

بسمه تعالی



دانشگاه تهران

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی

گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل

عنوان پروژه: طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش نظارت‌شده (Supervised Classification)

درس: ابزارهای نوین در دریافت و تحلیل تصاویر ابرطیفی

استاد درس: دکتر پرویز فاتحی

دانشجو: سخیداد حسینی

سال تحصیلی: ۱۴۰۵

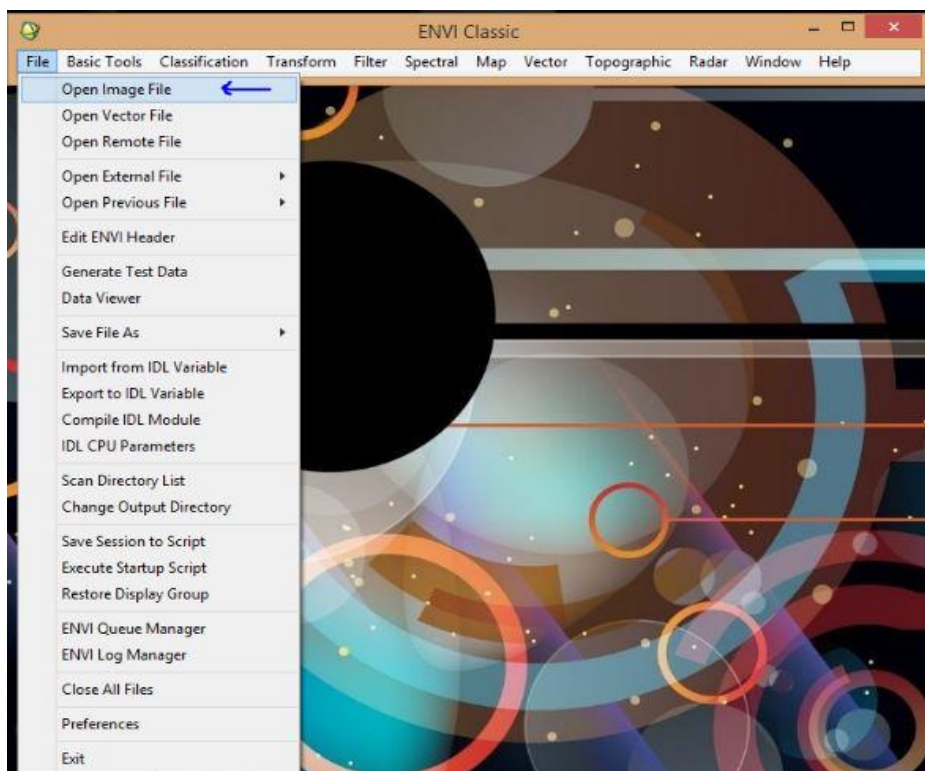
مقدمه

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین مراحل استخراج اطلاعات است که با هدف شناسایی و تفکیک پدیده‌های مختلف سطح زمین مانند پوشش گیاهی، مناطق شهری، منابع آبی و اراضی بایر انجام می‌شود. در این فرآیند، هر پیکسل تصویر بر اساس ویژگی‌های طیفی خود به یکی از کلاس‌های از پیش تعریف‌شده اختصاص می‌یابد. طبقه‌بندی تصاویر به دو دسته کلی نظارت‌شده (Supervised Classification) و نظارت‌نشده (Unsupervised Classification) تقسیم می‌شود. طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای، فرایندی است که در آن با استفاده از نمونه‌های تعلیمی هر پیکسل تصویر به یکی از کلاس‌های پوشش زمین (آب، کشاورزی، شهری و غیره) نسبت داده می‌شود. در این پروژه، سه روش نظارت‌شده شامل متوازی‌الاضلاع (مبتنی بر محدوددهی مقداری هر باند)، حداقل فاصله (مبتنی بر فاصله‌ی اقلیدسی از میانگین کلاس‌ها) و حداکثر شباهت (مبتنی بر احتمال توزیع نرمال با در نظر گرفتن کوواریانس کلاس‌ها) پیاده‌سازی و مقایسه می‌شوند. ارزیابی نتایج به دو صورت چشمی (بررسی تطابق بصری نقشه‌ها با تصویر اصلی) و کمی (محاسبه‌ی دقت کلی) انجام خواهد گرفت تا عملکرد هر روش در شرایط یکسان مورد سنجش قرار گیرد.

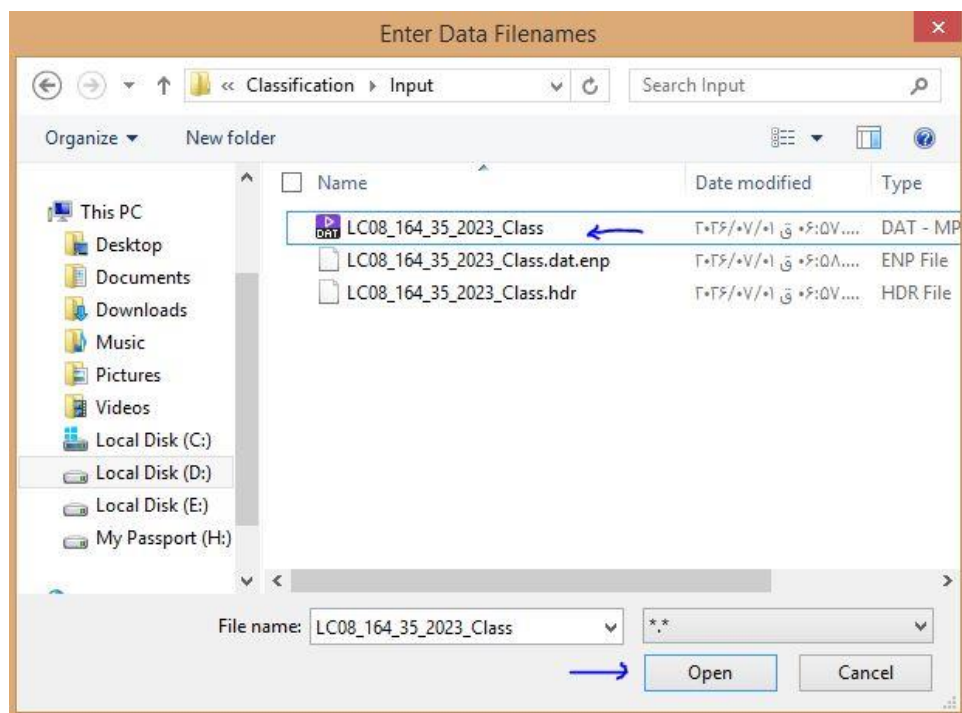
مراحل روش کار

مرحله ۱: در مرحله اول باید تصویر محدوده مطالعاتی خود را فراخوانی کنیم. تصویر ما مربوط به لندست ۸ با شماره گذر ۱۶۴ و شماره ردیف ۳۵ می‌باشد و منطقه‌ای در شمال کشور ایران است. به روش زیر تصویر ماهواره‌ای را فراخوانی می‌کنیم:

File > Open Image File

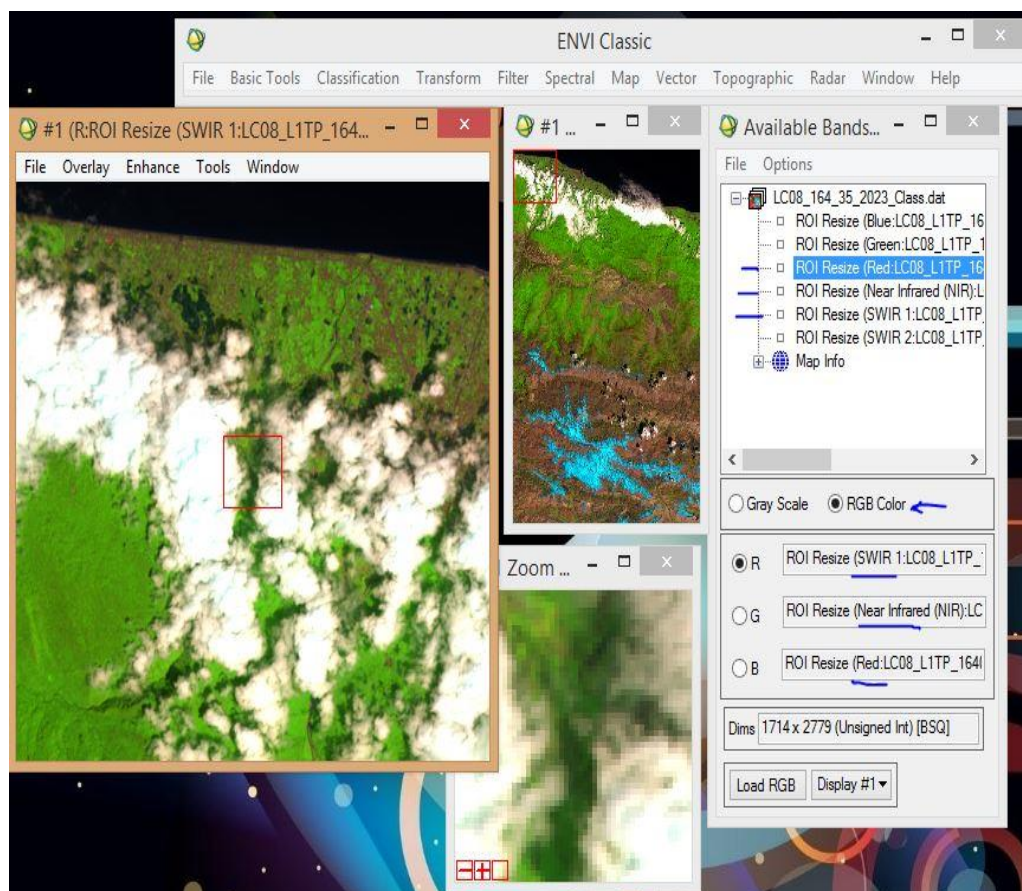


شکل ۱. فراخوانی تصویر ماهواره‌ای محدوده مطالعاتی



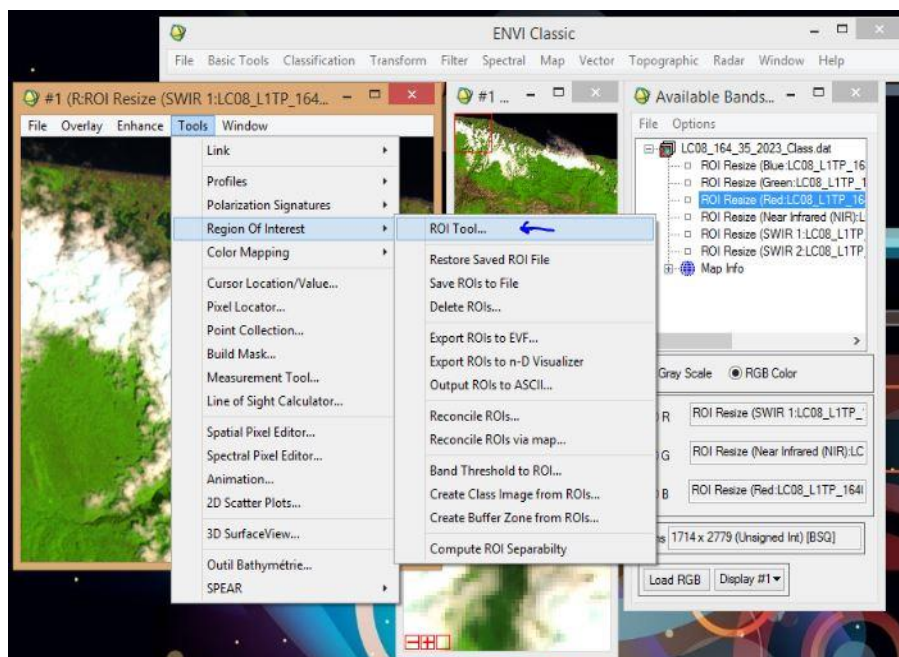
شکل ۲. فایل تصویر محدوده مطالعاتی

سپس تصویر را به ترتیب با ترکیب باندهای SWIR1، NIR و Red نمایش می‌دهیم.

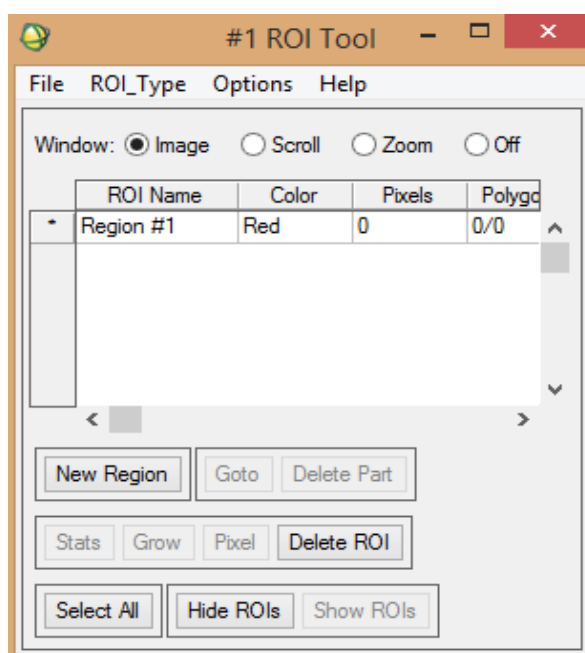


شکل ۳. نمایش تصویر محدوده مطالعاتی با ترکیب رنگی مجازی واقعی

مرحله ۲: در این مرحله تعداد کلاس‌ها را برای طبقه‌بندی تصویر مشخص می‌کنیم. در این پروژه کلاس‌های پوشش گیاهی، آب، خاک، برف و ابر را برای طبقه‌بندی انتخاب کردیم. سپس باید نمونه‌های تعلیمی را برای هر کدام از کلاس‌ها تعریف کنیم. بنابراین در بخش Tool پنجره تصویر، گزینه Region of Interest و سپس Tools ROI را انتخاب می‌کنیم تا پنجره ROI Tool باز شود.

