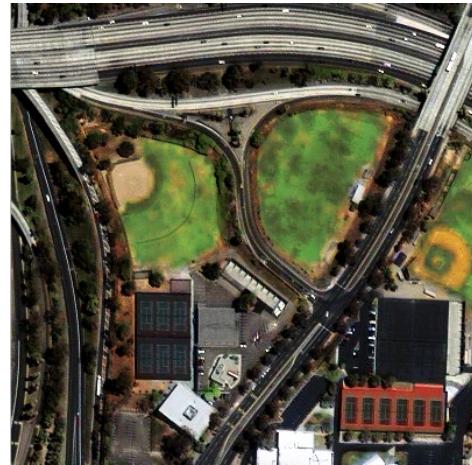


图 1-4 BT 融合效果

3.1.2.2 WorldView-3 数据集



图 1-2 原始图像



图 1-2 BT 融合效果



图 1-3 原始图像



图 1-4 BT 融合效果

3.1.3 BT 融合结果分析

经过 BT 融合后图像的清晰度得到了明显的提升，归功于 PAN 的融合，融合图像也变得十分清晰。

3.2 成分替换类融合

将 MS 分为空间分量和光谱分量，用 PAN 图像替换空间分量来增强变换的 MS 图像。PAN 图像和被替换的分量之间的相关性越大，这种融合方法引入的失真越低。在替换发生之前，执行 PAN 图像与所选分量的直方图匹配。因此，直方图匹配的 PAN 将表现出与要替换的分量相同的均值和方差。最后，通过逆变换将数据带回原始空间，从而完成泛锐化过程

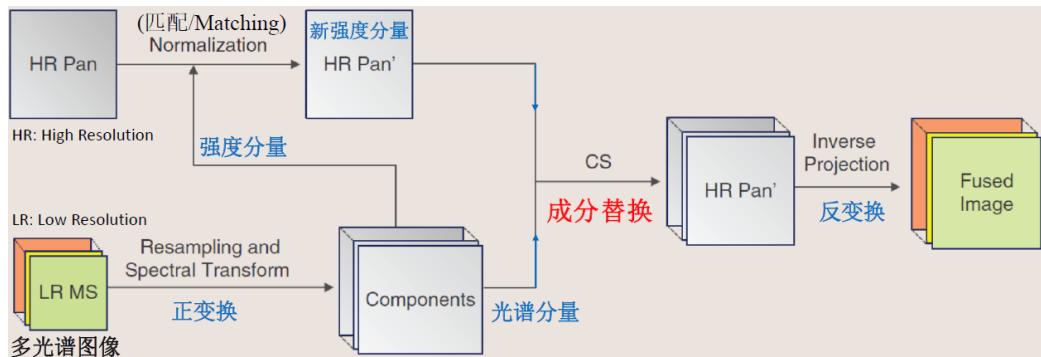


图 2-3 CS 融合过程

3.2.1 IHS 融合方法

IHS 图像融合是一种基于色彩空间的图像融合方法，其色彩空间为强度 (I)、色调 (H) 和饱和度 (S)。在 IHS 色彩空间中，强度通道代表了图像的亮度信息，色调通道代表了颜色信息，而饱和度通道则代表了颜色的纯度。通过将不同来源的图像映射到 IHS 色彩空间，然后对强度、色调和饱和度三个通道分别进行融合处理，最终可以得到一幅具有更高清晰度和信息量的融合图像。

RGB 色系到 HSV 色系 (正变换):

$$\begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ -\sqrt{2}/6 & -\sqrt{2}/6 & 2\sqrt{2}/6 \\ 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

HSV 色系到 RGB 色系 (反变换):

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1 & -1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

其中，I 为强度分量， v_1, v_2 为中间变量，色调分量 H 和饱和度分量 S 由下式得到：

$$\begin{aligned} H &= \arctan(v_2/v_1) \\ S &= \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \end{aligned} \quad (2-3)$$

