

环境小卫星渤海海冰监测

版权声明：本教程涉及到的数据提供下载，供练习使用，禁止用于商业用途。

目录

1 概述.....	2
2 处理流程介绍.....	2
3 详细处理过程.....	4
3.1 数据预处理.....	4
第一步，安装环境小卫星数据处理补丁.....	4
第二步，数据读取和定标.....	4
第三步，数据镶嵌.....	5
第四步，渤海监测区域裁剪.....	10
3.2 海冰信息提取.....	10
3.2.1 决策树海冰信息提取.....	12
3.2.2 面向对象的海冰信息提取.....	15
4 总结.....	17



1 概述

我国渤海和黄海北部是海冰灾害多发区之一，由于地理纬度偏北，易受北方南下冷空气影响，每年冬季都有不同程度的结冰现象。据新闻报道，随着冷空气势力的不断加强，2012 年自 1 月中旬开始，渤海海冰面积迅速增加。

利用遥感技术，根据冰的光谱反射特点，通过遥感信息提取，可以实现海冰的发生、发展、消融的准实时监测。

本文详细介绍了利用环境小卫星 CCD 数据，在 ENVI 下进行渤海海域海冰监测的完整流程，涉及辐射定标、CCD1 和 CCD2 数据的配准、数据镶嵌、海冰信息提取等关键技术。

2 处理流程介绍

根据环境小卫星数据的特点及海冰信息提取的技术要求，采用的技术路线为：数据获取，数据预处理，包括辐射定标、镶嵌、影像配准、裁剪、快速大气校正，海冰信息提取。

一、图像获取

环境小卫星数据可以在中国资源卫星应用中心免费下载获取，根据渤海海冰发生时间段，选择成像质量较好的 2012 年 2 月 4 日的渤海范围的 5 景 1B-CCD 数据，其中 2 景 CCD1 数据，3 景 CCD2 数据。中国资源卫星应用中心地址：<http://www.cresda.com/n16/index.html>

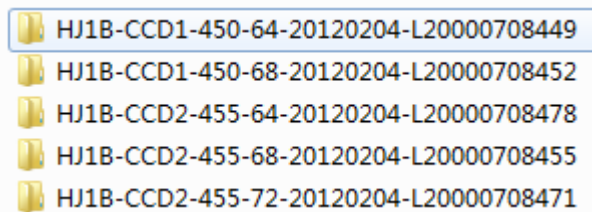


图 1 本文获取的 5 景 HJ-1B CCD 数据

二、数据读取和定标

网上免费获取的 HJ-1B 卫星 CCD 的分发格式为 Geotiff，每一个波段为一个 Geotiff 文件，并提供一个元数据说明（.XML）。使用环境小卫星的读取补丁，直接读取 CCD 数据，同时进行辐射定标，输出结果为一个多波段的辐射亮度图像，ENVI 标准栅格文件，并带有中心波长等信息。环境小卫星数据读取补丁下载地址为：<http://bbs.esrichina-bj.cn/ESRI/viewthread.php?tid=75575>

三、CCD1，CCD2 数据镶嵌

渤海海域的数据在 5 景影像的范围内，其中有两景 CCD1 的数据，三景 CCD2 的数据，需要进行镶嵌，经过试验，CCD1 和 CCD2 数据分别镶嵌，在接边处非常完美，但是 CCD1 与 CCD2 之间，由于轨道漂移，接边处有错位现象，需要进行影像配准再做镶嵌。

四、大气校正

由于用定性遥感分析的方法进行海冰信息提取，所以根据影像质量和数据处理效率的要求，大气校正是可选步骤。本文为了提高计算对象的光谱属性值的精度，选择高效的快速大气校正（QUAC）方法去除部分大气的影响。

五、海冰信息提取

海冰的反射特性与水有明显差异，可用决策树阈值的方法进行了海冰信息提取；无论哪种类型的海冰，

在海域中都有明显的轮廓，也可用面向对象的信息提取方法进行海冰信息提取。本文分别使用这两种方法进行了海冰信息提取，并对结果做了分析。

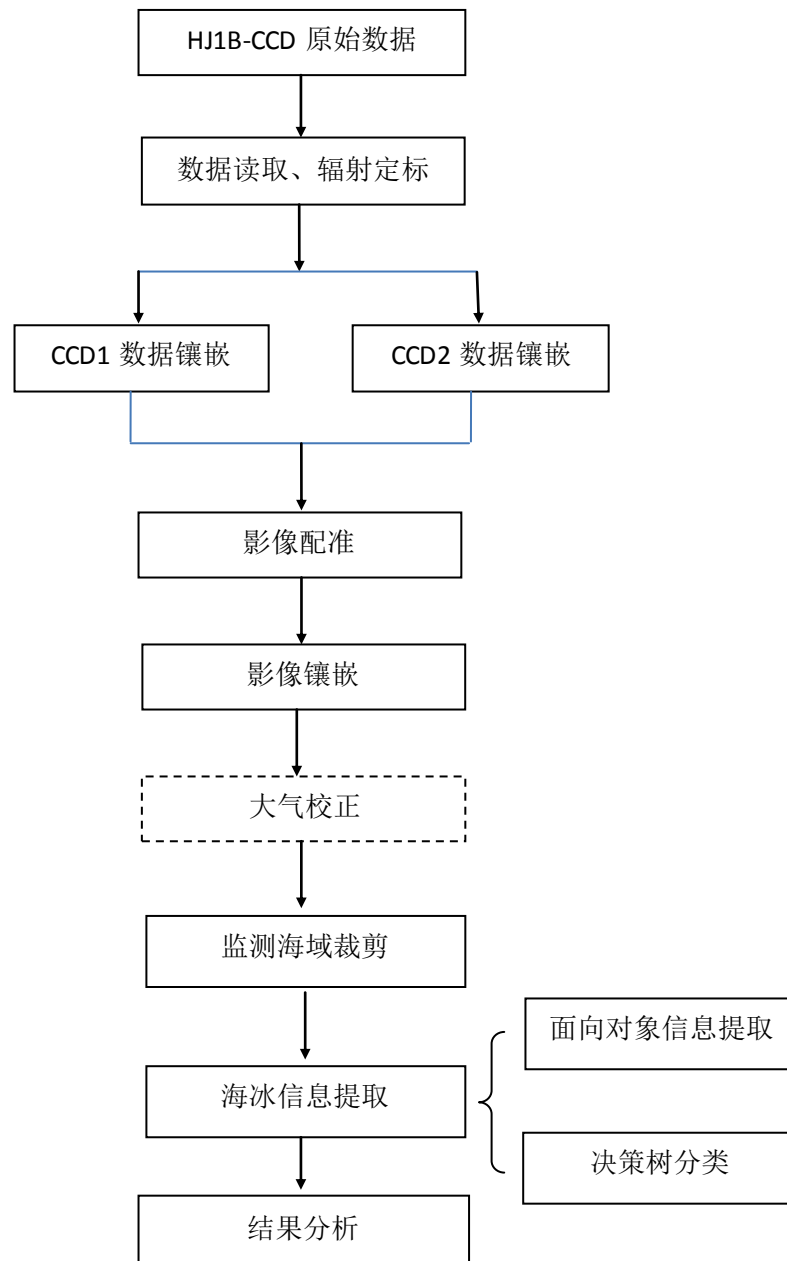


图 2 流程图

3 详细操作步骤

3.1 数据预处理

第一步，安装环境小卫星数据处理补丁

将 ENVI_HJ1A1B_Tools.sav 补丁放在 C:\Program Files\ITT\IDL\IDL80\products\envi48\save_add 目录下。