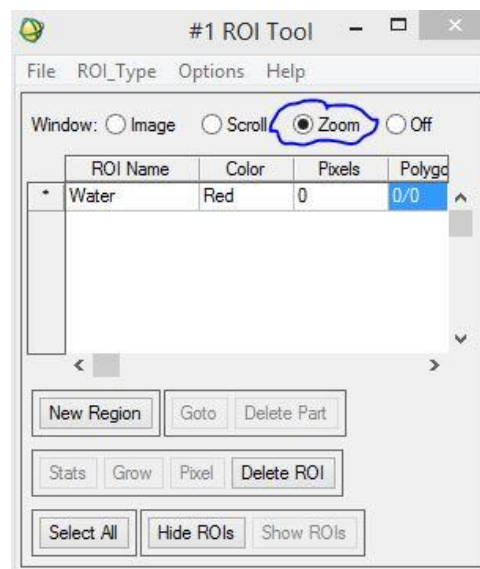


شکل ۴. تعریف نمونه‌های تعلیمی



شکل ۵. کادر نمونه‌های تعلیمی

ابتدا پدیده آب را به عنوان اولین نمونه تعلیمی تعریف می کنیم. بدین منظور در بخش بالای پنجره فوق گزینه Zoom را انتخاب می کنیم.



شکل ۶. تنظیمات اولیه ROI Tool

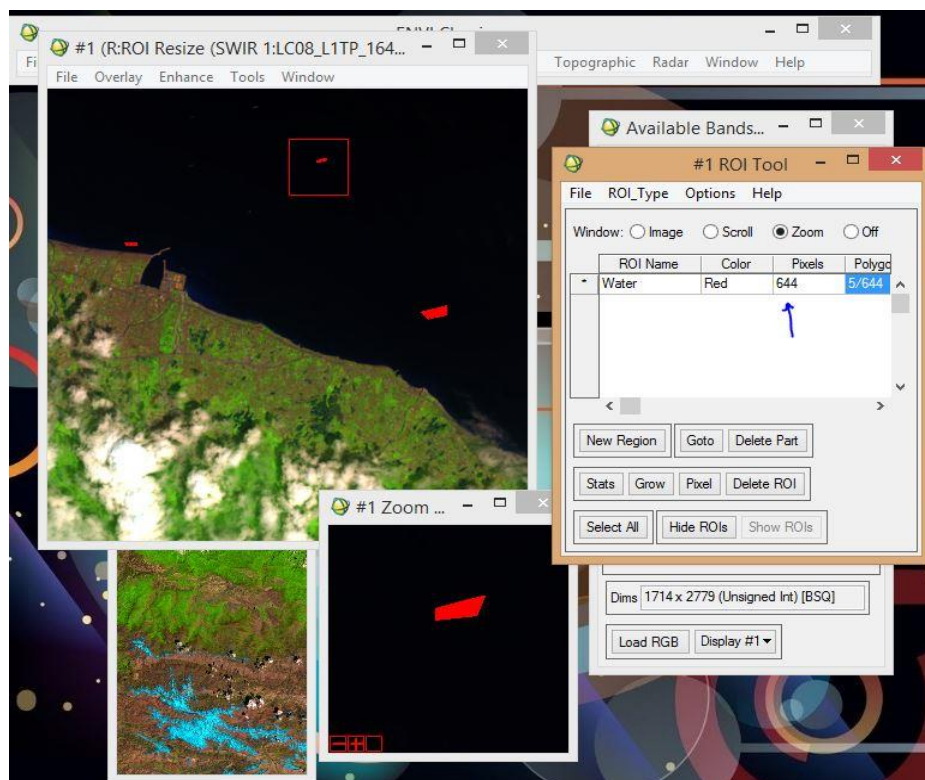
همچنین از قسمت ROI_Type گزینه Multi Part: On را انتخاب می کنیم تا به صورت چند پلیگونی پیکسل های آب را انتخاب کنیم.



شکل ۷. تنظیمات اولیه ROI Tool

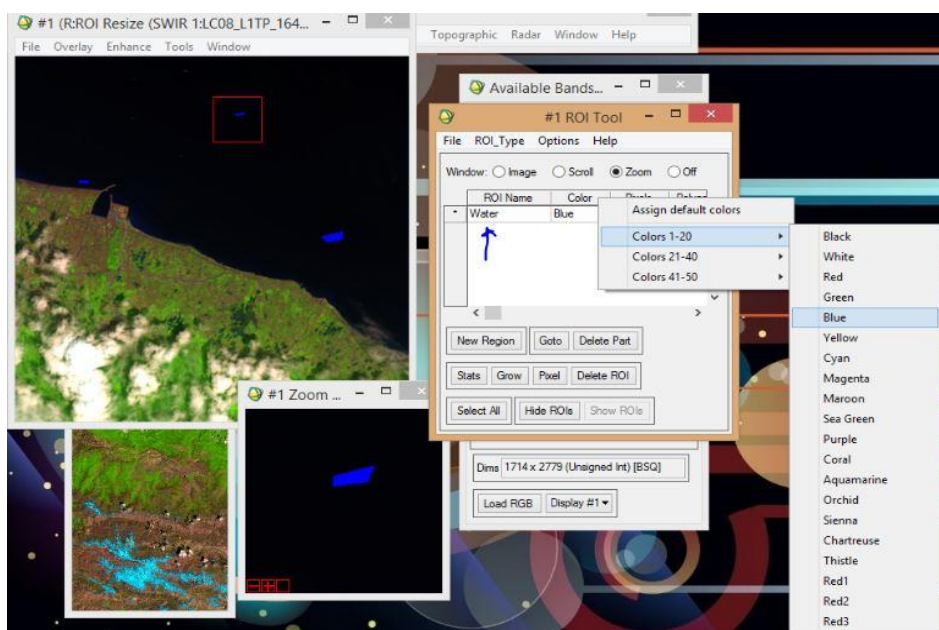
سپس در پنجره کوچک که تصویر را به صورت زوم شده نشان می دهد، مکان نمای موس را بر روی پیکسل های آب قرار می دهیم. چند پلیگون را بر روی پیکسل های آب ترسیم می کنیم. باید دقت کنیم که درون پلیگون های ترسیم شده فقط پیکسل های آب باشد. زمانی که به پایان ترسیم هر پلیگون میرسیم با موس دو بار کلیک راست می کنیم تا پلیگون کاملاً با رنگ قرمز تو پر شود. تعداد ۵ نمونه تعلیمی را از پیکسل های آب برداشت می کنیم.

با توجه به شکل ۸، تعداد ۶۴۴ پیکسل از آب را به عنوان نمونه تعلیمی انتخاب کردیم.



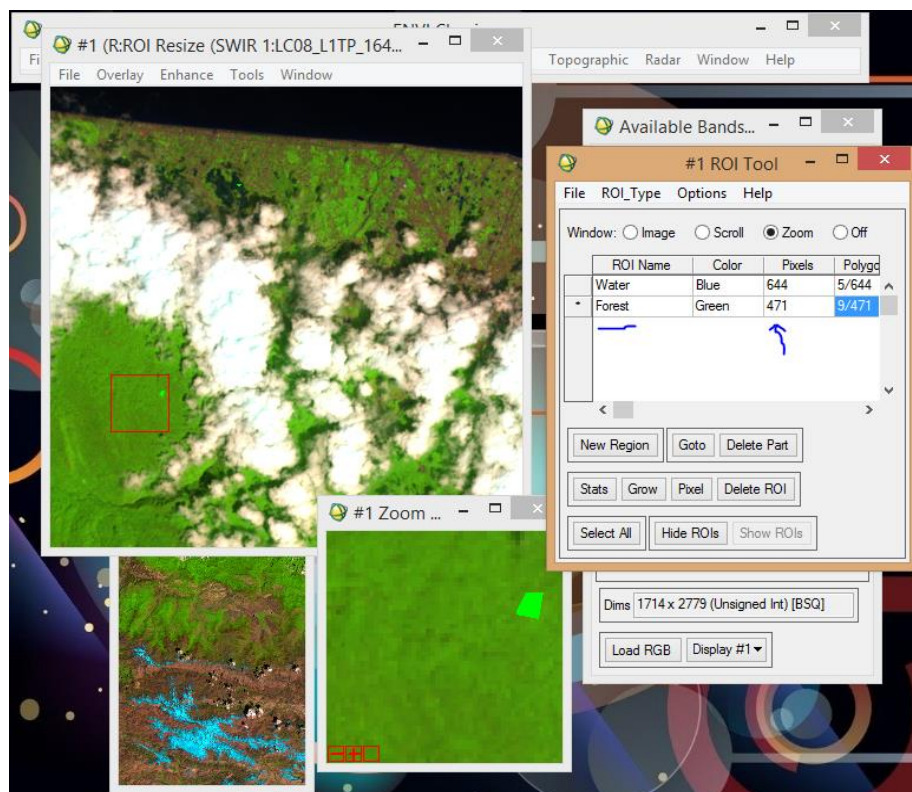
شکل ۸. تعداد ۶۴۴ پیکسل نمونه تعلیمی از آب

در ادامه بر روی واژه Color کلیک راست می‌کنیم و همانند شکل ۹ رنگ پولیگون را به آبی تغییر می‌دهیم. همچنین در بخش ROI Name نام نمونه‌های تعلیمی را Water می‌نویسیم.



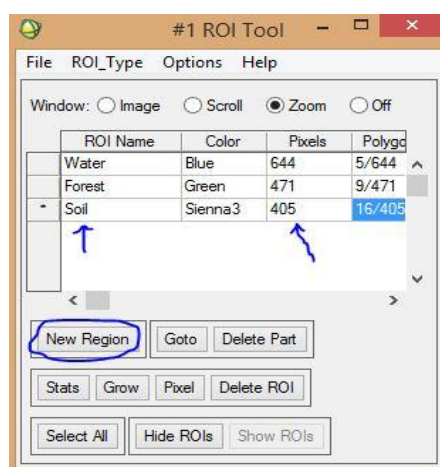
شکل ۹. تغییر رنگ نمونه‌های تعلیمی از قرمز به آبی

در مرحله بعد نمونه تعلیمی برای پوشش جنگل تعریف می‌کنیم. بنابراین در پنجره ROI Tool گزینه New Region را می‌زنیم. نام این کلاسه را Forest می‌نویسیم و رنگ آن را سبز انتخاب می‌کنیم. سپس مکان‌نمای موس را روی پیکسل‌های جنگل قرار داده و نمونه‌های تعلیمی آن را ترسیم می‌کنیم.

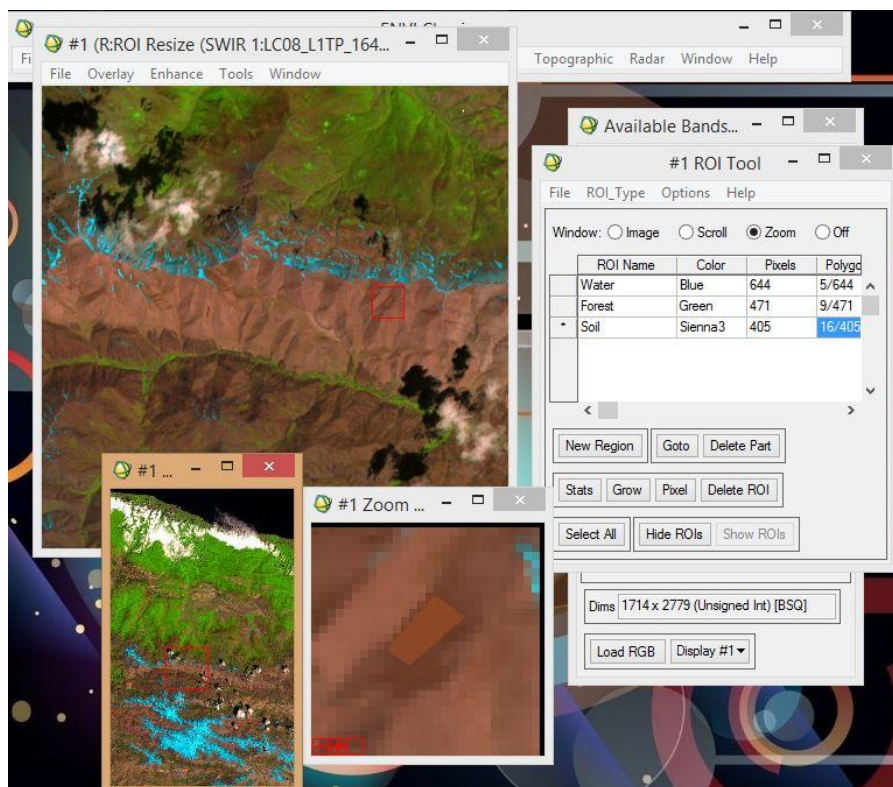


شکل ۱۰. تعداد ۴۷۱ پیکسل نمونه تعلیمی از جنگل

در ادامه نمونه تعلیمی برای خاک تعریف می‌کنیم. بنابراین در پنجره ROI Tool گزینه New Region را می‌زنیم. نام این کلاسه را Soil می‌نویسیم و رنگ آن را قهوه‌ای انتخاب می‌کنیم. سپس مکان‌نمای موس را روی پیکسل‌های خاک قرار داده و نمونه‌های تعلیمی آن را ترسیم می‌کنیم.