IHS 融合方法如图(2-2)所示：

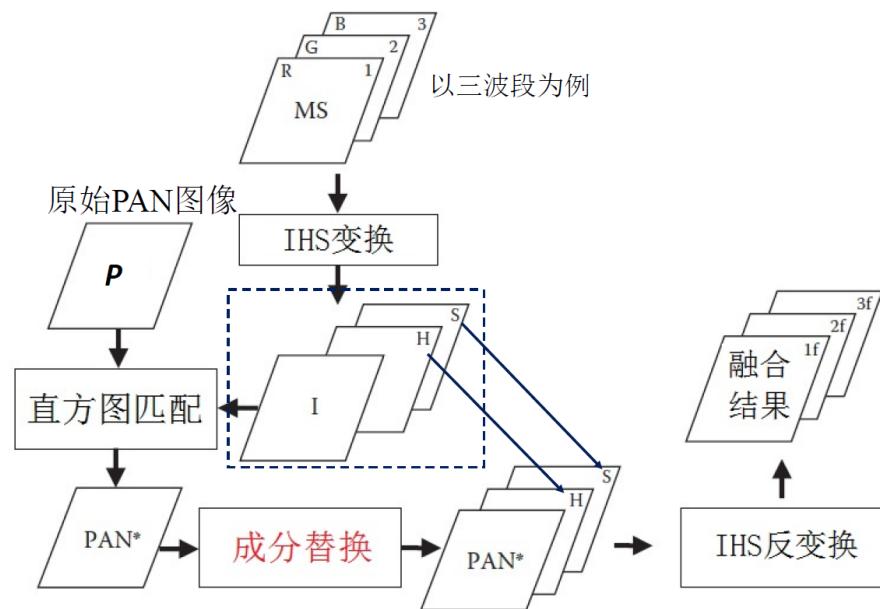


图 2-2 IHS 融合

通过将包含 RGB 三通道的 MS 图像经过 IHS 变换，再将 PAN 图像把变换得到的 I 替换，再将其进行 HIS 反变换得到融合图像

3.2.2 IHS 融合结果展示

3.1.2.1 IKONOS 数据集



图 2-3 I 图像

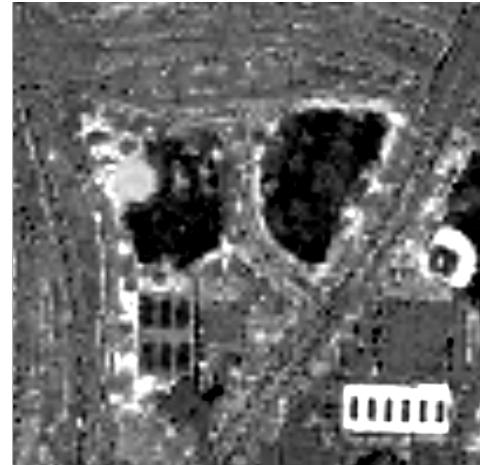


图 2-4 v2 图像

西北工业大学遥感图像融合实验报告



图 2-5 v1 图像



图 2-6 PAN 图像

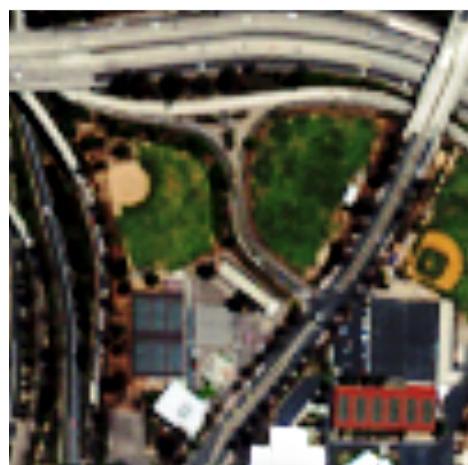


图 2-7 原始图像



图 2-8 融合图像

3.1.2.2 WorldView-3 数据集

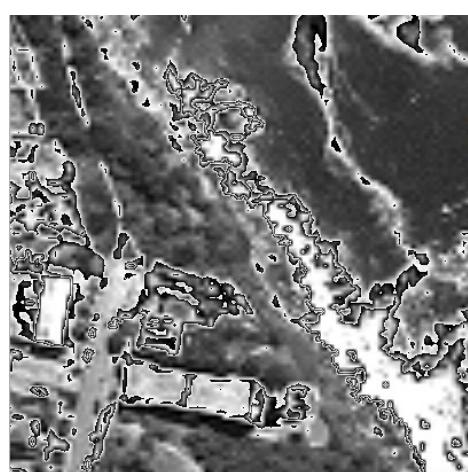


图 2-3 I 图像

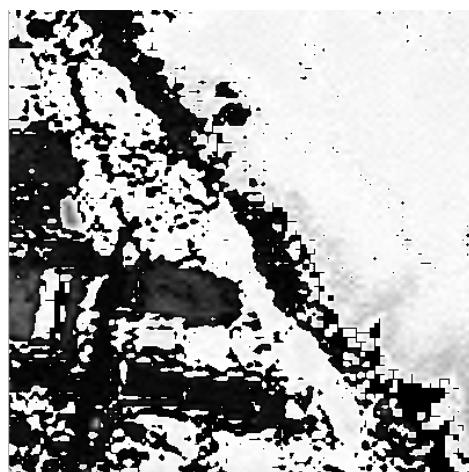


图 2-4 v2 图像

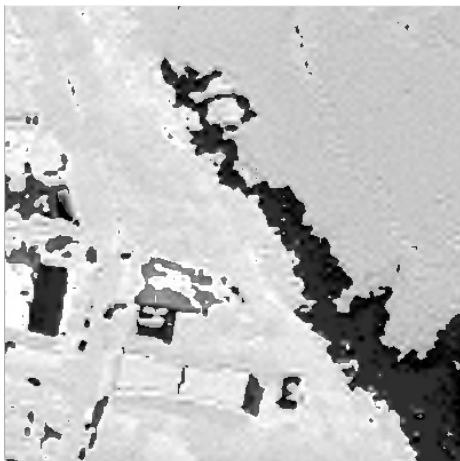


图 2-5 v1 图像



图 2-6 PAN 图像



图 2-7 原始图像

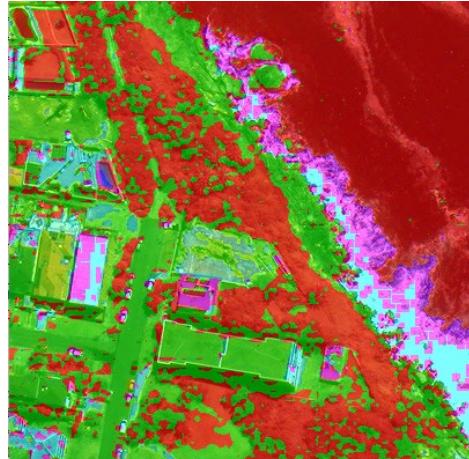


图 2-8 融合图像

3.2.3 IHS 融合结果分析

IHS 变换在 IKONOS 数据集上表现还可以，在绿色的显示上有些异常，草地的颜色偏蓝，树的颜色偏深，道路颜色也偏绿，操场的红色跑道对比度更高更鲜艳，但是在 WorldView-3 的表现效果十分糟糕，可以看出它的 I、v1、v2 变换的分量出现了明显的失真，融合出的图像也是不堪入目，两个数据集采用的代码为相同架构，具体原因有待考察。