第二步，数据读取和定标

主菜单->File->Open External File->HJ-1A/1B Tools，打开环境小卫星数据读取补丁。在 HJ-1A/1B Tools V3.0 面板中，选择 CCD，点击 Input XML 输入原始数据的.xml 文件，点击 Output Path 设置数据的输出路径，勾选“Calibration”“Layer Stacking”两个选项，单击 Apply 按钮。

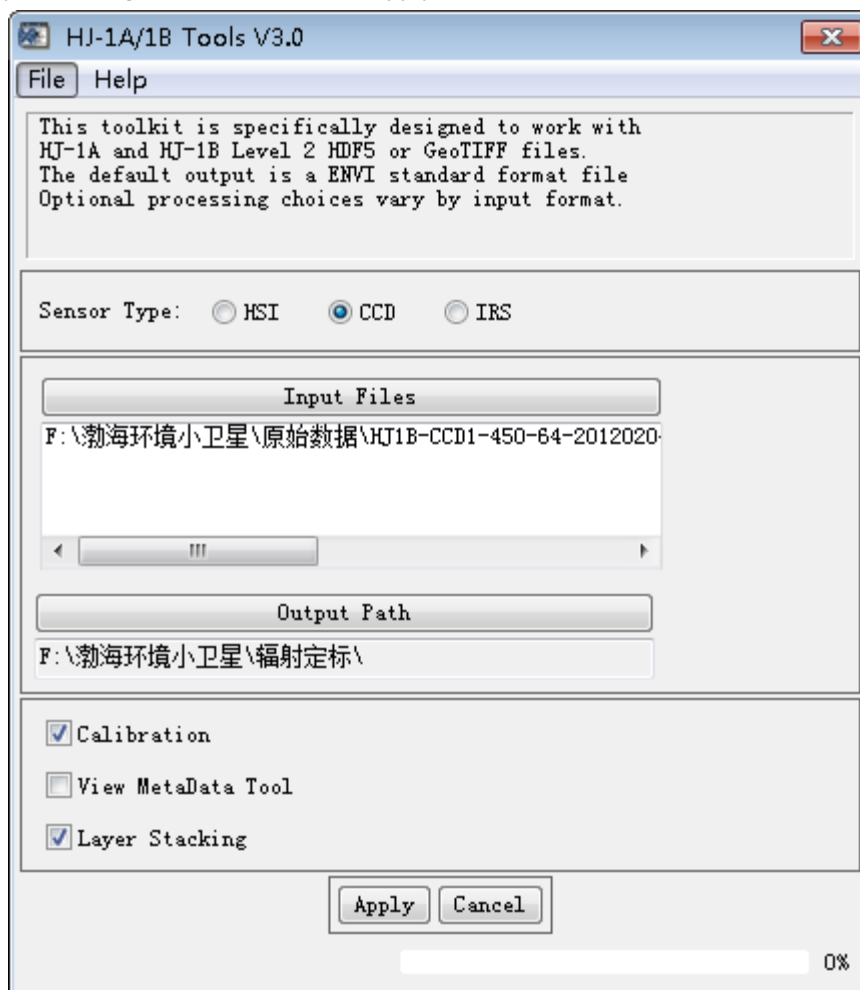


图 3 环境小卫星数据读取工具

第三步，数据镶嵌

渤海海域我们共获取 5 景 CCD 数据，其中 2 景 CCD1，3 景 CCD2，经实验，每台 CCD 的图像镶嵌结果接边和色彩上都保持的非常一致，但是两台 CCD 之间有少许偏差，在处理流程上，分别对两台 CCD 的数据进行镶嵌，再将 2 景 CCD1 数据的镶嵌结果和 3 景 CCD2 数据的镶嵌结果，进行配准，最后再进行镶嵌，这样的流程保证了最终镶嵌结果在接边和色彩上的质量，而且只经过一次配准的重采样，最大程度的保持了数据原有的光谱特性。

一、裁剪出每一景的渤海海域及临海的陆地区域

为了提高处理效率，在镶嵌之前，先将 5 景影像中含有海域的部分裁剪出来，用感兴趣区域 ROI 进行裁剪。

- (1) 加载经过第二步定标和波段叠加的一景影像 20120204_455_64-cla.img，
- (2) Image 窗口菜单 Overlay->Region of Interest，打开 ROI 窗口，
- (3) 在图上绘制 ROI，将该景影像的海域和临海区域都包括进来，
- (4) 在 ROI Tool 面板中，File->Subset Data via ROIs，
- (5) 在 Select Input File to Subset via ROI 面板中，选择需裁剪的数据 20120204_455_64-cla，单击 OK，
- (6) 在 Spatial Subset via ROI Parameters 面板中选中绘制的 ROI，Mask pixels outside of RPO 选择 Yes，Mask Background Value 按照默认设置 0，设置输出路径和名称，单击 OK。

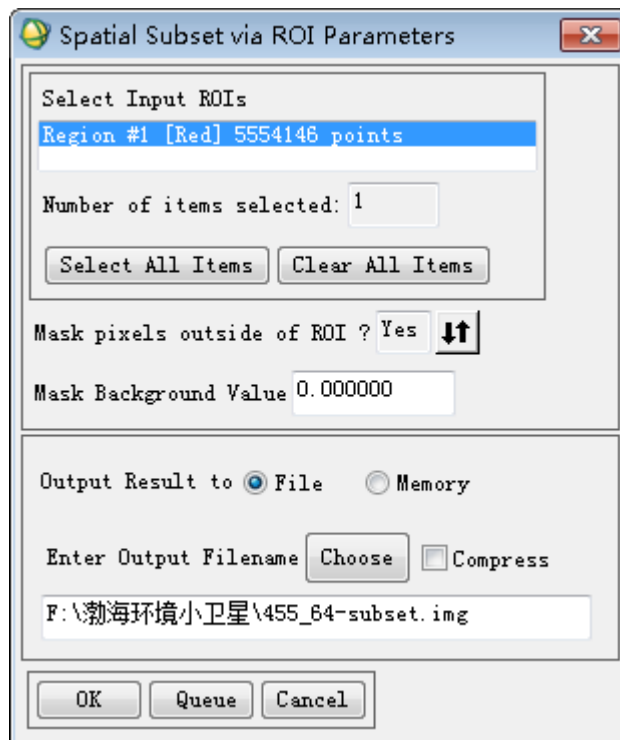


图 4 感兴趣区域裁剪影像

同样的方法将其他 4 景影像进行裁剪。

二、同类型 CCD 数据镶嵌

- (1) 打开两景 CCD1 影像，选择主菜单->File->Open Image File，打开 450_64.img 和 450_68.img 文件。
- (2) 单击主菜单->Map->Mosaicking->Georeferenced，打开 Map Based Mosaic 面板。
- (3) 在 Map Based Mosaic 面板上，单击 Import->Import Files，将两幅影像加载（按 Ctrl 或 Shift 键可多选）。
- (4) Map Based Mosaic 面板中，选择 450_68.img 右键选择 Raise to Top 将其放在上面的图像层。单

击右键，选择 Edit Entry，将这里的 Data Value to Ignore 设置为 0，镶嵌时忽略背景值。

- (5) 在 Map Based Mosaic 面板上中，选择 File->Apply，在 Mosaic 输出参数设置面板设置路径及文件名，单击 OK 执行镶嵌。
- (6) 在 Display 中浏览镶嵌结果，查看接边处及图像颜色，匹配度高。