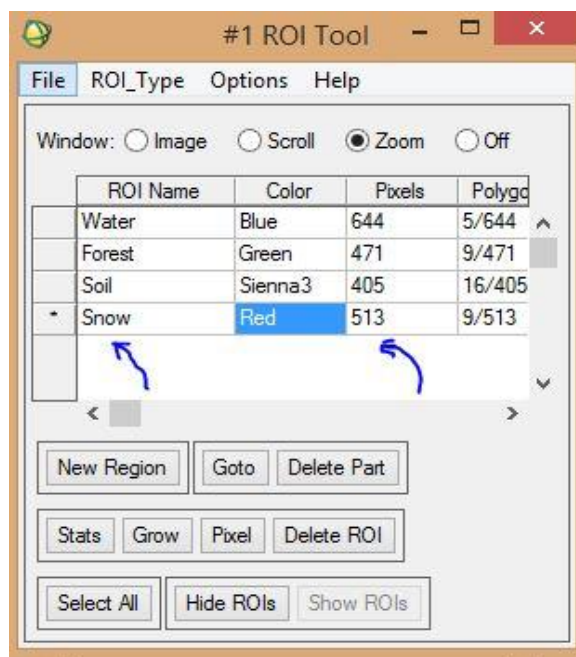


شکل ۱۱. نمونه‌های تعلیمی برداشت شده

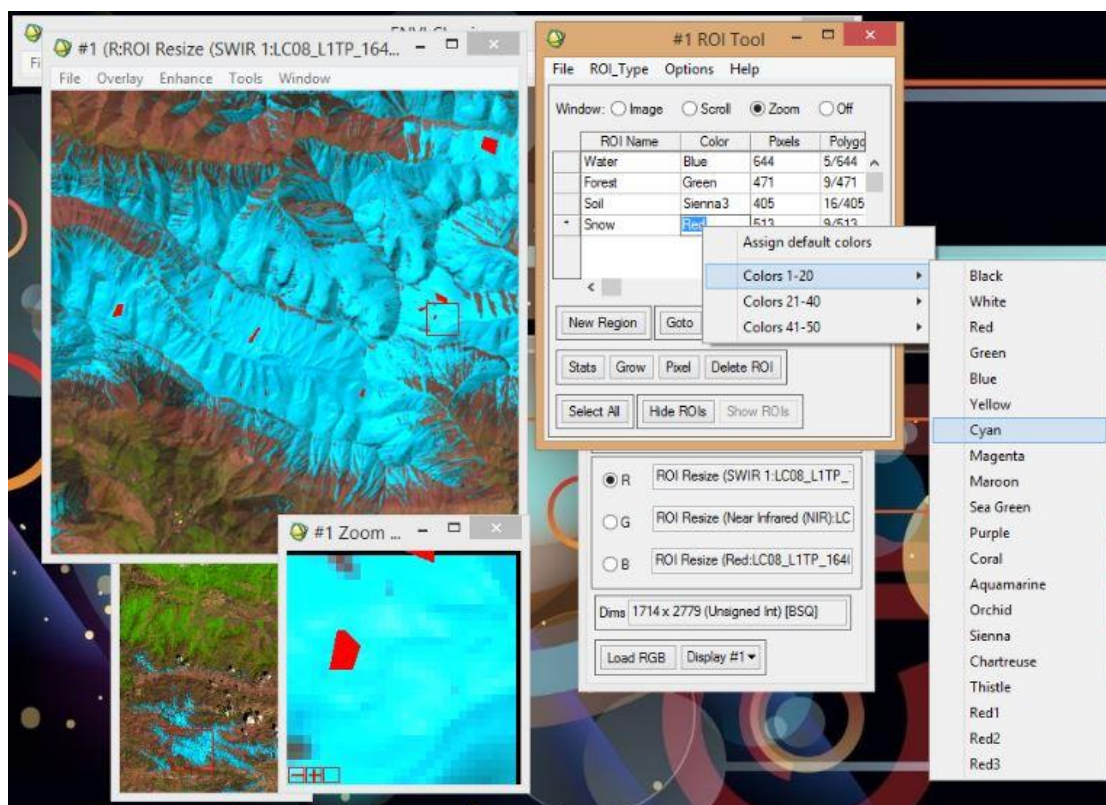


شکل ۱۲. تعداد ۴۰۵ پیکسل نمونه تعلیمی از خاک

سپس در پنجره ROI Tool گزینه New Region را می‌زنیم و نام کلاسه را Snow (برف) می‌نویسیم و رنگ آن را فیروزه‌ای (Cyan) انتخاب می‌کنیم. سپس مکان‌نمای موس را روی پیکسل‌های برف قرار داده و نمونه‌های تعلیمی آن را ترسیم می‌کنیم.

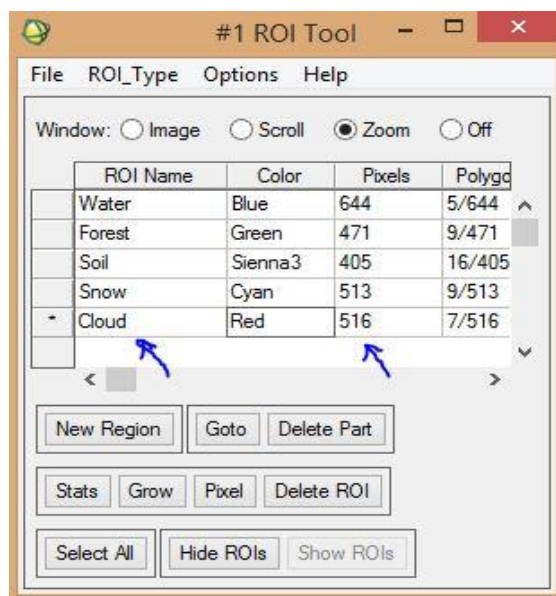


شکل ۱۳. نمونه‌های تعلیمی برداشت شده برف

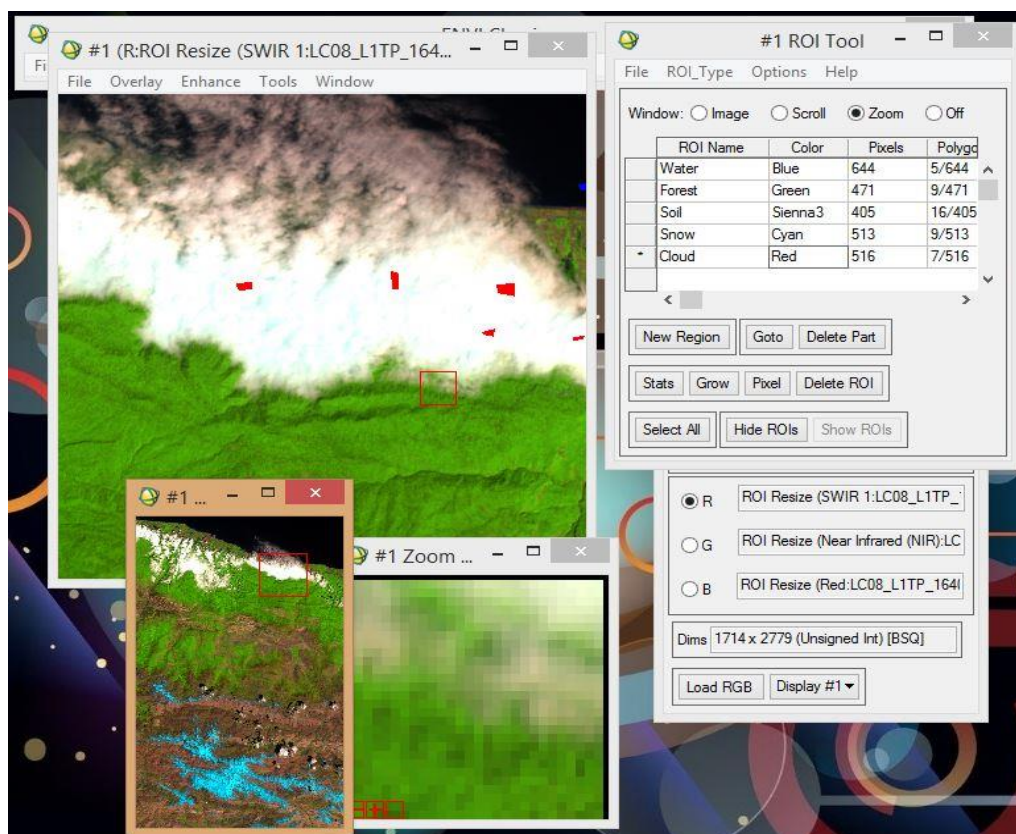


شکل ۱۴. تعداد ۵۱۳ پیکسل نمونه تعلیمی از برف

مجدداً در پنجره ROI Tool گزینه New Region را می‌زنیم و این بار نام کلاسه را Cloud (ابر) می‌نویسیم و رنگ آن را سفید (White) انتخاب می‌کنیم. سپس مکان‌نمای موس را روی پیکسل‌های ابر قرار داده و نمونه‌های تعلیمی آن را ترسیم می‌کنیم.

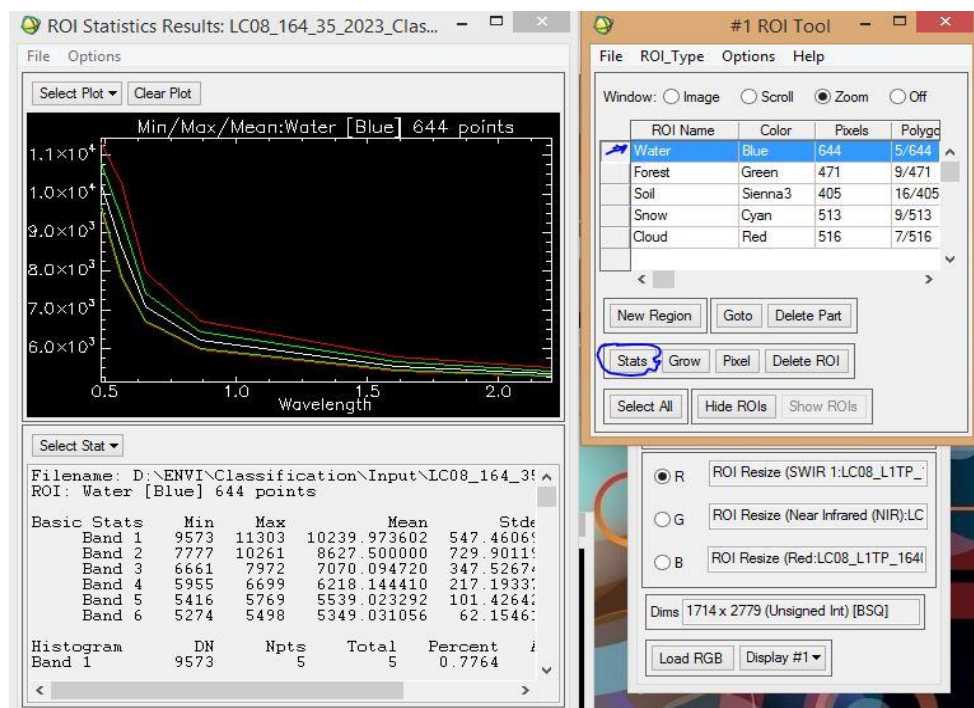


شکل ۱۵. نمونه‌های تعلیمی برداشت شده ابر

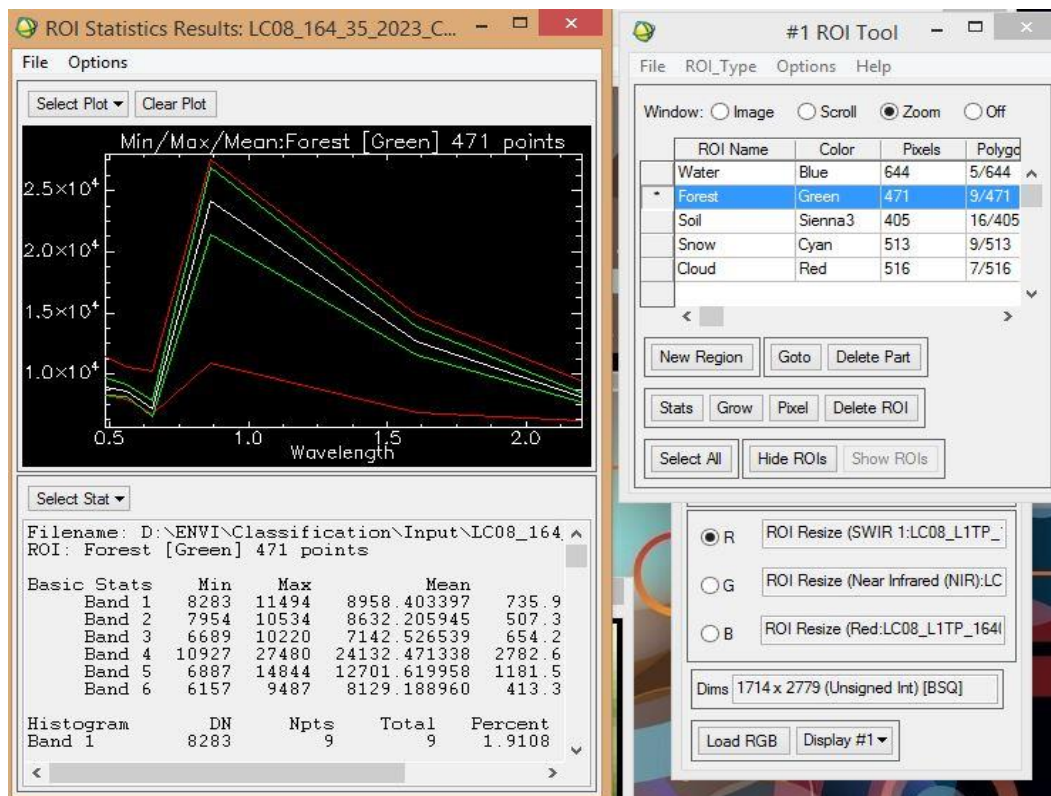


شکل ۱۶. تعداد ۵۱۶ پیکسل نمونه تعلیمی از ابر

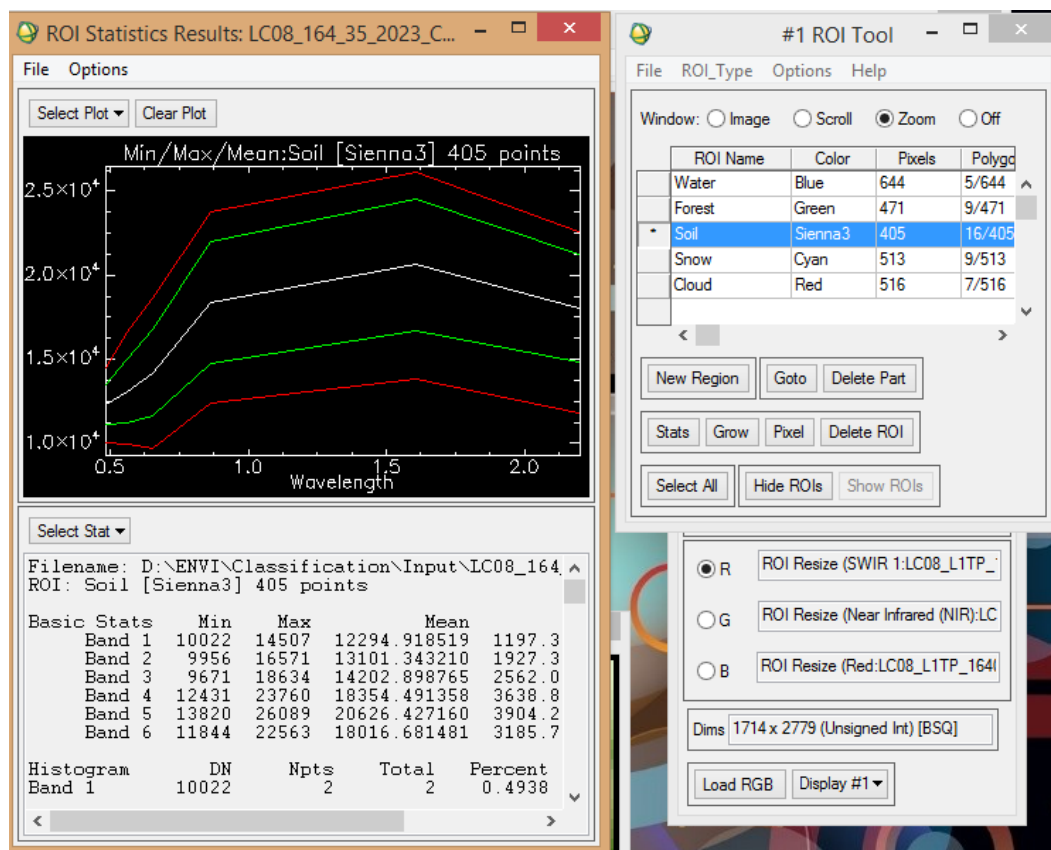
برای اینکه نمودار طیفی هر کدام از کلاسه‌ها را ببینیم، در پنجره ROI tool کلاسه مربوطه را انتخاب و گزینه Stats را می‌زنیم تا نمودار طیفی کلاسه نمایش داده شود.