3.2.4 主成分分析(PCA)融合方法

PCA(Principal Component Analysis)，即主成分分析方法，是一种使用最广泛的数据降维算法。PCA 的主要思想是将 n 维特征映射到 k 维上，这 k 维是全新的正交特征也被称为主成分，是在原有 n 维特征的基础上重新构造出来的 k 维特征。

假设有 m 个 n 维数据 $X_{n \times m} = [x_1, x_2, \dots, x_m]$ 其中的每个 x 是一个 n 维的列向量

1. 去中心化

$$X = X - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i \quad (3-1)$$

2. 计算协方差矩阵

$$C = \frac{1}{m} X X^T \quad (3-2)$$

3. 对协方差矩阵进行特征值分解得到特征矩阵 V (按特征值从大到小以列排)
 4. 将原始数据投影到 V 坐标系下即得到降维后的数据

$$Y = V^T X \quad (3-3)$$

PCA 融合方法如图(3-1)所示:

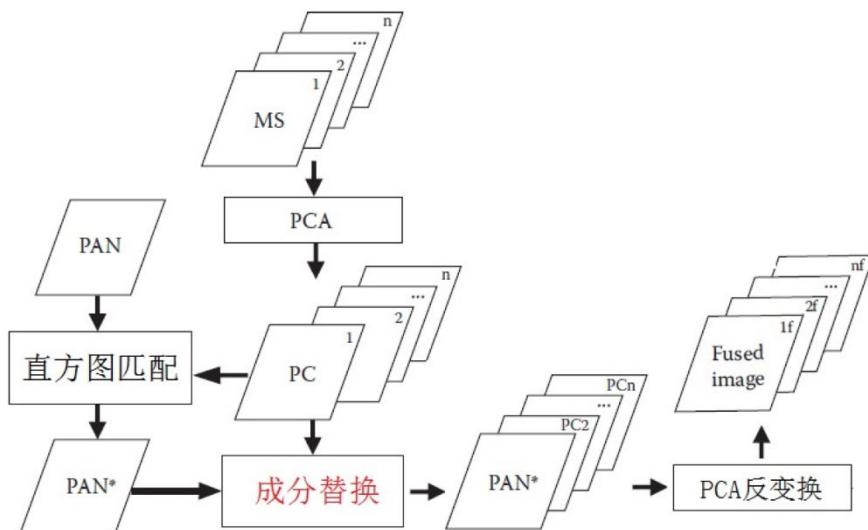


图 3-1 PCA 融合流程

将多波段图像经 PCA 变换，将第一个主成分用 PAN 图像替换再经过 PCA 反变换得到融合图像

3.2.5 PCA 融合结果展示

3.1.2.1 IKONOS 数据集



图 3-2 ENVI 生成 PC1



图 3-3 PCA 生成 PC1

西北工业大学遥感图像融合实验报告



图 3-4 ENVI 生成 PC2



图 3-5 PCA 生成 PC2