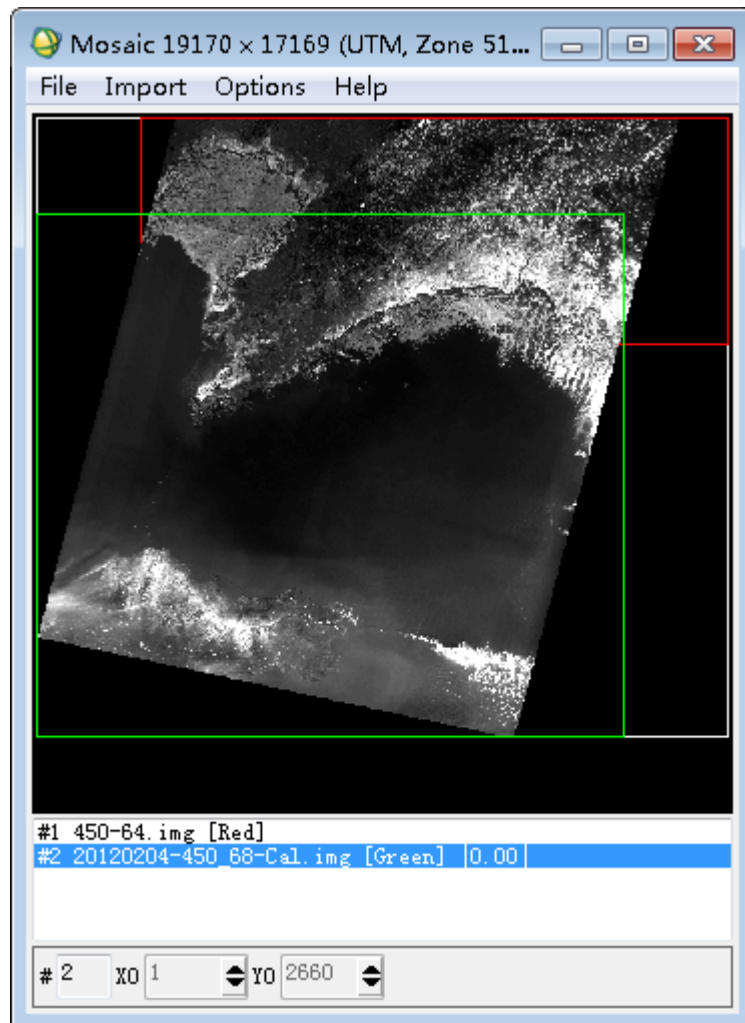


图 5 Map Based Mosaic 面板

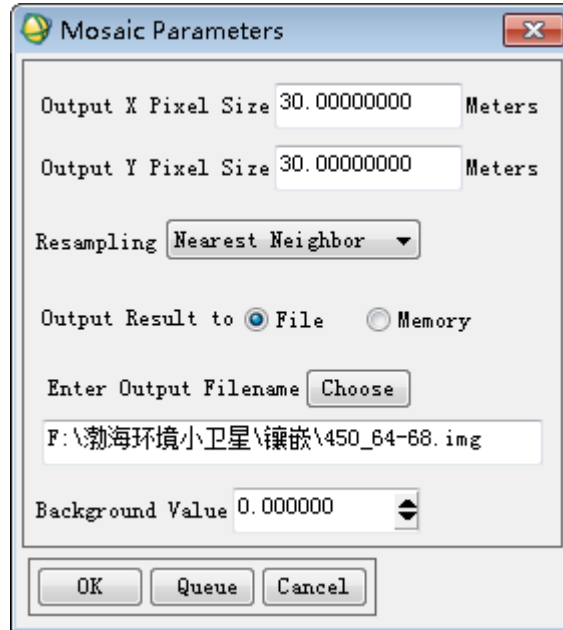


图 6 Mosaic 输出参数设置面板

同样的方法镶嵌 3 景 CCD2 数据。

三、CCD1、CCD2 图像配准

将上一步获得的两个镶嵌结果数据进行虚拟镶嵌，发现，接边处有偏差，下面进行两景影像的配准。

- (1) 打开基准影像 CCD1_455_64-68-72.img，待校正影像 CCD2_450_64-68.img，并显示在 Display 中
- (2) 主菜单 Map->Registration->Select GCPs : Image to Image 打开几何校正工具，
- (3) 在 Image to Image Registration 面板中，选择显示 CCD1 数据的影像 Display 为基准影像 (Base Image)，选择显示 CCD2 的数据的 Display 为待校正影像 (Warp Image)，单击 OK 进入选择地面控制点步骤，

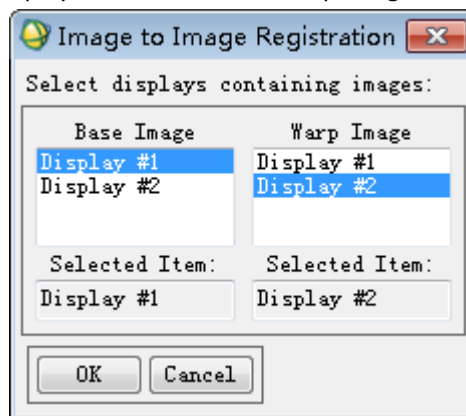


图 7 几何校正影像选择

- (4) 在两个 Display 中找到相同区域，在 Zoom 窗口中，点击左下角第三个按钮，将定位十字光标打开，将十字光标移到相同的点上，点击 Ground Control Points Selection 面板中的 Add Point 按钮，将当前找到的点加入控制点列表，
- (5) 用同样的方法找到其他的控制点，当选择控制点的数量达到 3 时，RMS Error 被自动计算，自动预测功能 Predict 可用，选择 Options->Auto Predict，打开自动预测功能，这是在 Base Image (TM) 上定位点，Warp Image (HJ) 上会自动预测区域，
- (6) 当选择一定数量的控制点后(至少 3 个)，我们可以利用自动找点功能，Options->Automatically Generate Points，选择一个匹配波段，这里选择 Band4 近红外波段，之后出现 Tie 点参数设置面板，这里设置 Tie 点的数量为 100，搜索窗口大小为 131，移动窗口大小为 11。其他选择默认参数。

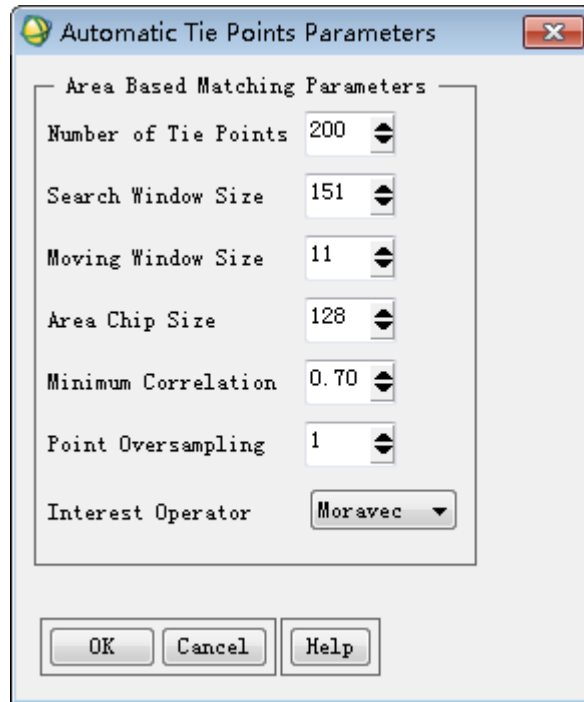


图 8 自动配准参数设置

- (7) 点击 Ground Control Points Selection 面板中的 Show list 按钮，可以看到所有控制点列表，选择 Image to Image GCP List 上的 Options->Order Points by Error，按照 RMS 值由高到低排序