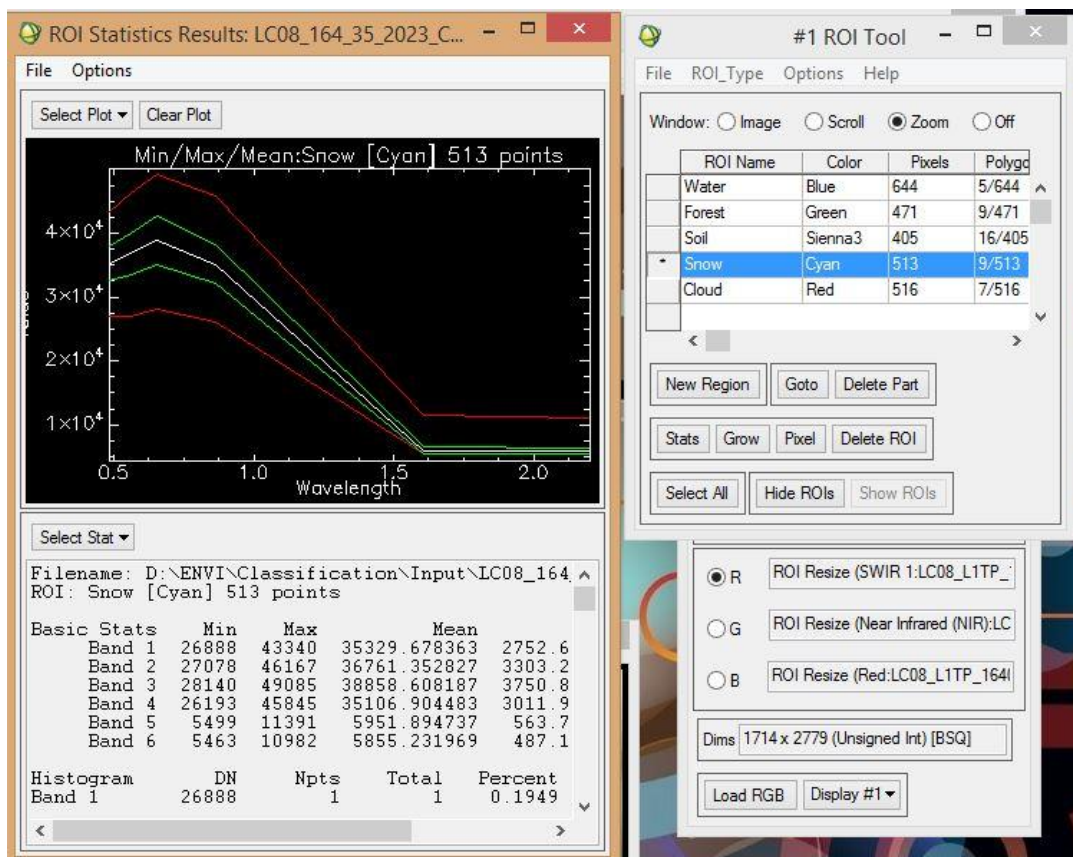
شکل ۱۷. نمودار طیفی کلاسه آب



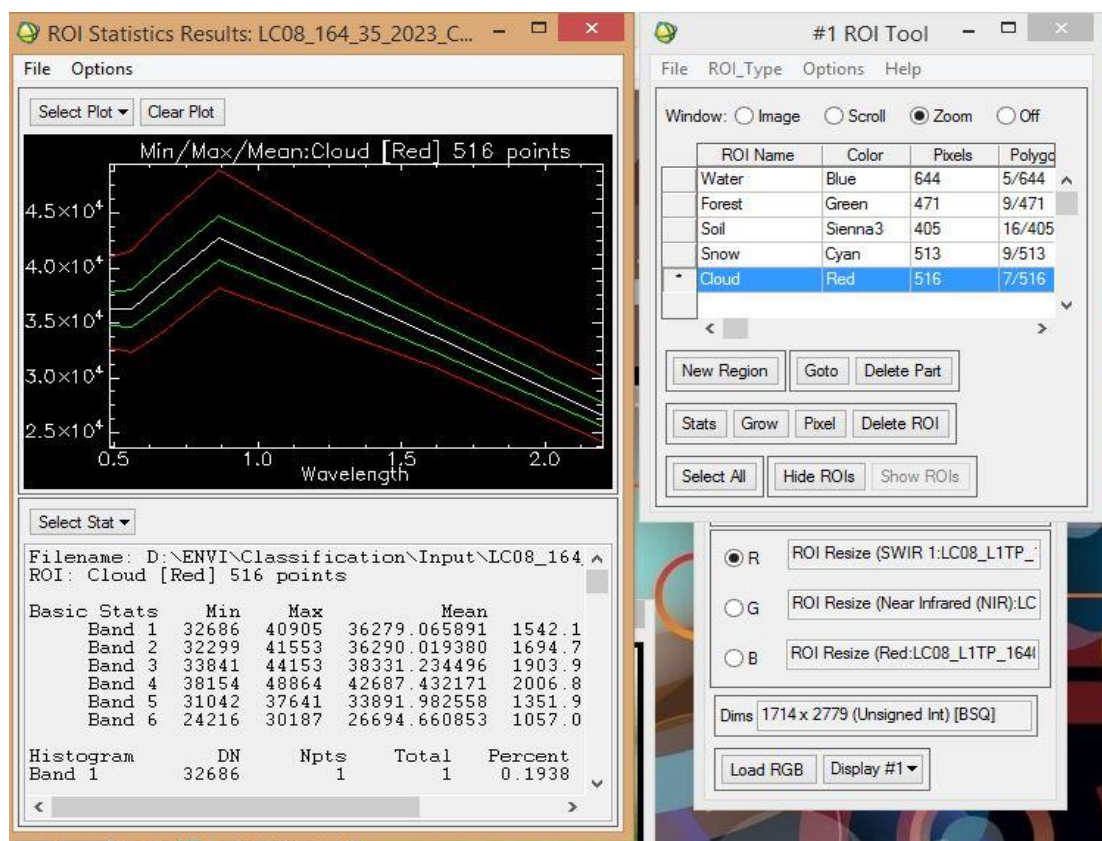
شکل ۱۸. نمودار طیفی کلاسه جنگل



شکل ۱۹. نمودار طیفی کلاسه خاک

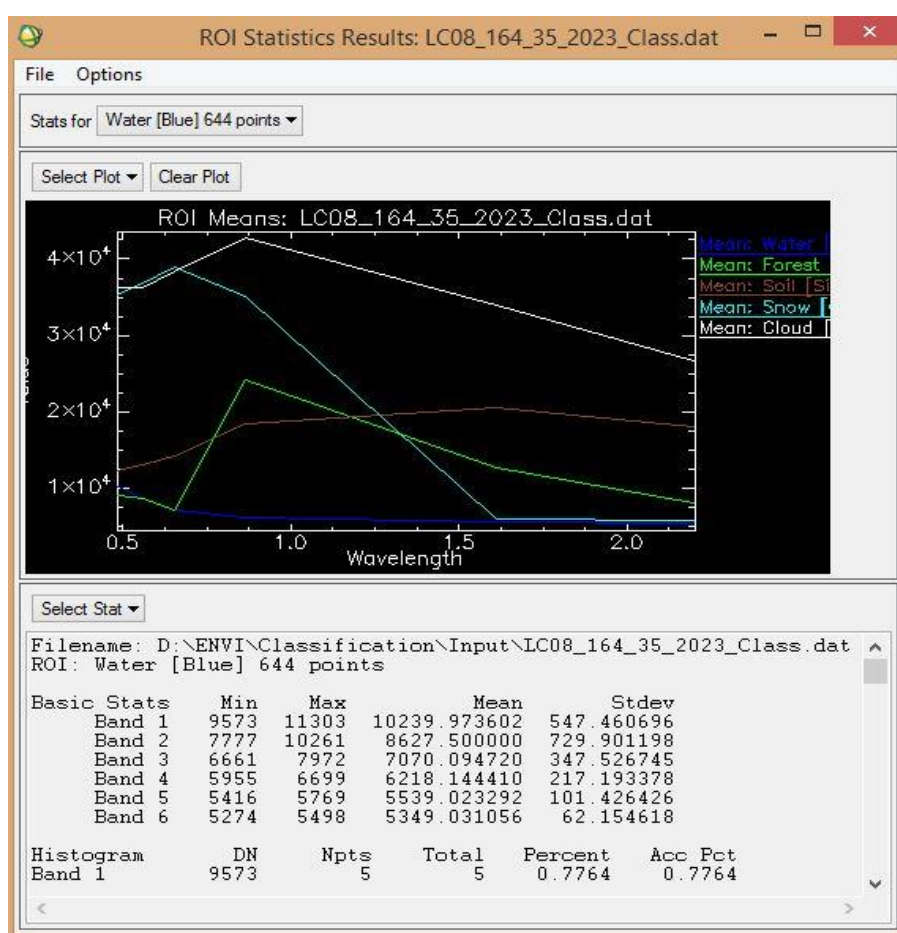


شکل ۲۰. نمودار طیفی کلاسه برف



شکل ۲۱. نمودار طیفی کلاسه ابر

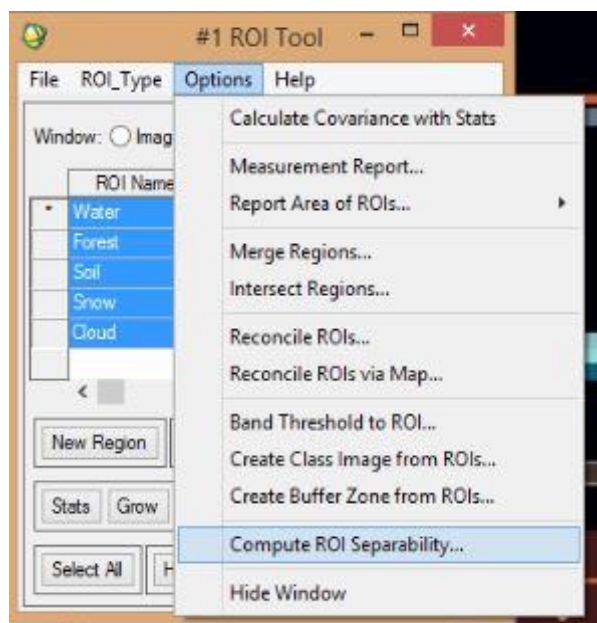
مرحله ۳: در این مرحله به تحلیل چشمی و کمی نمونه‌های تعلیمی می‌پردازیم. از طریق نمایش همزمان نمودار طیفی کلاسه‌ها با هم می‌توان به صورت چشمی متوجه شد که چه میزان نمونه‌های تعلیمی به هم شباهت دارند. برای این کار گزینه Select All را از پنجره ROI Tool می‌زنیم تا تمامی کلاسه‌ها انتخاب شوند و سپس گزینه Stats را می‌زنیم تا گراف تمامی کلاسه‌ها نمایش داده شود. هر جایی که نمودار طیفی کلاسه‌ها به هم نزدیک شوند نشانگر این است که پیکسل نمونه‌های تعلیمی آن‌ها شبیه به هم است و ممکن است در زمان طبقه‌بندی در تشخیص کلاسه اشتباه بوجود آید، اما اگر نمودار طیفی کلاسه‌ها از هم فاصله داشتند یعنی در زمان طبقه‌بندی دو کلاسه به خوبی متمایز از هم نشان داده می‌شوند و در تشخیص کلاسه اشتباهی بوجود نمی‌آید.