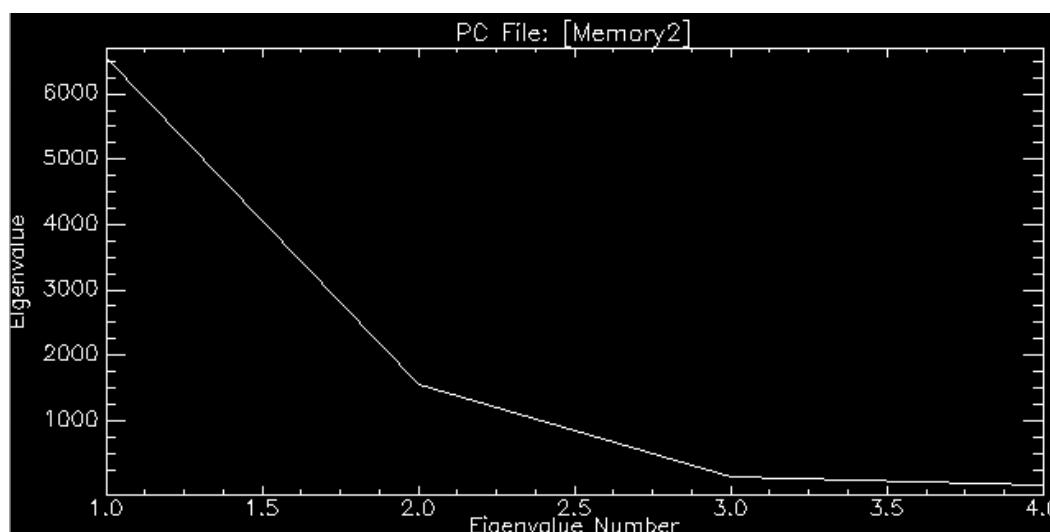


图 3-6 ENV 特征分布

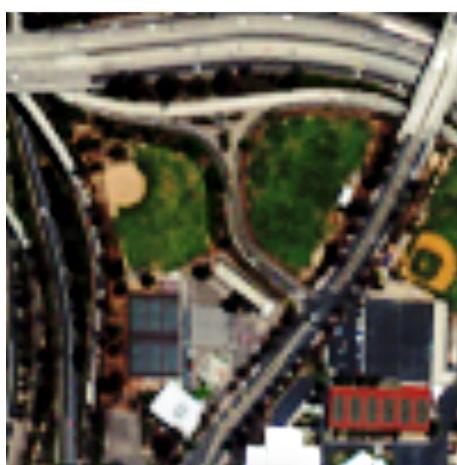


图 3-7 原始图像



图 3-8 融合图像

3.1.2.2 WorldView-3 数据集

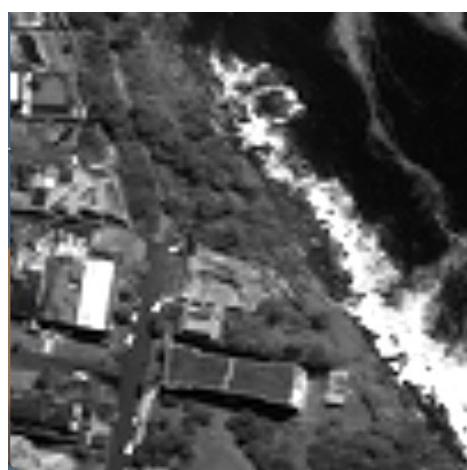


图 3-9 ENVI 生成 PC1



图 3-10 PCA 生成 PC1



图 3-11 ENVI 生成 PC2

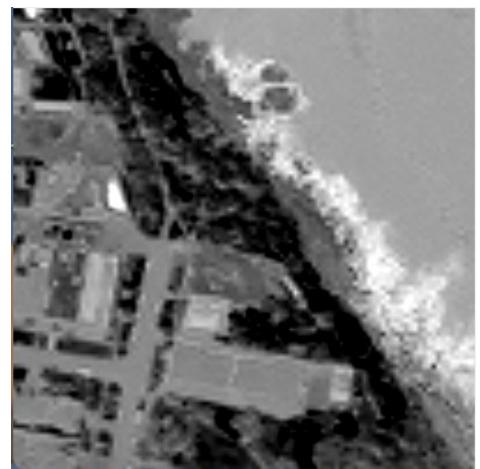


图 3-12 PCA 生成 PC2

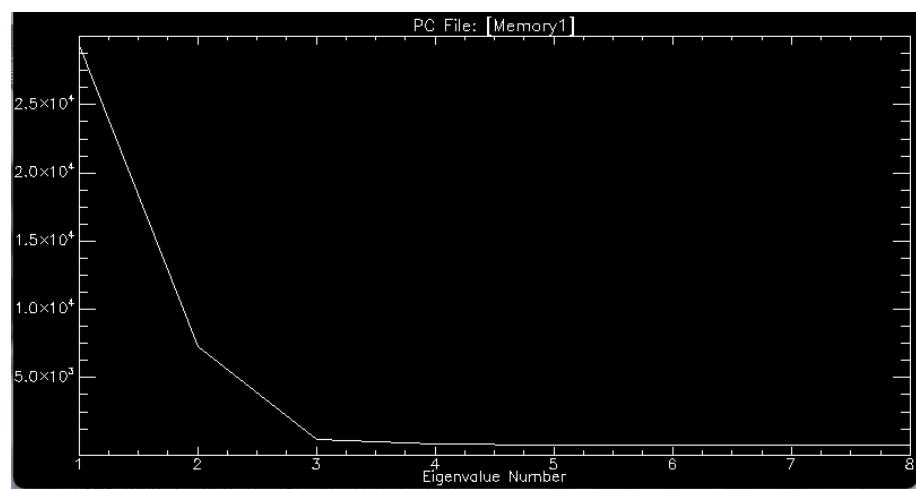


图 3-13 ENV 特征分布



图 3-14 原始图像



图 3-15 融合图像

3.2.6 PCA 融合结果分析

在 IKONOS 数据集上, 通过图 3-2、图 3-1 比较, IDL 代码与 ENVI 的 PCA 变换结果基本一致, 融合后的图像更鲜艳、更清晰、对比度更高, 在 WorldView-3 数据集上, 由图 3-11 与图 3-12 比较可得, 二者存在一些差异, 尤其是在黑白部分, 图 3-11 的白色对应图 3-12 的黑色, 融合图像可能存在一些伪影, 清晰度一般, 颜色整体偏红色。

3.3 多分辨率分析类融合方法

多分辨率分析又称为多尺度分析, 是建立在函数空间概念的理论, 创建者 Mallat 是在研究图像处理问题时建立的这套理论, MRA 将图像分解为多个子图像, 包含图像的低频部分和高频部分。

MRA 类方法融合步骤:

第一步: 将原始多光谱图像重采样放大至与全色图像同尺寸原始 N 波段多光谱图像: $\{M_1, M_2, \dots, M_N\}$, 全色图像: P 重采样放大的多光谱图像:

$$\{\tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_N\}$$

第二步: 对全色图像 PAN 进行 MRA 分解, 得到细节图像 D 全色图像 P 的第 l 级分解的第 k 个方向上的细节图像: D_{lk}

第三步: 计算多光谱图像各波段的细节信息注入调制系数 G_i

第四步: 按波段注入细节信息, 得到各波段的融合结果

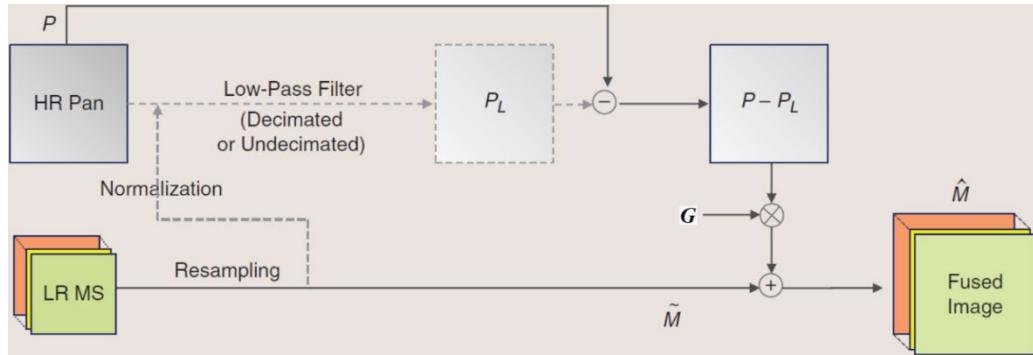


图 4-4 MRA 融合过程

3.3.1 高通滤波融合方法

高通滤波器 HPF:

$$K_{33} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (4-1)$$

高通滤波融合方法如图(4-2)所示:

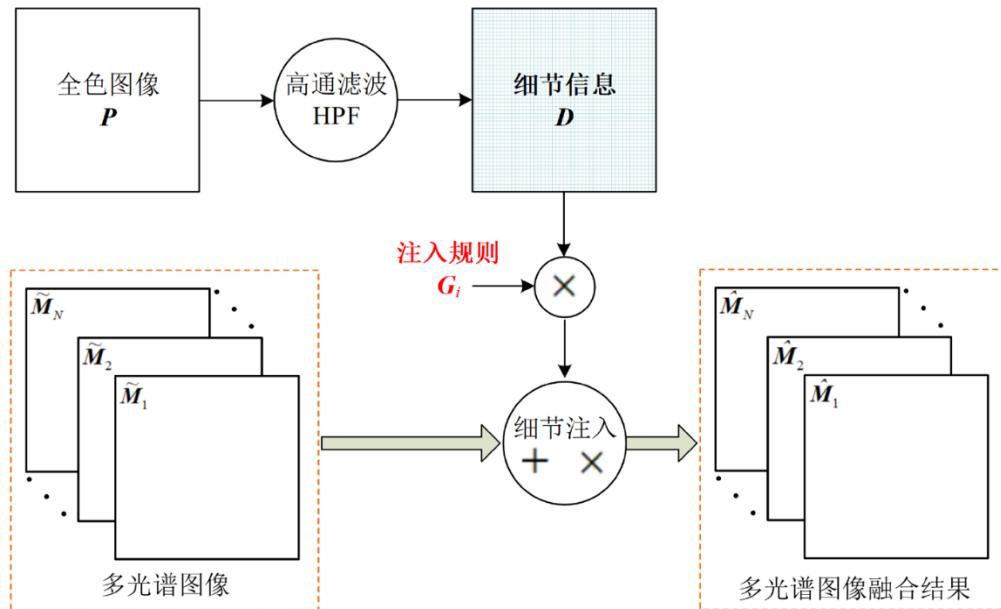


图 4-2 高通滤波融合流程

将 PAN 图像通过高通滤波得到细节信息，再将细节信息通过某种注入规则与多光谱图像细节注入实现高通滤波融合

3.3.2 IHS 融合结果展示

3.1.2.1 IKONOS 数据集

西北工业大学遥感图像融合实验报告

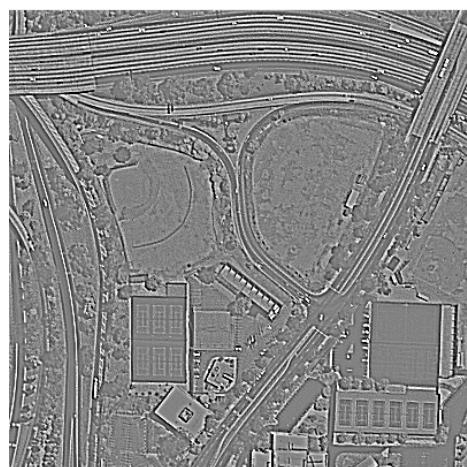


图 4-3 高频特征

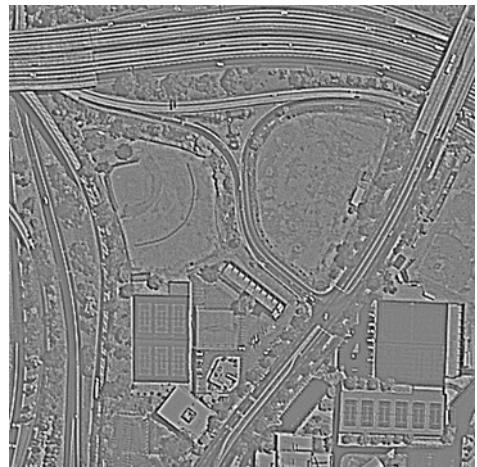


图 4-4 注入规则后细节

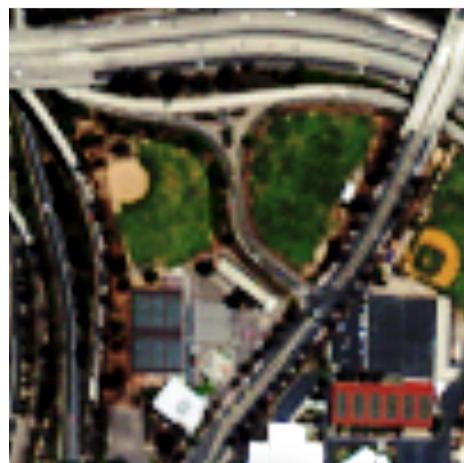


图 4-5 原始图像



图 4-6 融合图像

3.1.2.2 WorldView-3 数据集

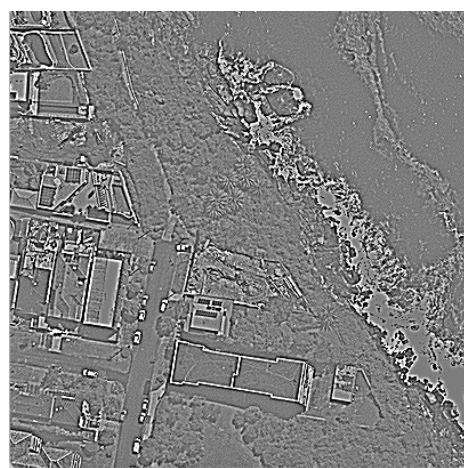


图 4-7 高频特征

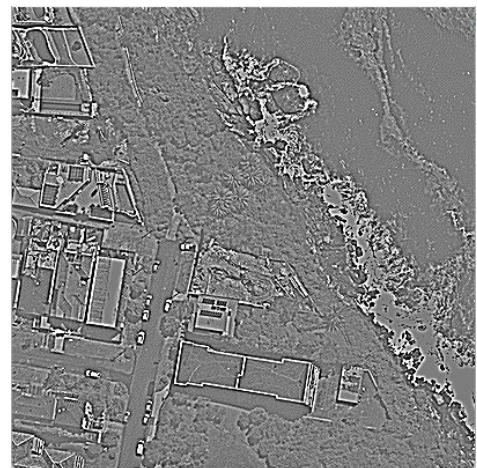


图 4-8 注入规则后细节



图 4-9 原始图像



图 4-10 融合图像

3.3.3 HPF 融合结果分析

HPF 通过提取高频特征作为细节注入 MS 图像，由图 4-6、图 4-10 可见，图像得到了明显的锐化操作，边缘细节十分明显，但是在低频部分表现效果稍差，在海面等低频部分出现了椒盐噪声。

3.3.4 à trous 小波变换融合

第一步：原始多光谱图像重采样放大，以三波段为例

$$\{\mathbf{R}, \mathbf{G}, \mathbf{B}\} \uparrow \Rightarrow \{\tilde{\mathbf{R}}, \tilde{\mathbf{G}}, \tilde{\mathbf{B}}\} \quad (5-1)$$

第二步：对全色图像 PAN（记为 \mathbf{P}_0 ）进行 N 级小波分解，提取其细节信息

$$\mathbf{P}_0 = \sum_{j=1}^N \mathbf{D}_j + \mathbf{P}_N \quad (5-2)$$

第三步：向多光谱各波段直接注入全部细节信息，得到融合结果

$$\hat{\mathbf{R}} = \tilde{\mathbf{R}} + \sum_{j=1}^N \mathbf{D}_j, \quad \hat{\mathbf{G}} = \tilde{\mathbf{G}} + \sum_{j=1}^N \mathbf{D}_j, \quad \hat{\mathbf{B}} = \tilde{\mathbf{B}} + \sum_{j=1}^N \mathbf{D}_j \quad (5-3)$$