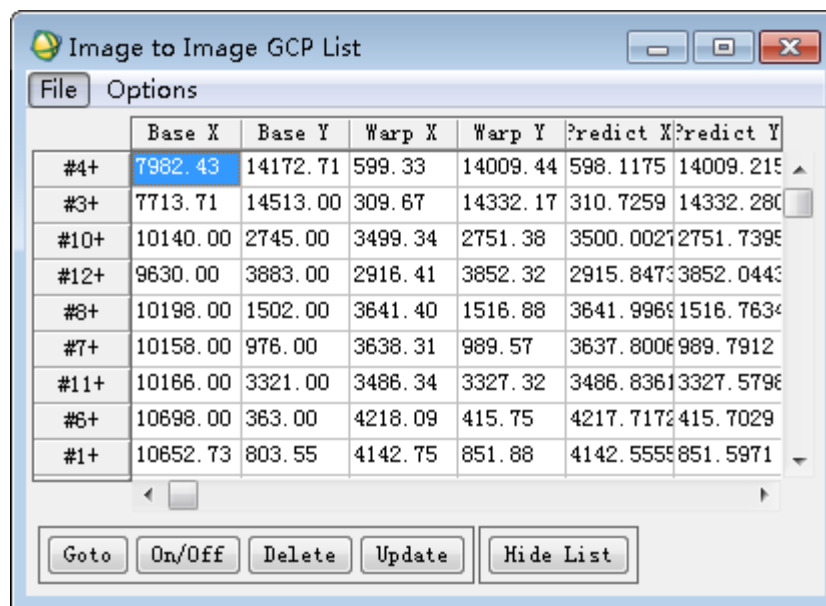


图 9 同名点列表

- (8) 对于 RMS 高的点，可以直接删除，选择此行，按 Delete 按钮；也可以在两个影像的 ZOOM 窗口上，将十字光标定位到正确的位置，再点击 Update 按钮进行微调，将水体中的点和边界上的点均删除，选择陆地上的道路交叉点等稳定性高的点作为同名点。
- (9) 调整控制点，直到总的 RMS Error 小于 1 个像素时（精度控制在 1 个像素），完成控制点的选择。点击 Ground Control Points Selection 上的 File->Save Coefficients to ASCII，保存控制点，

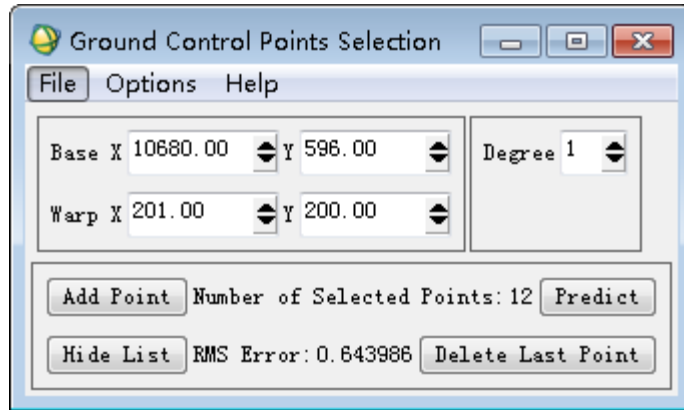


图 10 同名点误差显示

- (10) 在 Ground Control Points Selection 面板上, 选择 Options->Warp File (As Image Map) ..., 选择校正文件,
- (11) 在校正参数面板中, 投影参数按照默认,
- (12) 重采样方法选择 Nearest Neighbor,
- (13) 选择输出路径和文件名, 单击 OK 按钮

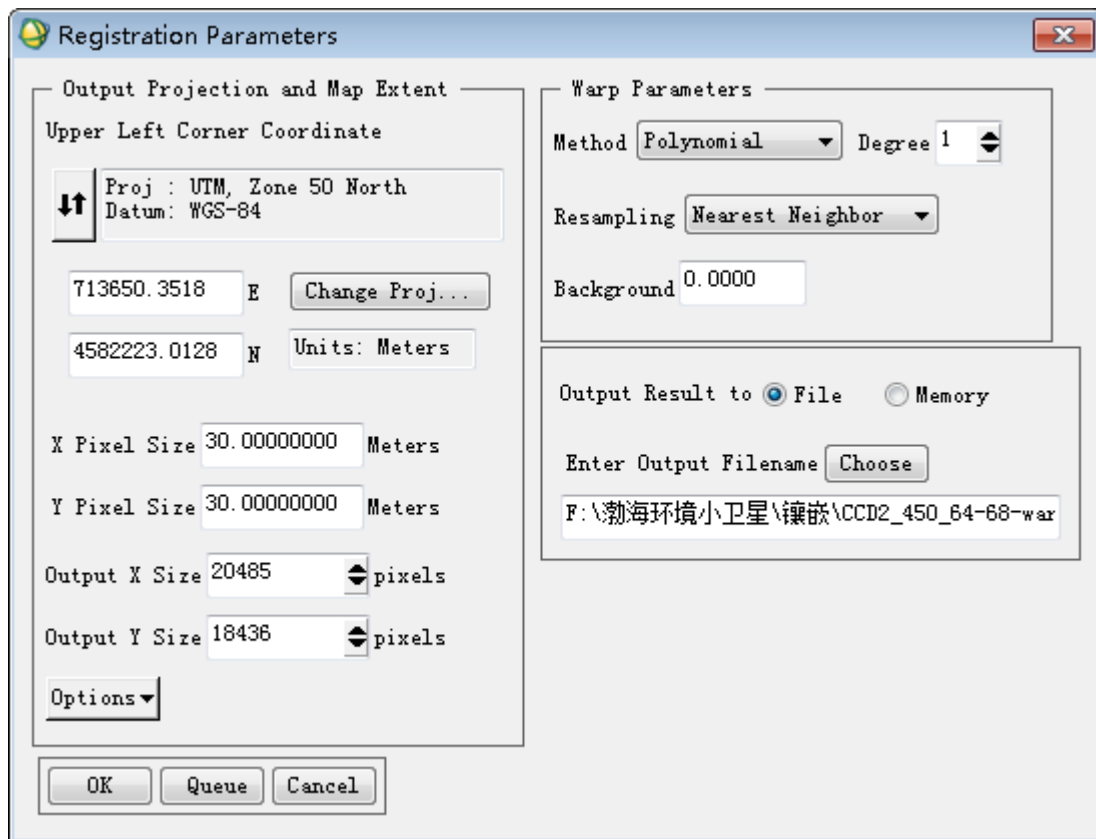


图 11 几何校正输出参数设置

- (14) 打开校正后的影像和基准影像, 在显示校正后影像的窗口中, 右键选择 Geographic Link 命令, 选择显示图像的两个窗口, 打开十字光标查看校正结果

四、配准后的两景数据镶嵌

- (1) 打开上一步配准之后的两景影像
- (2) 单击主菜单->Map->Mosaicking->Georeferenced, 打开 Map Based Mosaic 面板。
- (3) 在 Map Based Mosaic 面板上, 单击 Import->Import Files, 将两幅影像加载 (按 Ctrl 或 Shift 键可多选)。

- (4) Map Based Mosaic 面板中，选择 CCD1_455_64-68-72.img，右键选择 Raise to Top 将其放在上面的图像层。
- (5) 在 CCD1 图层上单击右键，选择 Edit Entry，将 Data Value to Ignore 设置为 0，镶嵌时忽略背景值，Color Balancing 设置为 Fixed，单击 OK；在 CCD2 的影像上单击右键，打开 Edit Entry，Data Value to Ignore 设置为 0，Color Balancing 设置为 Adjusted，单击 OK。
- (6) 在 Map Based Mosaic 面板上中，选择 File->Apply，在 Mosaic 输出参数设置面板设置路径及文件名，单击 OK 执行镶嵌。
- (7) 在 Display 中浏览镶嵌结果，查看接边处及图像颜色，匹配度高。