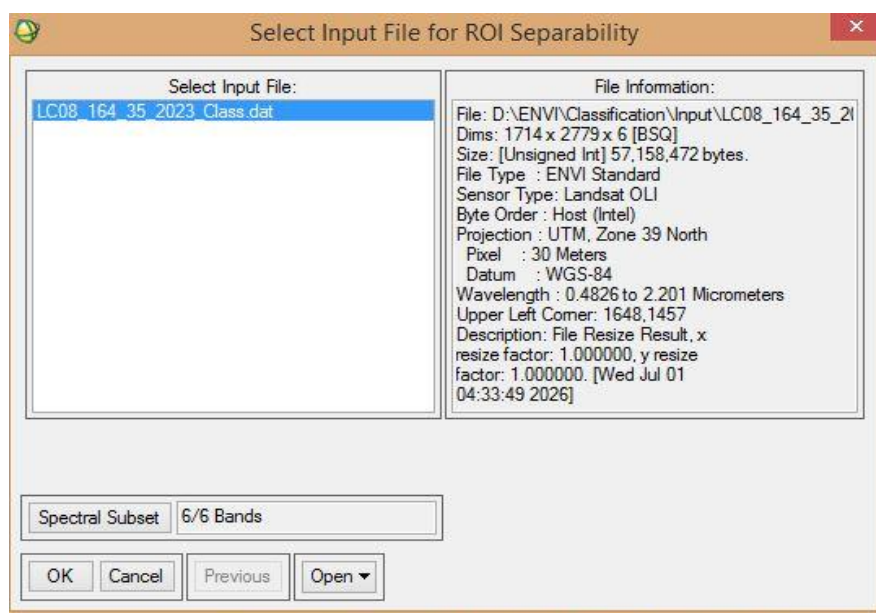
شکل ۲۲. نمودار طیفی تمامی کلاسه‌ها

شکل ۲۲ نشان می‌دهد که در بخش‌هایی نمودار طیفی کلاسه‌های برف و آب نزدیک به هم هستند و ممکن است در بعد از طبقه‌بندی تصویر اشتباهاتی در تشخیص برف و آب بوجود آید. همچنین نمودار طیفی کلاسه‌های آب و جنگل نیز در بخشی به هم نزدیک شده‌اند.

برای اینکه نمونه‌های تحلیلی را به صورت کمی بررسی کنیم در پنجره ROI Tool گزینه Option و سپس Compute ROI Separability را می‌زنیم. در پنجره باز شده تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه (LC08_164_35_2023_Class) را انتخاب کرده و گزینه OK را می‌زنیم.

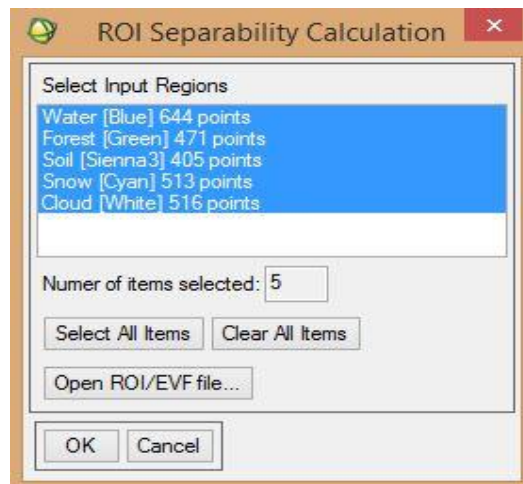


شکل ۲۳. روش تحلیل کمی نمونه‌های تعلیمی

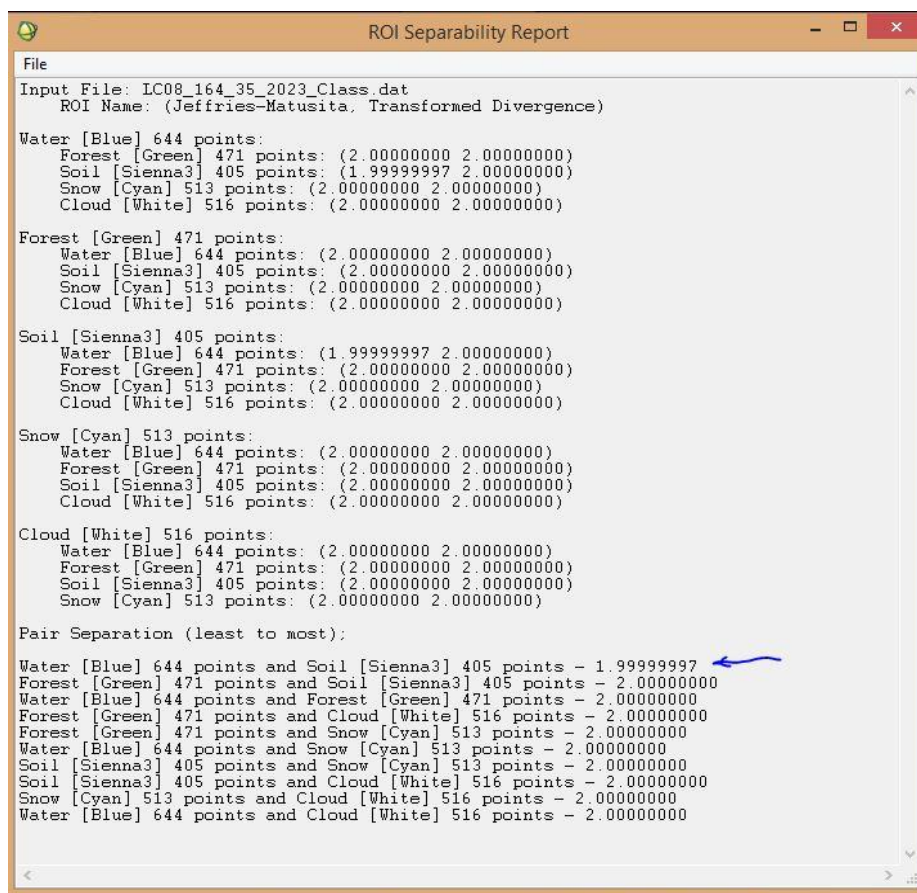


شکل ۲۴. ادامه مراحل تحلیل کمی نمونه‌های تعلیمی

در پنجره جدید باز شده گزینه Select All Items را می‌زنیم تا تمامی کلاسه‌ها انتخاب شوند و گزینه OK را می‌زنیم تا نتایج تحلیل کمی نمونه‌های تعلیمی به روش Jeffries-Matusita و Transformed Divergence به ما نشان داده شود.



شکل ۲۵. مرحله پایانی تحلیل کمی نمونه‌های تعلیمی

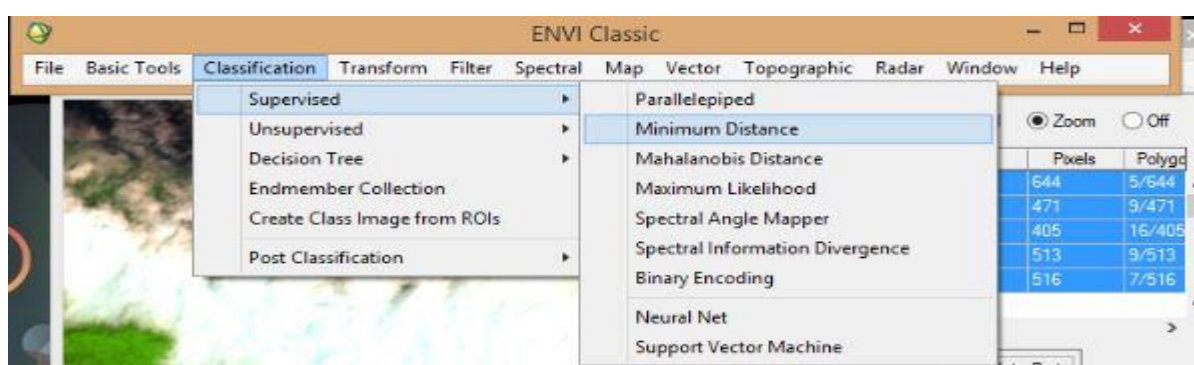


شکل ۲۶. نتیجه تحلیل کمی نمونه‌های تعلیمی

شکل ۲۶، نتیجه تحلیل کمی نمونه‌های تعلیمی هر کدام از کلاسه‌ها را نشان می‌دهد. پیکسل نمونه‌های تعلیمی باید از نظر تفکیک‌پذیری بین عدد $1/9$ تا 2 باشند تا در هنگام طبقه‌بندی اشتباهی در تشخیص پیکسل کلاسه‌ها بوجود نیاید. با توجه به شکل ۲۶ تنها کلاسه خاک و آب عدد تفکیک‌پذیریشان $1/9$ است و مقایسه

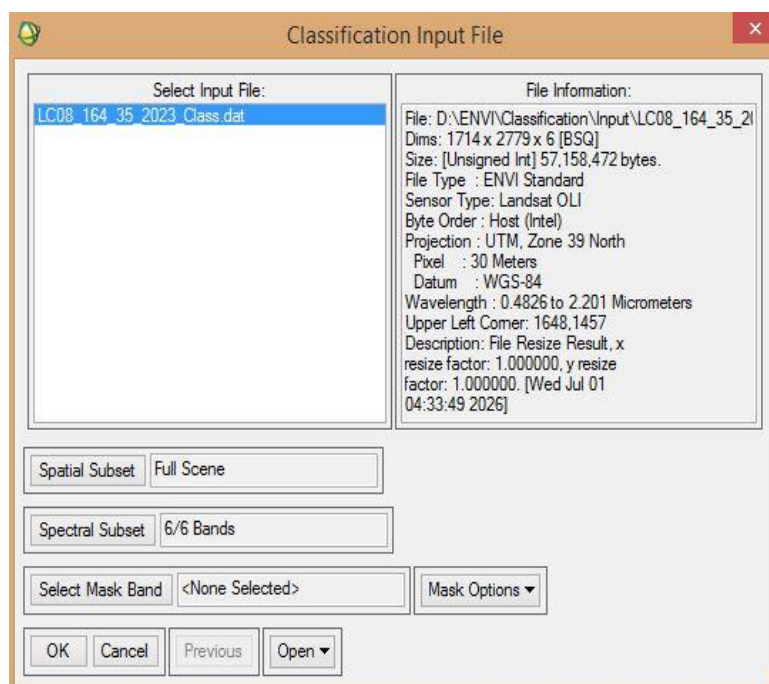
بقیه کلاسه‌ها با هم عدد ۲ را نشان می‌دهد و بیانگر این است که به غیر از نمونه‌های آب و خاک، پیکسل‌های مابقی نمونه‌های تعلیمی به خوبی از هم تفکیک شده هستند و احتمال اینکه یک کلاسه به جای کلاسه دیگر تشخیص داده شده بسیار کم است.

مرحله ۳: در این مرحله از ۳ روش طبقه‌بندی نظارت‌شده به نام‌های روش متوازی‌الاضلاع (Parallelepiped)، حداقل فاصله (Minimum Distance)، حداکثر احتمال و (Maximum Likelihood) استفاده می‌کنیم. ابتدا از روش حداقل فاصله آغاز می‌کنیم. برای این کار از بخش Classification گزینه Supervised را انتخاب کرده و روش Minimum Distance را برای طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌کنیم.



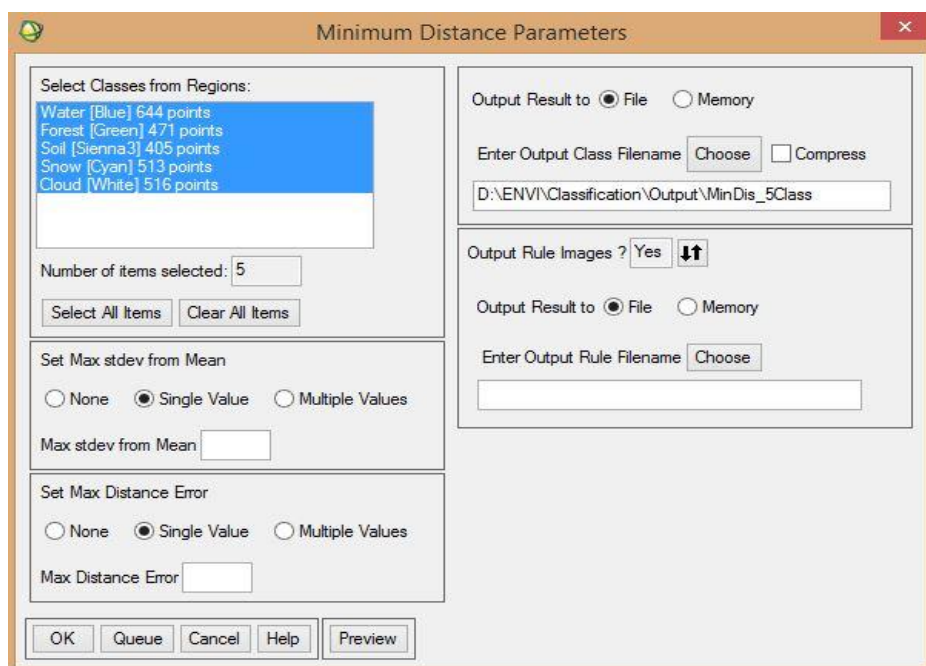
شکل ۲۷. طبقه‌بندی تصویر با روش Minimum Distance

در پنجره باز شده تصویر ماهواره‌ای (LC08_164_35_2023_Class) را انتخاب و گزینه OK را می‌زنیم.



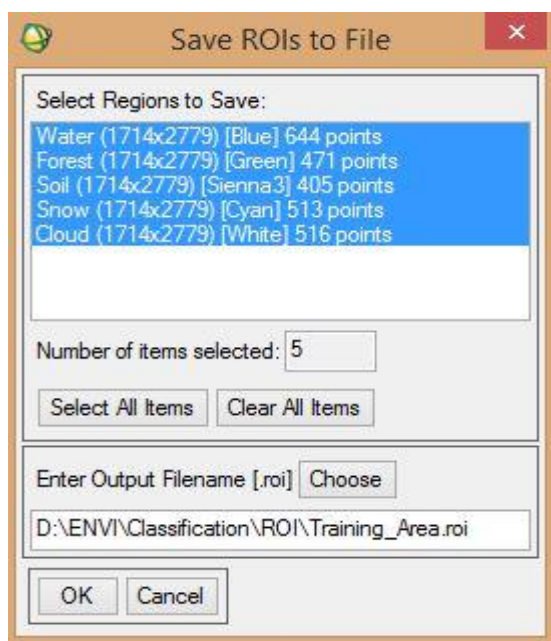
شکل ۲۸. مراحل پیاده‌سازی روش Minimum Distance

در پایان پنجره جدیدی باز می‌شود. در این پنجره گزینه Select All Items را می‌زنیم تا تمامی کلاسه‌ها انتخاب شوند و از بخش Choose نیز نقشه طبقه‌بندی را با نام MinDis_5Class ذخیره کرده و گزینه OK را می‌زنیم.