3.3.5 à trous 小波变换融合结果展示

3.1.2.1 IKONOS 数据集



图 5-1 二级小波分解

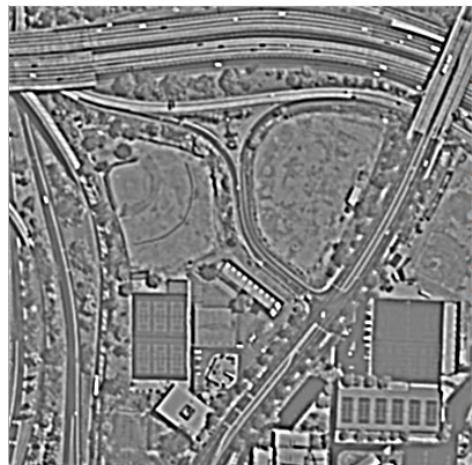


图 5-2 细节图像 DP_2

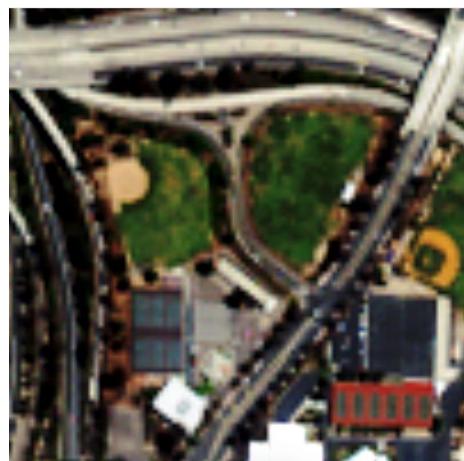


图 5-3 原始图像



图 5-4 融合图像

3.1.2.2 WorldView-3 数据集



图 5-5 二级小波分解



图 5-6 细节图像 DP_2



图 5-7 原始图像



图 5-8 融合图像

3.3.6 à trous 融合结果分析

小波变换通过注入细节到原始图像中，通过结果比较可以得出，融合前后整体变得更加清晰，一些细节比较明显，但仍存在部分细节过于”平滑”，表现效果不太明显。

第四章 融合评价

4.1 IKONOS 数据集

表 1-1 IKONOS 各方法指标

融合方法	波段	RMSE	SCC	RASE
BT	B1	69.8414	0.0669662	
	B2	93.7094	0.0510830	
	B3	95.9037	0.0573914	100.386
	B4	113.824	0.118157	
IHS	B1	60.9820	0.00515002	
	B2	60.9820	0.0597889	63.8988
	B3	60.9820	0.0785914	
PCA	B1	60.5923	0.0411509	
	B2	70.9585	0.0416888	
	B3	70.3765	0.0623657	64.4131
	B4	32.9461	0.485008	
HPF	B1	21.5903	0.132963	
	B2	28.0064	0.126495	
	B3	29.2529	0.126363	28.3095
	B4	27.2372	0.131292	
a trous	B1	19.7280	0.173368	
	B2	19.7280	0.209195	20.6716
	B3	19.7280	0.216874	

西北工业大学遥感图像融合实验报告

4.2 WorldView-3 数据集

表 1-2 WorldView-3 各方法指标

融合方法	波段	RMSE	SCC	RASE
BT	B1	Nan	Nan	
	B2	Nan	Nan	
	B3	Nan	Nan	
	B4	Nan	Nan	
	B5	Nan	Nan	-Nan
	B6	Nan	Nan	
	B7	Nan	Nan	
	B8	Nan	Nan	
PCA	B1	55.3366	0.323154	
	B2	59.5363	0.278105	
	B3	66.5063	0.193552	
	B4	69.5069	0.174823	
	B5	69.4454	0.198715	81.8967
	B6	66.4915	0.212605	
	B7	53.7594	0.410964	
	B8	50.2105	0.422634	
IHS	B2	25.4076	0.168210	
	B3	136.837	0.00140253	132.443
	B5	87.4217	-0.0341296	
HPF	B1	35.9471	0.125878	
	B2	43.6706	0.116727	
	B3	48.6160	0.113009	
	B4	44.8567	0.112681	
	B5	52.1897	0.112287	57.4461
	B6	43.6379	0.115619	
	B7	41.7524	0.126911	
	B8	32.6862	0.138225	
à trous	B2	25.7344	0.180382	
	B3	24.6701	0.242996	37.0883
	B5	31.6171	0.251894	

第五章 实验心得

5.1 个人感悟

通过这次遥感图像融合实验，我收获到了许多。在课上了解的多种多样的经典融合方法印象不是很深刻，但通过一次一次的实验让这些概念熟记于心，这也恰恰验证了那句话，“实践是检验真理的唯一标准”，也对遥感图像融合这一方向有了初步的认识，这也是我喜欢考察而不是考试的原因。

我选修专业课修的比较早，今年寒假前就大概修完了，我在大二上过梅少辉老师的模式识别，融合方法中的 PCA 勾起了我对那门课的回忆，在我修过的专业课中，我觉得遥感图像融合是可以学到真的有用的知识并且能动手实践的课程。

传统的融合方法有着优美的公式推导，整个过程是逻辑清晰有条理的，在当下深度学习的没办法解释清楚的黑盒子统治的当下，学习传统融合是非常必要的，可以为后续搭好基础，提供灵感。

我接触过很多编程语言，但他们都是被广泛使用，或者很新的编程语言，第一次接触 IDL 很不习惯，而互联网上资料很少，大多集中在 2013 年附近，但随着逐渐的联系，我也熟悉了这门语言，并在实验中得心应手。

总的来说，实验是遥感图像融合的灵魂，没有实验的过程也就很难学到东西，通过实验将理论与实际联系起来，才能真正深入人心。

第六章 IDL 程序

6.1 BT 融合代码

```
function BT,MS,PAN
s = SIZE(MS)
sum = FLTARR(s[1],s[2])
FOR i = 0 , s[3] - 1 DO BEGIN
    sum = sum + MS[*,*,i]
ENDFOR
sum = sum / s[3]
result = FLOAT(INDGEN(s[1], s[2], s[3]))
FOR i = 0 , s[3] - 1 DO BEGIN
    result[*,*,i] = MS[*,*,i] / sum * PAN
ENDFOR
return, result
END
```

6.2 IHS 融合代码

```
function IHS,MS,PAN
    R = MS[*,*,2]
    G = MS[*,*,1]
    B = MS[*,*,0]
    I = (R + G + B) / SQRT(3)
    v1 = (R + G - 2 * B) / SQRT(6)
    v2 = (R - G) / SQRT(2)
    R_ = PAN / SQRT(3) + v1 / SQRT(6) + v2 / SQRT(2)
    G_ = PAN / SQRT(3) + v1 / SQRT(6) - v2 / SQRT(2)
    B_ = PAN / SQRT(3) - 2 * v1 / SQRT(6)
    MS_NEW = FLTARR(1004,1004,3)
    MS_NEW[*,*,2] = R_
    MS_NEW[*,*,1] = G_
    MS_NEW[*,*,0] = B_
    return,MS_NEW
END
```