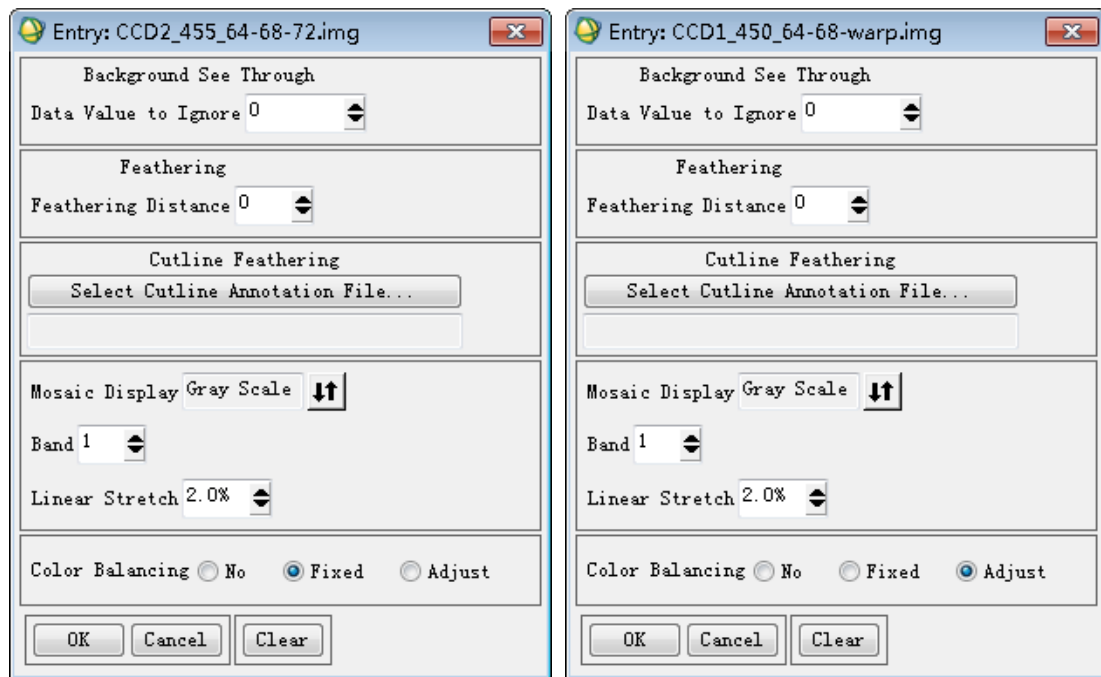


图 12 CCD1、CCD2 影像镶嵌参数设置

第四步，渤海监测区域裁剪

确定监测区域，可手工绘制感兴趣区域，将监测海域裁剪出来，也可用已有的海岸线矢量数据裁剪。本文用手工绘制感兴趣区裁剪，将冰情最严重的辽东湾区域裁剪出来，做为监测区。方法同第三步的第一小步，在此不做赘述。

数据预处理工作已经全部完成，下面介绍决策树分类的方法提取海冰信息。

3.2 海冰信息提取

从图上获取的海冰和海水的的光谱反射曲线，可知，在 CCD 的四个波段范围内，海冰的反射率远大于海水的光谱反射率，在红波段，相差近 5 倍。故利用环境小卫星 CCD 数据的光谱信息，可以进行海冰的信息提取。