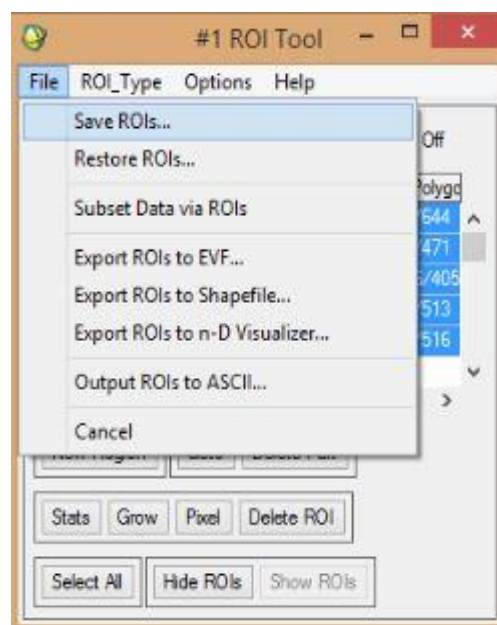


شکل ۲۹. مرحله پایانی تهیه نقشه طبقه‌بندی به روش Minimum Distance

برای ذخیره کلاسه‌ها نیز از پنجره ROI Tool گزینه Select All را می‌زنیم. سپس از بخش File گزینه Save ROIs را انتخاب می‌کنیم. در پنجره باز شده گزینه Select All Items را انتخاب کرده و سپس از بخش Choose برای ذخیره خروجی با نام Training Area استفاده کرده و نهایتاً OK را می‌زنیم.

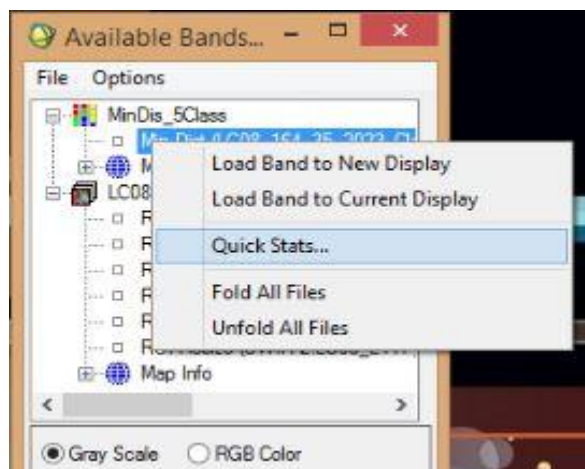
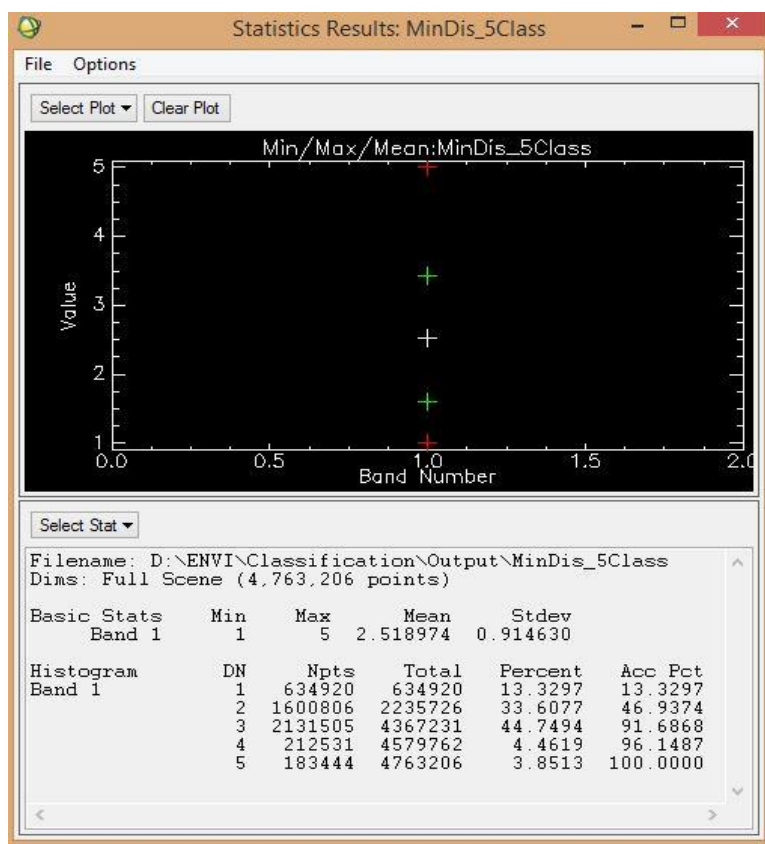


شکل ۳۱. مرحله نهایی ذخیره نمونه‌های تعلیمی



شکل ۳۰. مراحل ذخیره‌سازی نمونه‌های تعلیمی

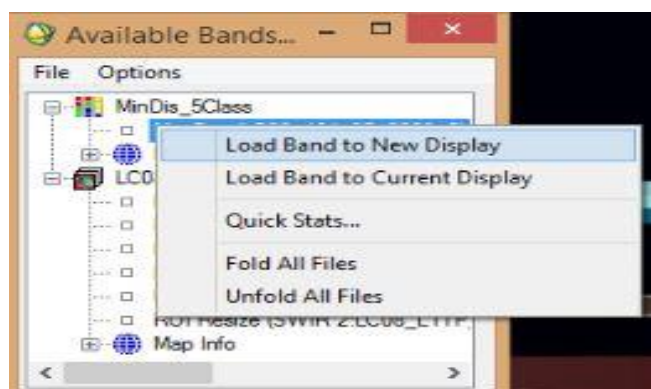
برای اینکه آمارهای نقشه حاصل از روش Minimum Distance را ببینیم، رو نقشه کلیک راست کرده و گزینه Quick Stats را می‌زنیم تا آمارها نمایش داده شود.



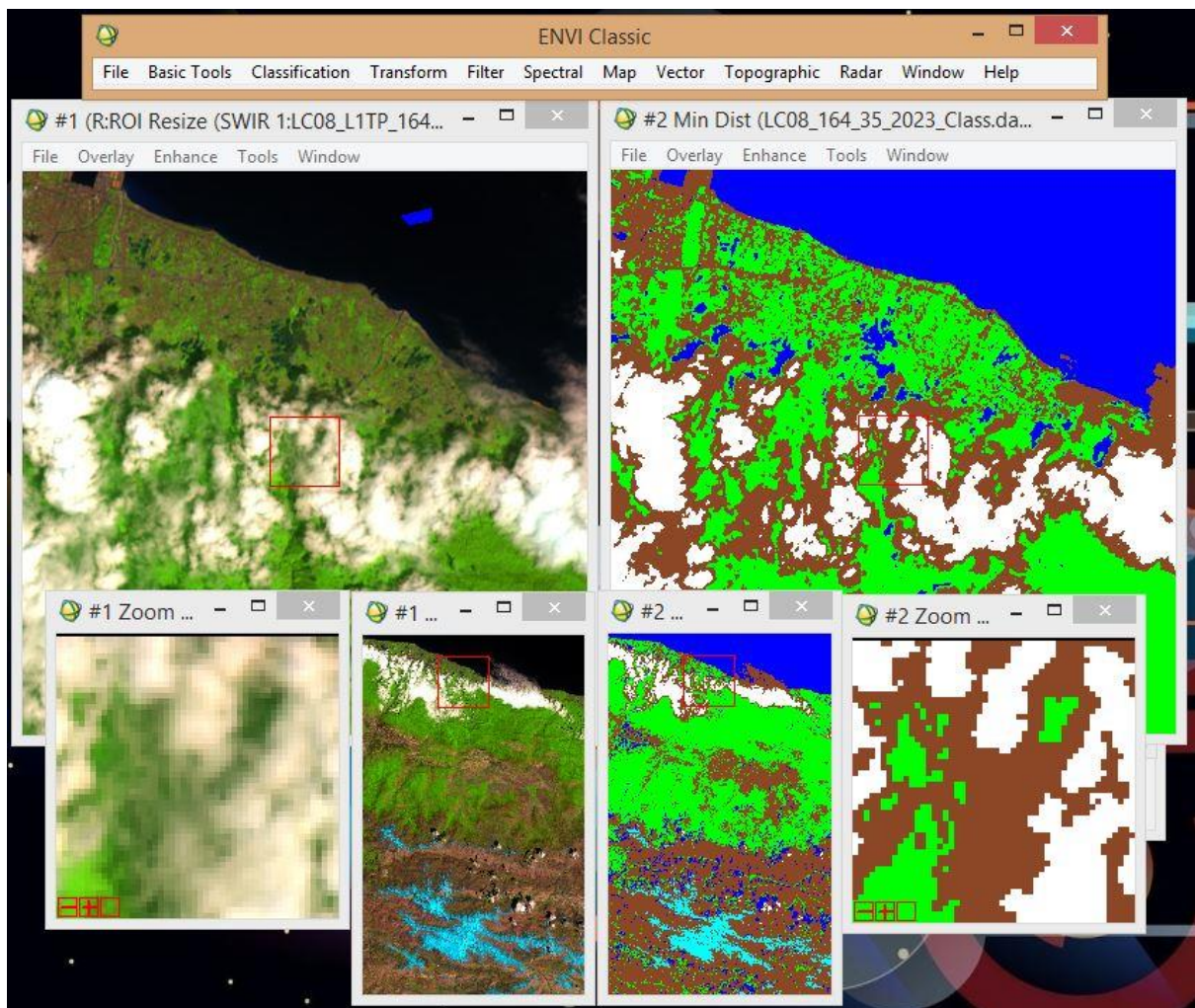
شکل ۳۲. نحوه نمایش آمارهای نقشه MinDis_5Class

شکل ۳۳. آمارهای نقشه MinDis_5Class

به منظور نمایش نقشه MinDis_5Class، روی آن کلیک راست می‌کنیم و گزینه Load Band to New Display را می‌زنیم تا تصویر نمایش داده شود.

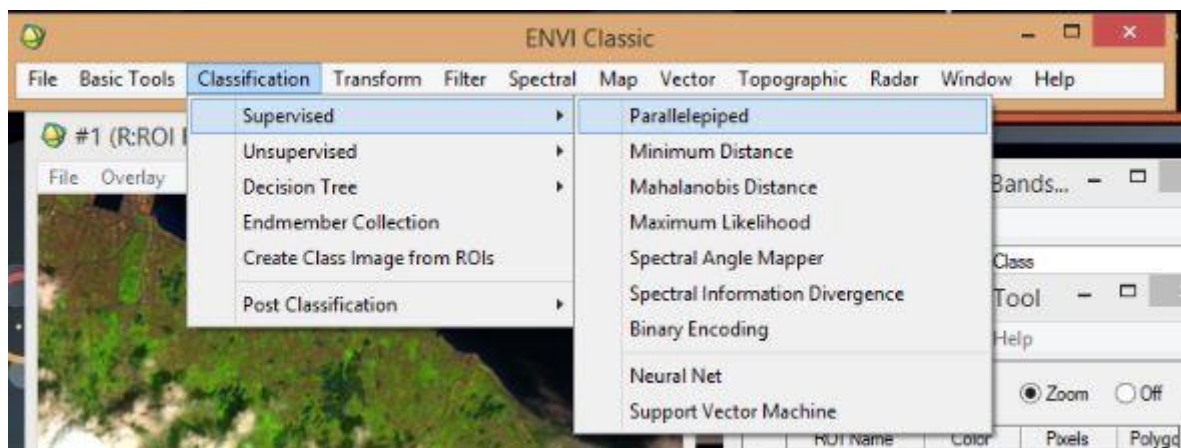


شکل ۳۴. روش نمایش نقشه MinDis_5Class



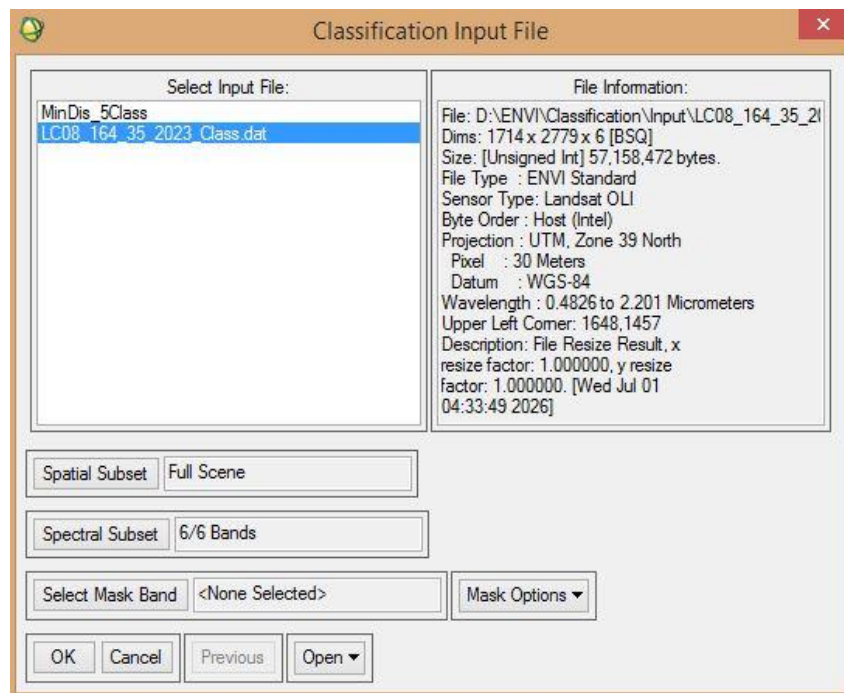
شکل ۳۵. نقشه طبقه‌بندی شده به روش Minimum Distance

برای طبقه‌بندی به روش متوازی‌الاضلاع ابتدا از بخش Classification گزینه Supervised را انتخاب و روش Parallelepiped را برای طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌کنیم.



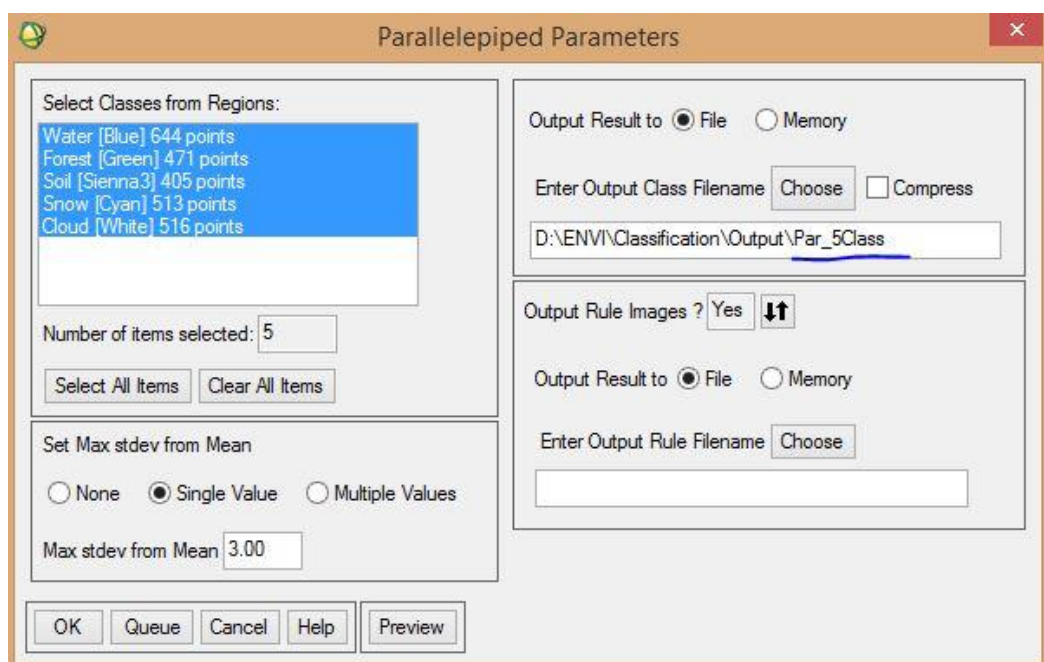
شکل ۳۶. طبقه‌بندی تصویر با روش Parallelepiped

در پنجره باز شده تصویر ماهواره‌ای (LC08_164_35_2023_Class) را انتخاب و گزینه OK را می‌زنیم.



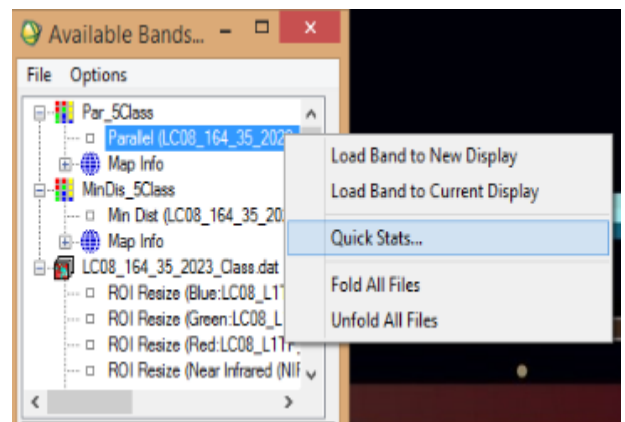
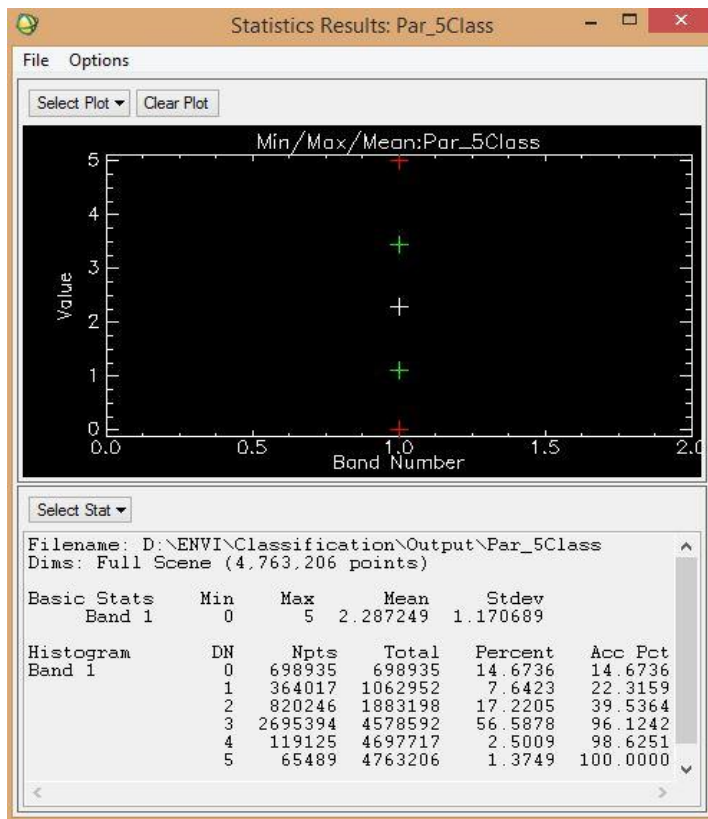
شکل ۳۷. مراحل پیاده‌سازی روش Parallelepiped

در پایان پنجره جدیدی باز می‌شود. در این پنجره گزینه Select All Items را می‌زنیم تا تمامی کلاسه‌ها انتخاب شوند و از بخش Choose نیز نقشه طبقه‌بندی را با نام Par_5Class ذخیره کرده و گزینه OK را می‌زنیم.



شکل ۳۸. مرحله پایانی تهیه نقشه طبقه‌بندی به روش Parallelepiped

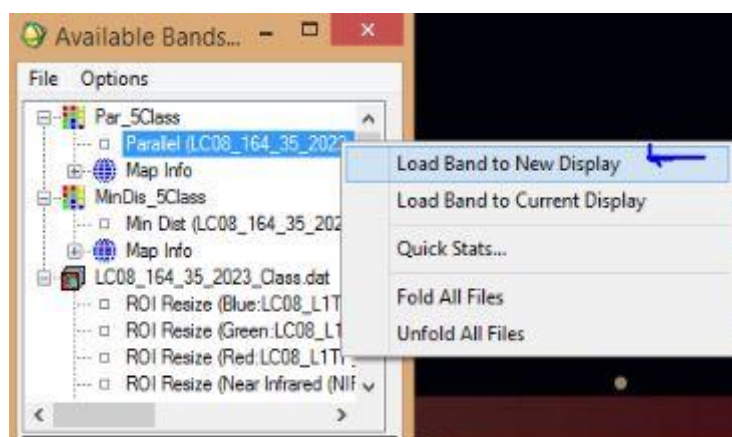
برای اینکه آماره‌های نقشه حاصل از روش Parallelepiped را ببینیم، رو نقشه کلیک‌راست کرده و گزینه Quick Stats را می‌زنیم تا آماره‌ها نمایش داده شود.



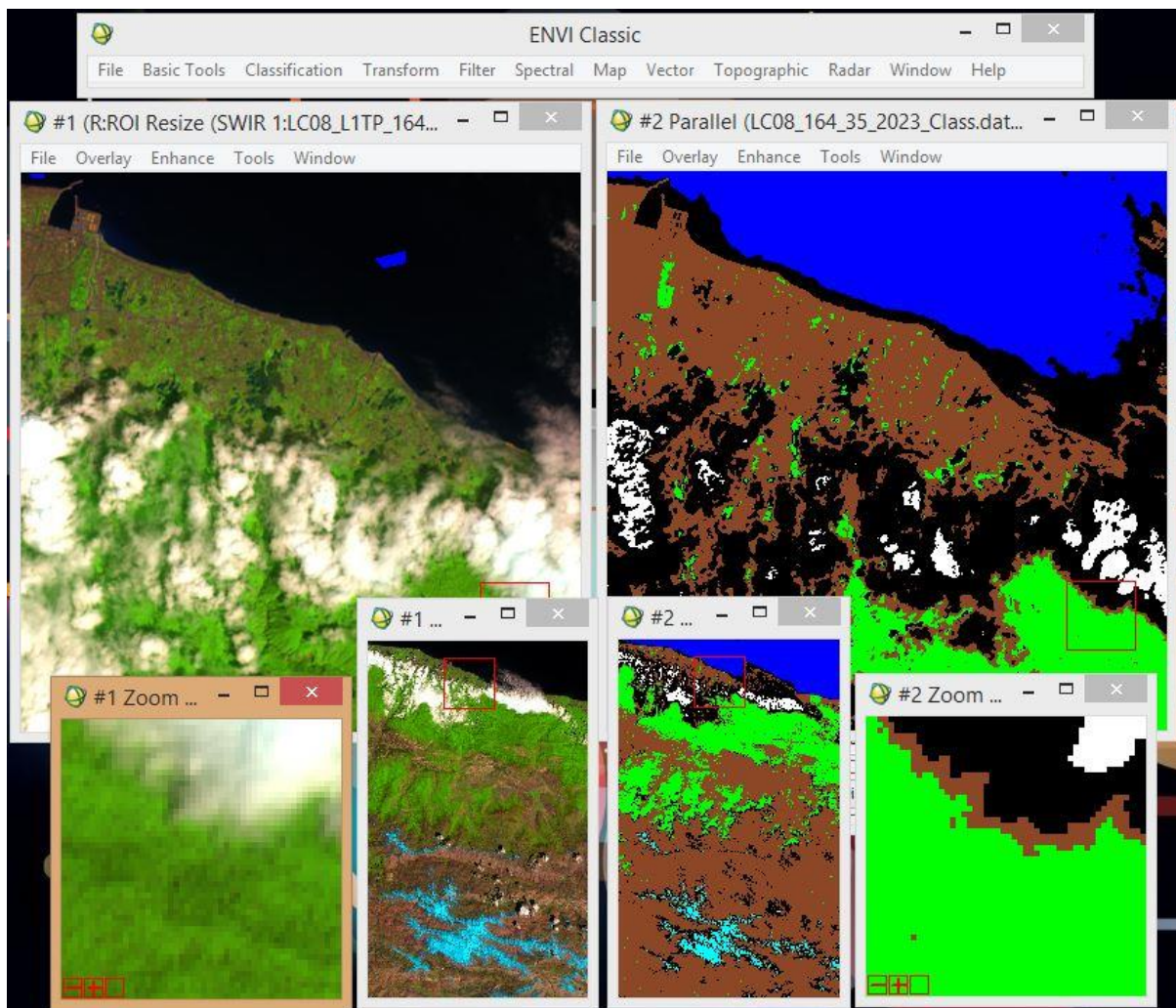
شکل ۳۹. نحوه نمایش آماره‌های نقشه Par_5Class

شکل ۴۰. آماره‌های نقشه Par_5Class

به‌منظور نمایش نقشه Par_5Class، روی آن کلیک‌راست می‌کنیم و گزینه Load Band to New Display را می‌زنیم تا تصویر نمایش داده شود.



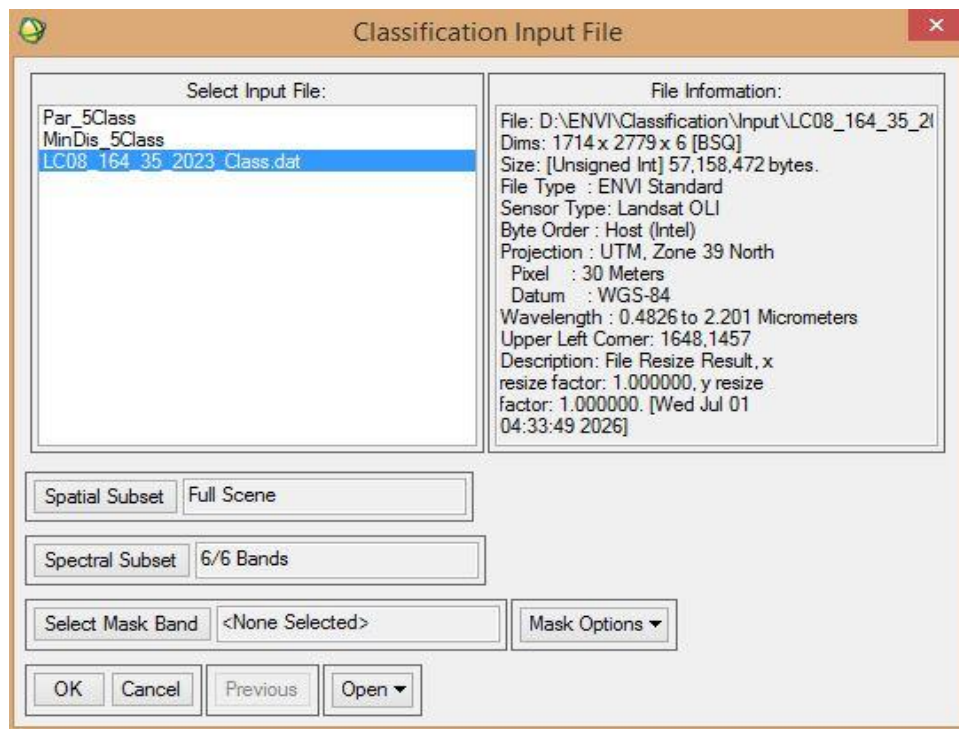
شکل ۴۱. روش نمایش نقشه Par_5Class



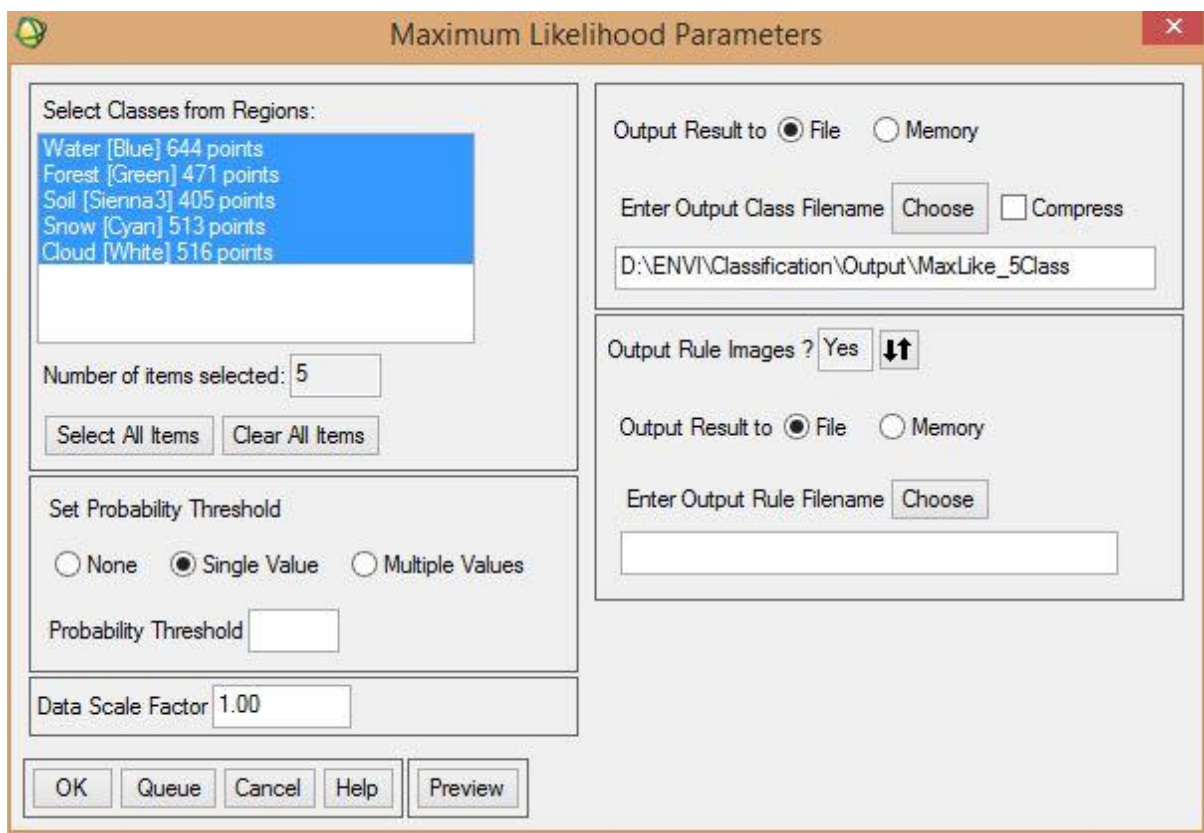
شکل ۴۲. نقشه طبقه‌بندی‌شده به روش Parallelepiped