6.3 PCA 融合代码

```
function PCA_t,MS,PAN
    print,SIZE(MS)
    s = SIZE(MS)
    col_size = s[1]
    row_size = s[2]
    band = s[3]
    MS_ = FLTARR(band,col_size*row_size)
    FOR i = 0 , band - 1 DO BEGIN
        MS_[i,*] = REFORM(MS[*,*,i],1,col_size * row_size)
    ENDFOR
    CM = CORRELATE(MS_ / COVARIANCE)
    V = EIGENQL(CM, EIGENVECTORS=vq)
    vq = TRANSPOSE(vq)
    Y =  FLTARR(col_size,row_size,band)
    FOR i = 0 , band - 1 DO BEGIN
        P = MS_[:,*] ## vq[i,:]
        P = REFORM(P,col_size,row_size)
        Y[:,*,i] = P
    ENDFOR
    Y[:,*,0] = PAN
    Y_ = FLTARR(band,col_size * row_size)
    FOR i = 0 , band - 1 DO BEGIN
        Y_[i,*] = REFORM(Y[:,*,i],1,col_size * row_size)
    ENDFOR
    vq = TRANSPOSE(vq)
    X = FLTARR(col_size,row_size,band)
    FOR i = 0 , band - 1 DO BEGIN
        X1 = Y_[:,*] ## vq[i,:]
        X[:,*,i] = REFORM(X1,col_size ,row_size)
    ENDFOR
    return,X
END
```

6.4 HPF 融合代码

```
function HPF,MS,PAN
    s = SIZE(MS)
    kernel = FLTARR(5,5)
    kernel[*,*] = -1
    kernel[2,2] = 24
    g_high = CONVOL(PAN,kernel, /EDGE_TRUNCATE)
    G = FLTARR(s[3])
    D = FLTARR(s[1],s[2],s[3])
    result = FLTARR(s[1],s[2],s[3])
    FOR i = 0 , s[3] - 1 DO BEGIN
        G[i] = CORRELATE(g_high ,MS[*,*,i], /COVARIANCE) /
        Variance(g_high)
        D[*,*,i] = g_high[*,*] * G[i] * 10
        result[*,*,i] = MS[*,*,i] + D[*,*,i]
    ENDFOR
    return,result
END
```

6.5 小波变换融合代码

```
function atrous,MS,PAN
    R = MS[*,*,2]
    G = MS[*,*,1]
    B = MS[*,*,0]
    PAN_ = FLOAT(PAN)
    h = FLTARR(1,5)
    h[0] = 0.0625
    h[1] = 0.25
    h[2] = 0.375
    h[3] = 0.25
    h[4] = 0.0625
    h_T = TRANSPOSE(h)
    w = h ## h_T
    s = SIZE(PAN_)
    g_low = CONVOL(PAN_,w, /EDGE_TRUNCATE)
```

西北工业大学遥感图像融合实验报告

```
dp = PAN_ - g_low
w_ = FLTARR(9,9)
w_[0:2:2,0:2:2] = w
g_low_ = CONVOL(g_low,w_, /EDGE_TRUNCATE)
dp_ = g_low - g_low_
D = FLTARR(s[1],s[2],2)
D[*,*,0] = dp
D[*,*,1] = dp_
FOR i = 0 , 1 DO BEGIN
    R = D[*,*,i] + R
    G = D[*,*,i] + G
    B = D[*,*,i] + B
ENDFOR
result = FLTARR(s[1],s[2],3)
result[*,*,0] = B
result[*,*,1] = G
result[*,*,2] = R
RETURN, result
END
```

6.6 RMSE 代码

```
function RMSE,MS,MS_
    s = SIZE(MS_)
    result = FLTARR(s[3])
    FOR i = 0 , s[3] - 1 DO BEGIN
        E = MEAN((MS[*,*,i] - MS_[:,*,i])^2 )
        result[i] = SQRT(E)
    ENDFOR
    print, result
    return, result
END
```

6.7 SCC 代码

```
function SCC,MS,MS_
    s = SIZE(MS_)
    P = FLTARR(s[1],s[2],s[3])
```

西北工业大学遥感图像融合实验报告

```
P_ = FLTARR(s[1],s[2],s[3])
Kernel = [[-1,-1,-1],[-1,8,-1],[-1,-1,-1]]
CM = FLTARR(s[3])
FOR i = 0 , s[3] - 1 DO BEGIN
    P[*,*,:i] = CONVOL(MS[*,:,:i],Kernel, /EDGE_TRUNCATE)
    P_[:, :, i] = CONVOL(MS[:, :, i], Kernel, /EDGE_TRUNCATE)
    CM[i] = CORRELATE(P[:, :, i], P_[:, :, i])
ENDFOR
print,CM
return,CM
END
```

6.8 RASE 代码

```
function RASE,MS,MS_
    s = SIZE(MS_)
    me =  FLTARR(s[3])
    MSE = FLTARR(s[3])
    FOR i = 0 , s[3] - 1 DO BEGIN
        me[i] = MEAN(MS[:, :, i])
        MSE[i] = MEAN((MS[:, :, i] - MS_[:, :, i])^2 )
    ENDFOR
    RASE = 100 / (TOTAL(me)) * SQRT(s[3] * TOTAL(MSE))
    print,RASE
    return,RASE
END
```