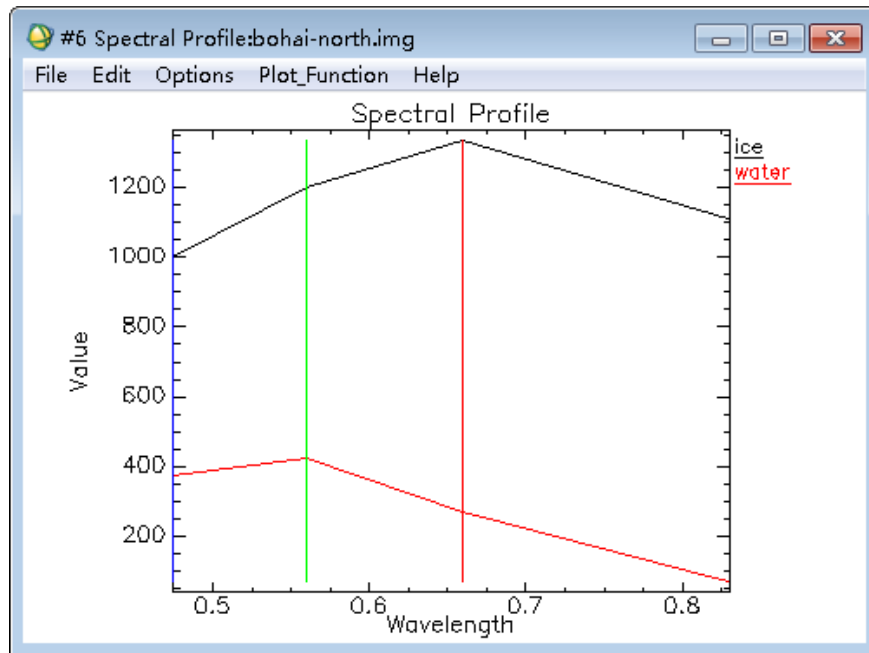


图 13 影像上获取的海冰、海水光谱曲线

通过目视解译，海面上的海冰，无论何种形态，在边缘轮廓上与海水都有很好的区分，对这种轮廓明显的地物，也可采用面向对象信息提取的方法来提取信息。

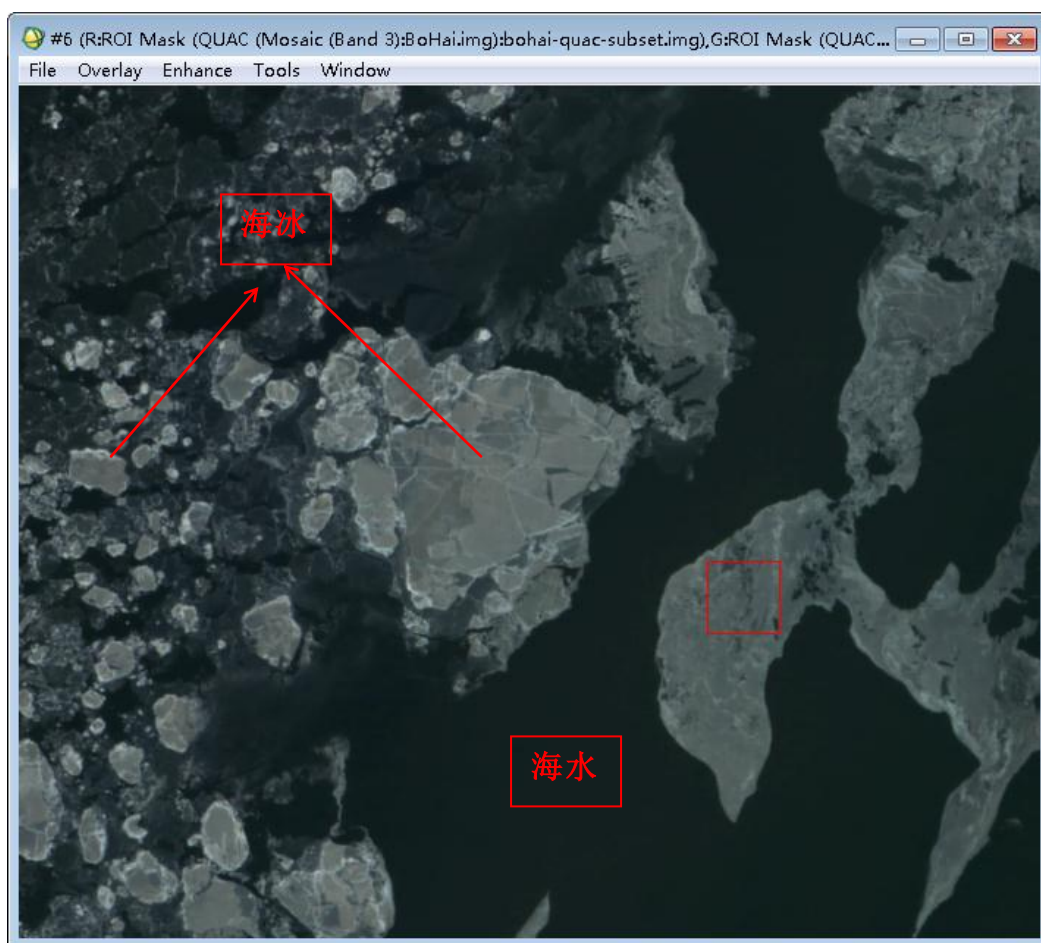


图 14 海水中的海冰

下面我们选择冰情最严重的辽东湾为监测区域，采用基于光谱信息的决策树分类法和面向对象的信息提

取法分别进行海冰信息提取。

3.2.1 专家知识决策树海冰信息提取

区域中含有多种类型的海冰，有固体冰和流冰，各种类型的冰在光谱上也有差异，分割阈值并不是单一的，故选择 CART 算法获取海冰分类规则，从而构建决策树进行海冰信息提取。这里使用的 CART 扩展工具，下载地址：<http://bbs.esrichina-bj.cn/ESRI/thread-44349-1-1.html>。

第一步，将解压后的决策树自动阈值分类的三个.exe 文件和一个.sav 文件拷贝到 ENVI 安装目录下的 Save Add 文件夹内，重新启动 ENVI；

第二步，打开监测区影像，选择样本。

- (1) 在主图像窗口，选择 Overlay->Region of Interest，打开 ROI 面板，点击 New Region，默认的是在 Image 窗口绘制多边形感兴趣区，分别绘制海冰、海水、岛屿、背景的兴趣区域。

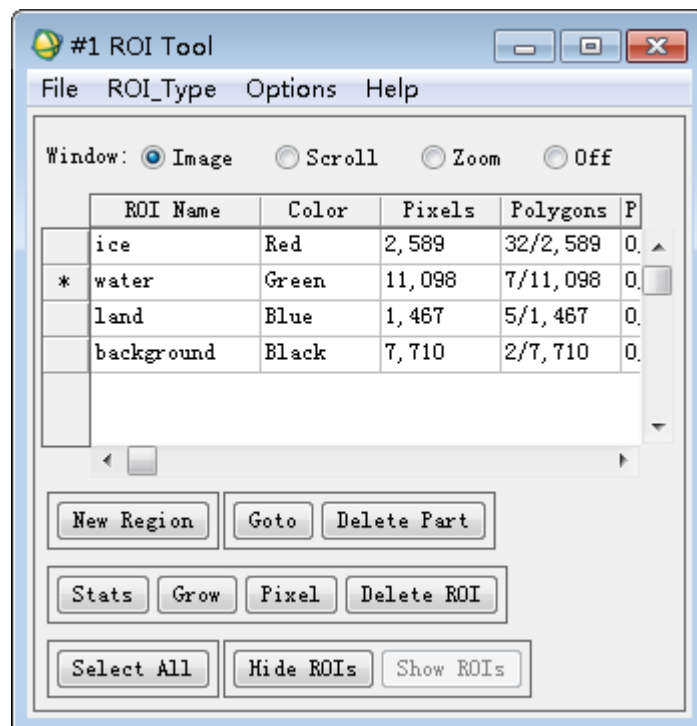


图 15 选择样本

- (2) 在 ROIs 面板中，选择 Option->Compute ROI Separability，在 Select Input File for ROI Separability 面板选择研究区影像，选择海冰、海水、陆地三类样本 ROI，点击 OK。计算结果各个样本类型之间的可分离性，用 Jeffries-Matusita, Transformed Divergence 参数表示，这两个参数的值在 0~2.0 之间，大于 1.9 说明样本之间可分离性好，属于合格样本；小于 1.8，需要重新选择样本；小于 1，考虑将两类样本合成一类样本。

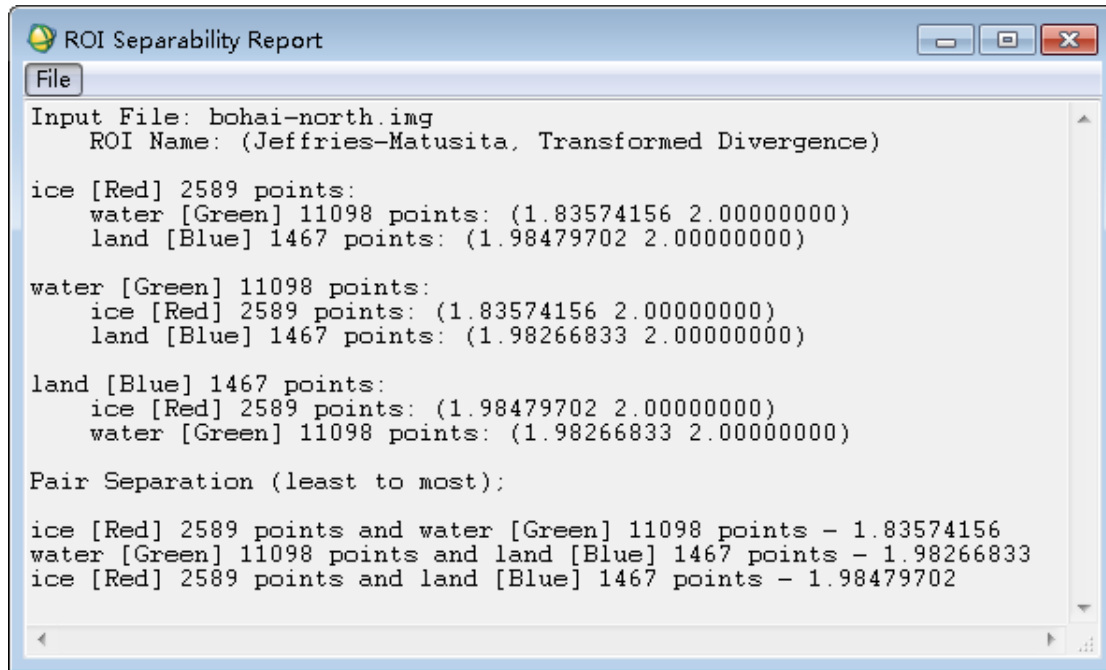


图 16 样本可分离性

第三步，构建决策树

- (1) 在主菜单中，选择 Classification->Decision Tree->RuleGen->Classifier，在文件对话框中，选择监测区影像文件。单击 OK 打开 RuleGen-Classifer 面板。
- (2) 在 RuleGen-Classifer 面板中，选择决策树输出路径及文件名 (.txt)。其他按照默认设置，单击 OK 执行决策树构建。

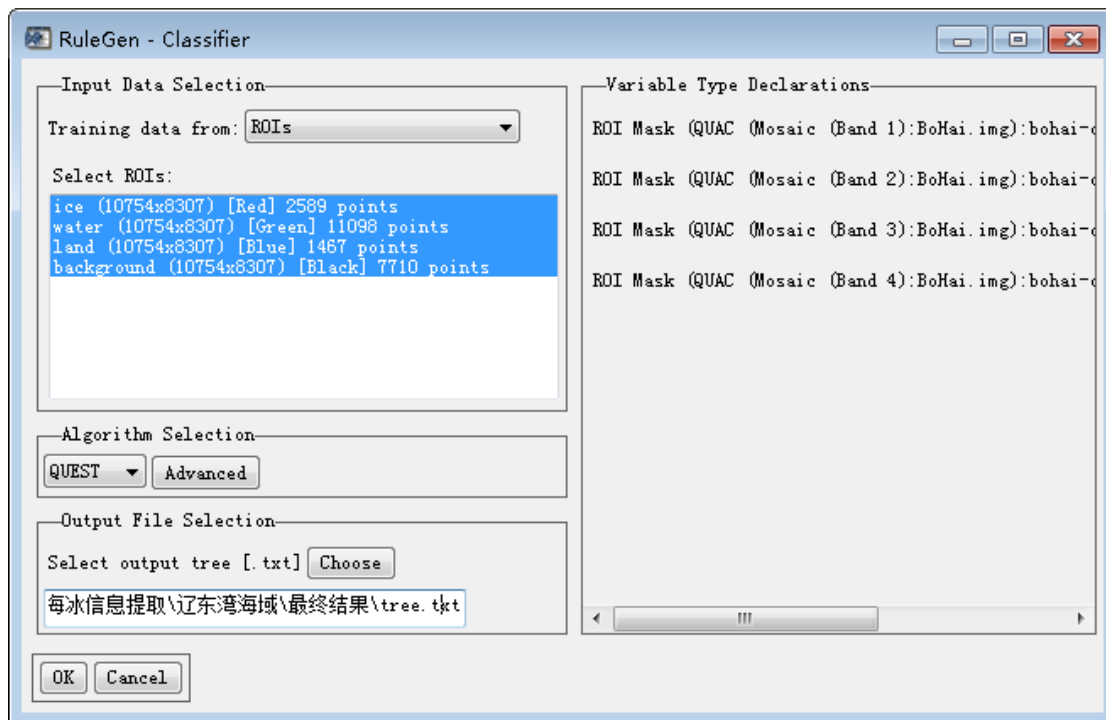


图 17 RuleGen-Classifer 面板

说明：构建时间会根据样本质量以及数据有所不同。执行这个过程后，由于这个补丁是基于 ENVI4.5 之前的版本设计的，会自动关闭 ENVI，但是不影响生成结果。

第四步，执行决策树分类

- (1) 重新启动 ENVI。
- (2) 在主菜单中，选择 Classification-> Decision Tree->Edit Existing Decision Tree，打开第三步生成的决策树文件（tree.txt）。
- (3) 在 ENVI Decision Tree 面板中，显示构建的决策树。

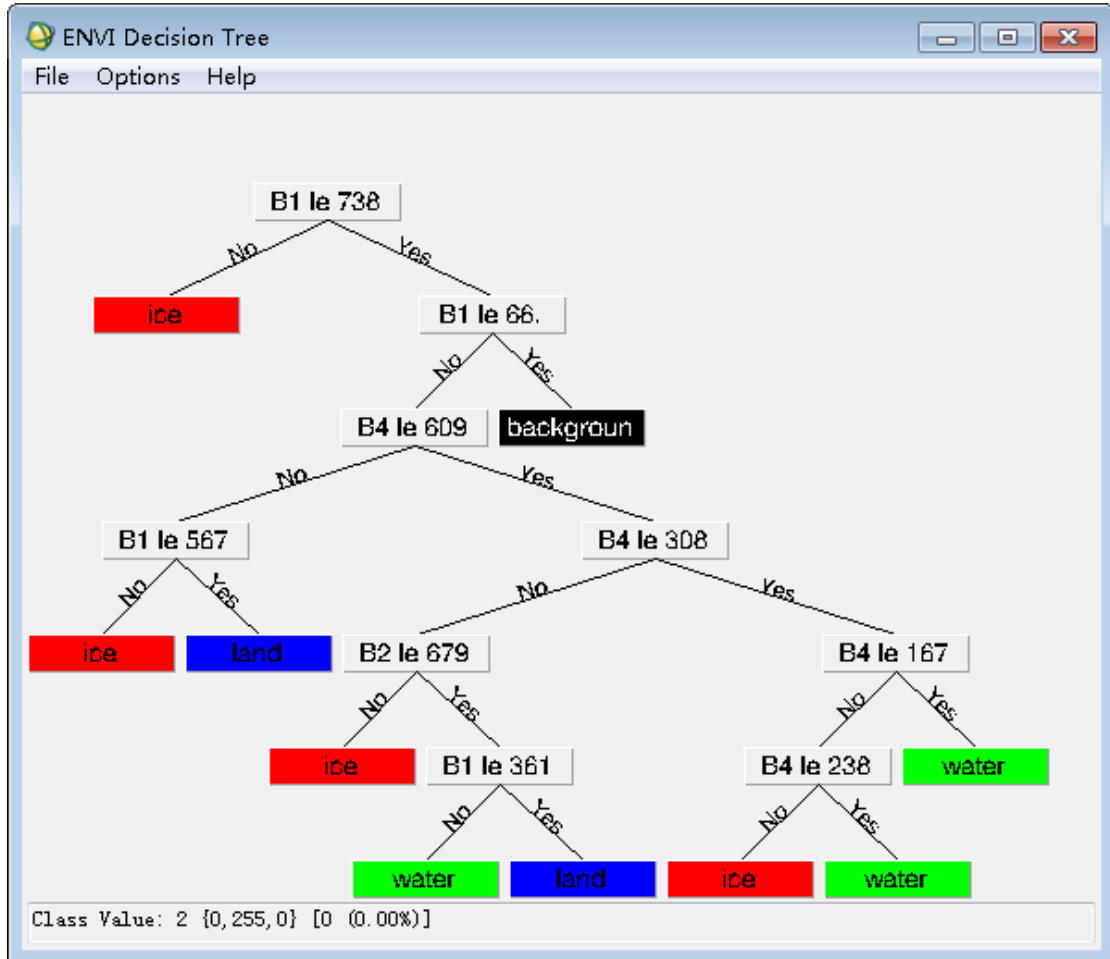


图 18 ENVI Decision Tree 面板

- (4) 选择 Options->Execute，选择相应的输出路径及文件名，执行决策树。
- (5) 在主影像中点击 Overlay->Classification，在 Interactive class tools 面板上，勾选海冰类，查看海冰信息提取的结果。

在监测区域范围内，海冰面积达到 16381.958 平方公里。

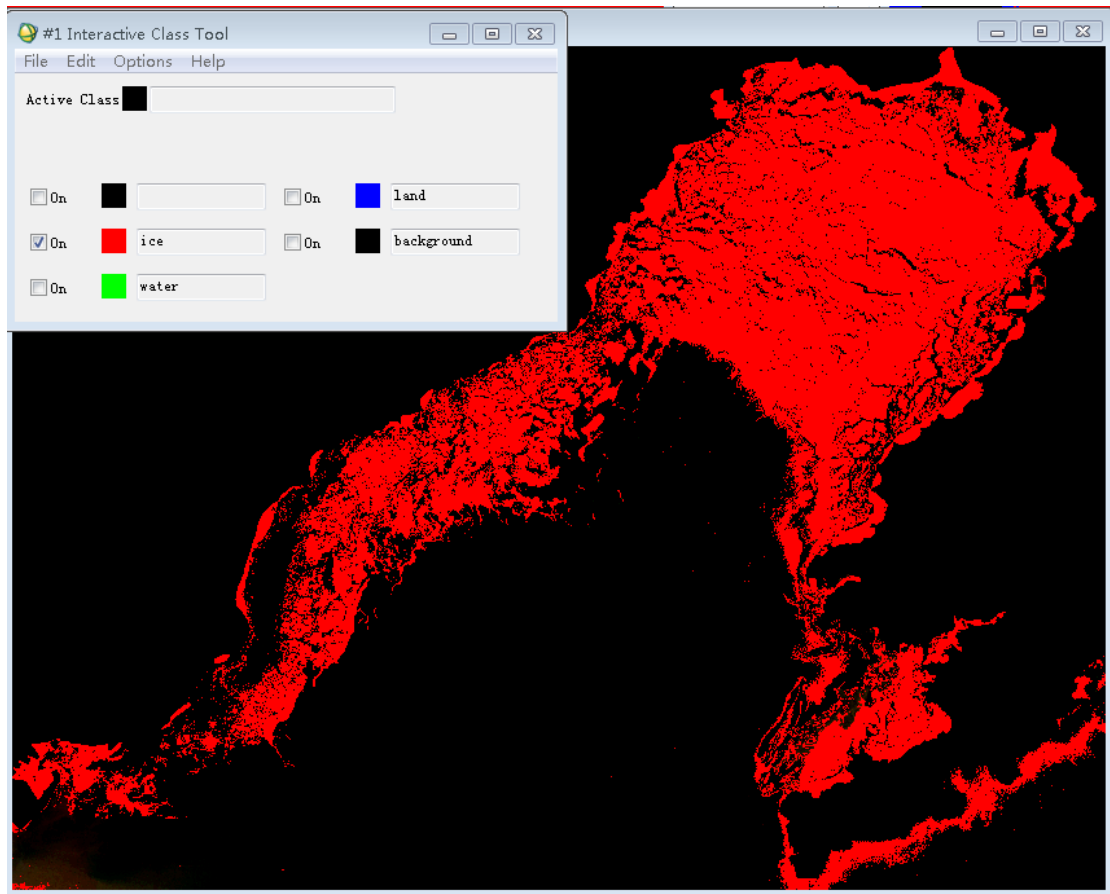


图 19 构建决策树提取海冰结果


3.2.2 面向对象的海冰信息提取

下面介绍用面向对象的方法提取海冰信息的过程。

第一步，发现对象

- (1) 在 ENVI EX 中打开监测海域的数据和掩膜数据文件，liaodongwan.img 和 liaodongwan-mask.img。
- (2) 在 Workflows 中，双击 Feature Extraction 工具。在文件选择框中选择 liaodongwan.img，单击 Select Additional Files，单击 Mask File 的图标，选择 liaodongwan-mask.img 文件，单击 OK。同时打开 Feature Extraction 工具的工作面板。
- (3) 在 Scale Level 项中，通过滑块或者手动输入一个分割阈值，阈值范围为 0~100，默认是 50，值越小分割的块越多，将 Preview 前的复选框打上勾随时预览分割效果图。这里设置分割阈值为 30，通过预览可以每个海冰的板块都被分割出来了，单击 Next 进入下一步。
- (4) 在 Merge Level 项中，通过滑块或者手动输入一个合并阈值，阈值范围为 0~100，默认是 0，值越大被合并的块越多。通过效果预览，这里设置阈值为 95。单击 Next 进入下一步。
- (5) 这一步选择默认参数单击 Next 进入下一步。
- (6) 在 Compute Attributes 选项中，提取海冰用到的是光谱属性，在此去掉空间 (Spatial)、纹理 (Texture) 两类属性；切换高级选项 (Advanced)，去掉颜色空间 (Color Space) 属性和波段比 (Band Ratio) 属性，以提高属性计算的效率。
- (7) 单击 Next 按钮执行对象属性计算。
- (8) 计算完毕自动进入特征提取 (Extract features) 选项，选择规则分类 (Classify by creating rules)，单击 Next 按钮进入规则分类界面。

第二步，提取对象

- (1) 在规则分类界面中，双击 **Feature_1** 图标，修改 **Feature Name**：海冰。
- (2) 双击  **rule [weight:1.00]** 打开对象属性选择面板，之后双击 **Spectral**→**avgband_4** 属性，**Fuzzy Tolerance** 设置默认，勾选 **Show Rule Confidence Image** 预览结果，设置阈值为 **>270.6737**，单击 **OK** 按钮。

说明：一般情况下，海水反射率均匀，只需近红外波段这一个阈值即可提取海冰，但此例中，由于不同 CCD 存在色差，海水在近红外波段的反射率，**CCD2** 低于 **CCD1**，故为了区分出海域，先以近红外波段的阈值保证 **CCD2** 区域的海水被区分出去。**CCD1** 数据区域的海冰和海水还需要进一步区分。打开 **ENVI**，收集两个数据区域海水的光谱曲线如下图所示，蓝色波段可将 **CCD1** 区域的海冰区分出来。

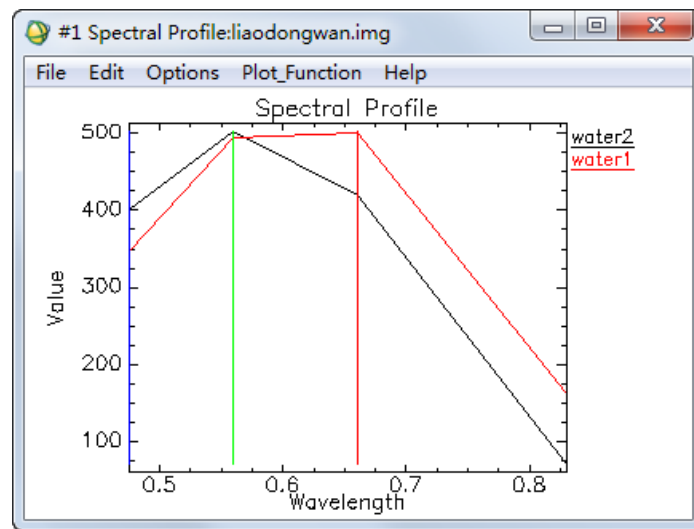


图 20 不同 CCD 影像的海水光谱差异



- (3) 双击  **rule [weight:1.00]** 打开对象属性选择面板，之后双击 **Spectral**→**avgband_1** 属性，**Fuzzy Tolerance** 设置默认，勾选 **Show Rule Confidence Image** 预览结果，设置阈值为 **<546.2263**，单击 **OK** 按钮。
- (4) 勾选 **Preview**，在窗口中预览最终结果。
- (5) 单击  按钮保存规则文件为：**ice.xml**。
- (6) 单击 **Next** 按钮到结果输出面板，选择 **Shapefile** 矢量结果输出路径，可以看到最终提取的海冰矢量结果。面积为 **15243.832** 平方公里。



图 21 面向对象的海冰信息提取结果

4 总结

本文分别用基于像素的决策树分类方法和面向对象的信息提取方法，对 2012 年 2 月 4 日辽东湾海域的海冰发生情况进行了监测，监测结果表明，辽东湾近 40% 的海域被海冰覆盖。

决策树方法提取出的海冰面积为 16381.958 平方公里，面向对象法提取的海冰面积为 15243.831 平方公里。决策树分类的方法提取的海冰信息离散，需要进行分类后处理去除非海冰像元，其结果的准确性与样本质量有直接的关系，受人为影响较大；面向对象的方法所提取的海冰信息，以成片的海冰斑块为单位，过程中阈值的设置更为灵活，可实时查看提取效果，提取结果可直接输出矢量文件。通过目视解译对不同方法所提取的海冰结果进行对比，面向对象信息提取的方法提取的海冰信息更为准确，流程化操作性强，便于业务化应用。