در شکل ۴۰ مشاهده می‌شود که علاوه بر ۵ کلاس دیگر یک کلاس با کد صفر هم وجود دارد. این کلاس نمایانگر پیکسل‌هایی است که توسط روش Parallelepiped به صورت ناشناخته معرفی شده و در نقشه تولید شده (شکل ۴۲) نیز این کلاس به رنگ مشکی دیده می‌شود. بنابراین کلاس‌های با رنگ مشکی پیکسل‌های ناشناخته است و به هیچکدام از کلاس‌های دیگر مرتبط دانسته نشده است.

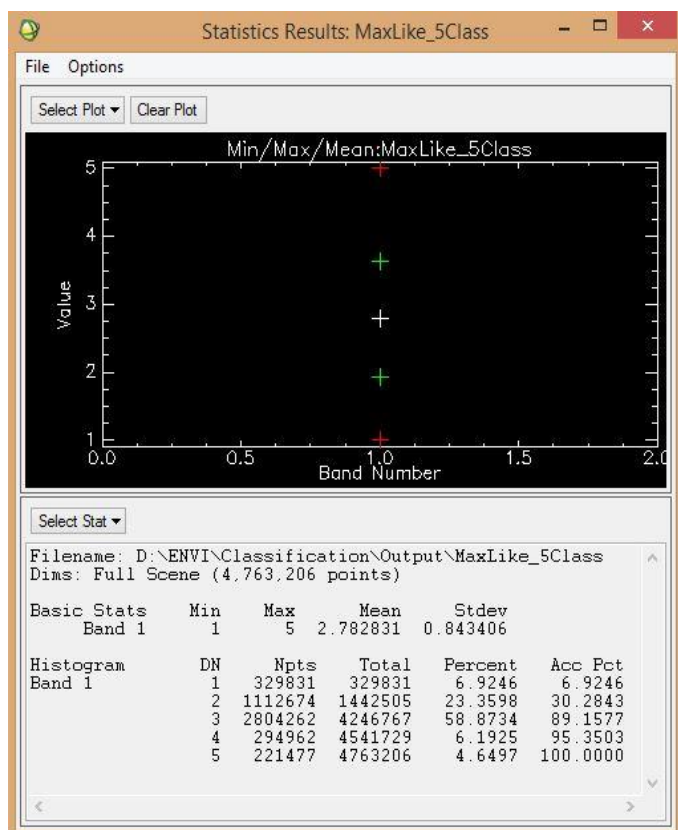
همچنین برای طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال، از بخش Classification گزینه Supervised را انتخاب و روش Maximum Likelihood را برای طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌کنیم. در پنجره باز شده تصویر ماهواره‌ای (LC08_164_35_2023_Class) را انتخاب و گزینه OK را می‌زنیم. در پایان پنجره جدیدی باز می‌شود. در این پنجره گزینه Select All Items را می‌زنیم تا تمامی کلاس‌ها انتخاب شوند و از بخش Choose نیز نقشه طبقه‌بندی را با نام MaxLike_5Class ذخیره کرده و گزینه OK را می‌زنیم.



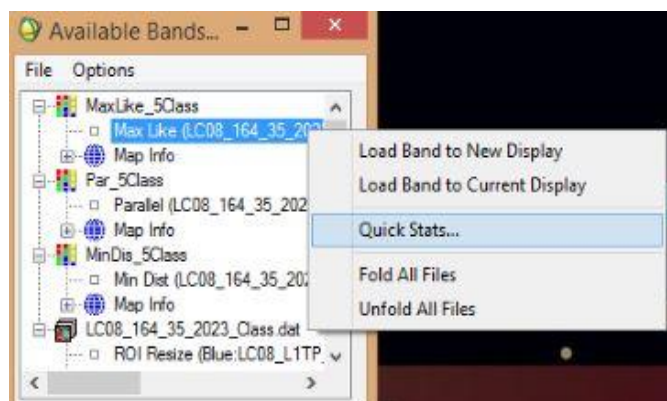
شکل ۴۳. طبقه‌بندی تصویر با روش Maximum Likelihood



شکل ۴۴. مرحله پایانی تهیه نقشه طبقه‌بندی به روش Maximum Likelihood

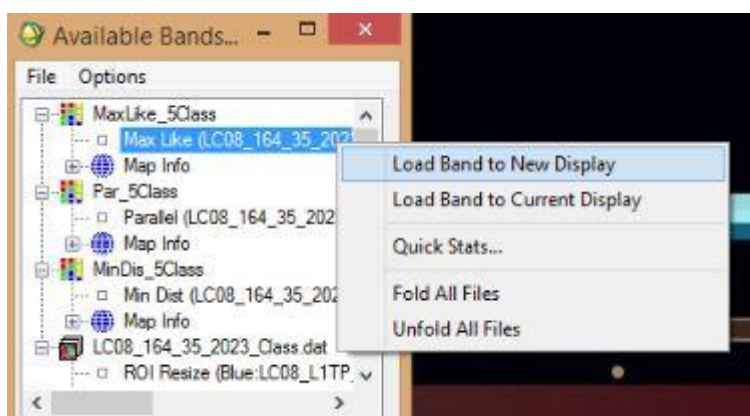


شکل ۴۶. آماره‌های نقشه MaxLike_5Class

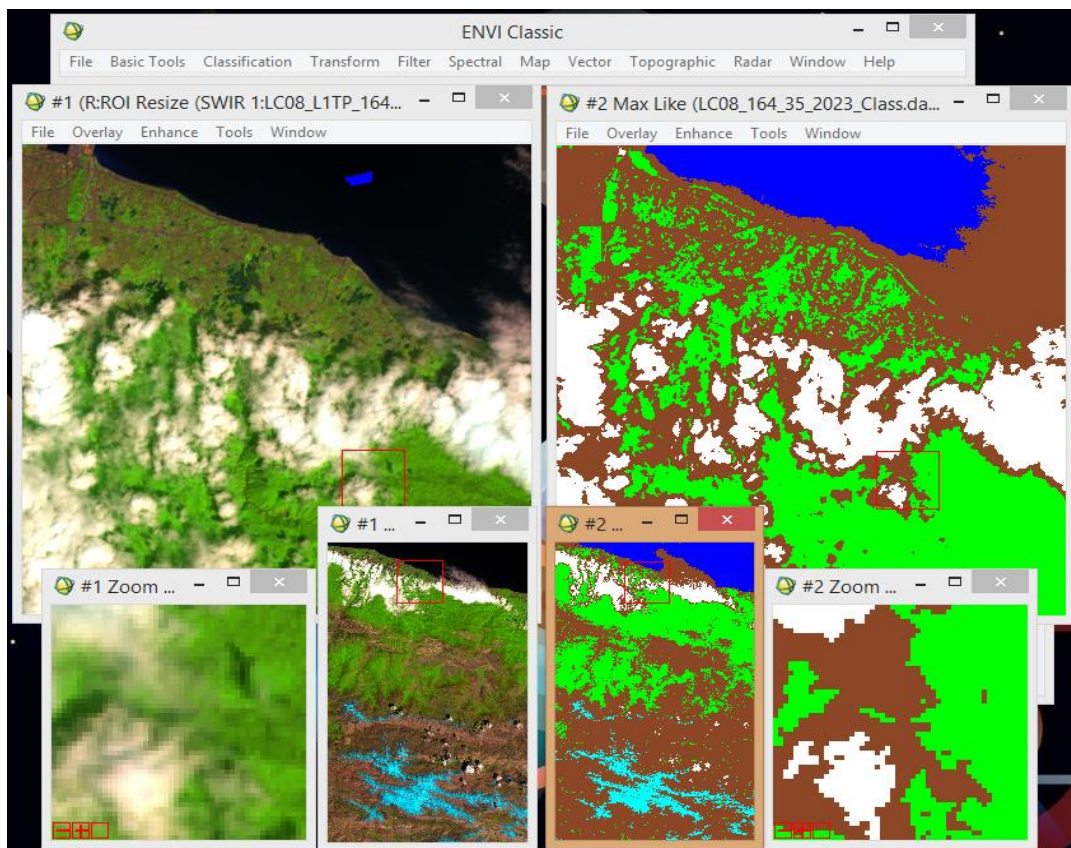


شکل ۴۵. نحوه نمایش آماره‌های نقشه MaxLike_5Class

به منظور نمایش نقشه MaxLike_5Class، روی آن کلیک راست می‌کنیم و گزینه Load Band to New Display را می‌زنیم تا تصویر نمایش داده شود.

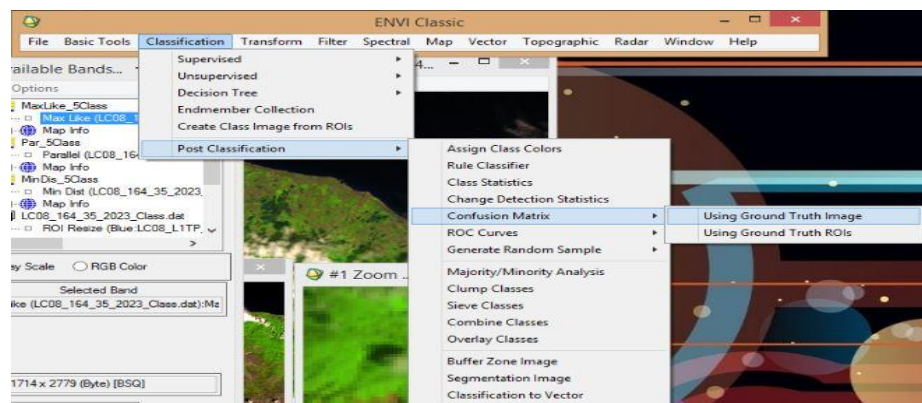


شکل ۴۷. روش نمایش نقشه MaxLike_5Class



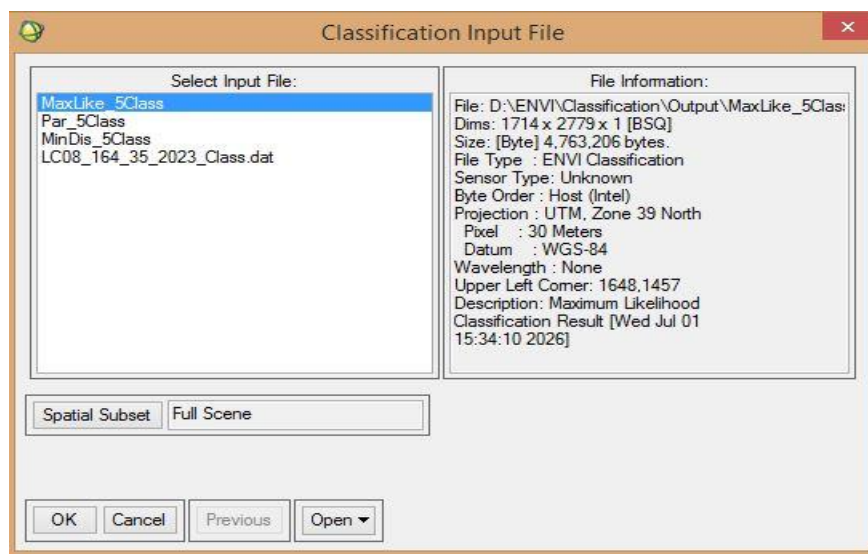
شکل ۴۸. نقشه طبقه‌بندی شده به روش Maximum Likelihood

با مقایسه چشمی سه روش طبقه‌بندی نظارت‌شده فوق، روش Maximum Likelihood نسبت به دو روش دیگر از دقت بالاتری در طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای برخوردار است. همچنین به شکل کمی نیز می‌توان بررسی کرد که نقشه‌های تولید شده، از نظر مقادیر پیکسلی چقدر به تصویر اصلی شباهت دارند. برای این منظور باید یک نقشه از منطقه مورد مطالعه که از پیش تولید شده و تعداد کلاسه‌های آن نیز همانند کلاسه‌های نقشه‌های طبقه‌بندی شده است را داشته باشیم تا پیکسل به پیکسل نقشه‌های تولیدشده از سه روش را با نقشه مربوط به منطقه مقایسه کنیم. بنابراین از بخش Classification به ترتیب گزینه‌های Post Classification، Confusion Matrix و در نهایت Using Ground Truth Image را انتخاب می‌کنیم.



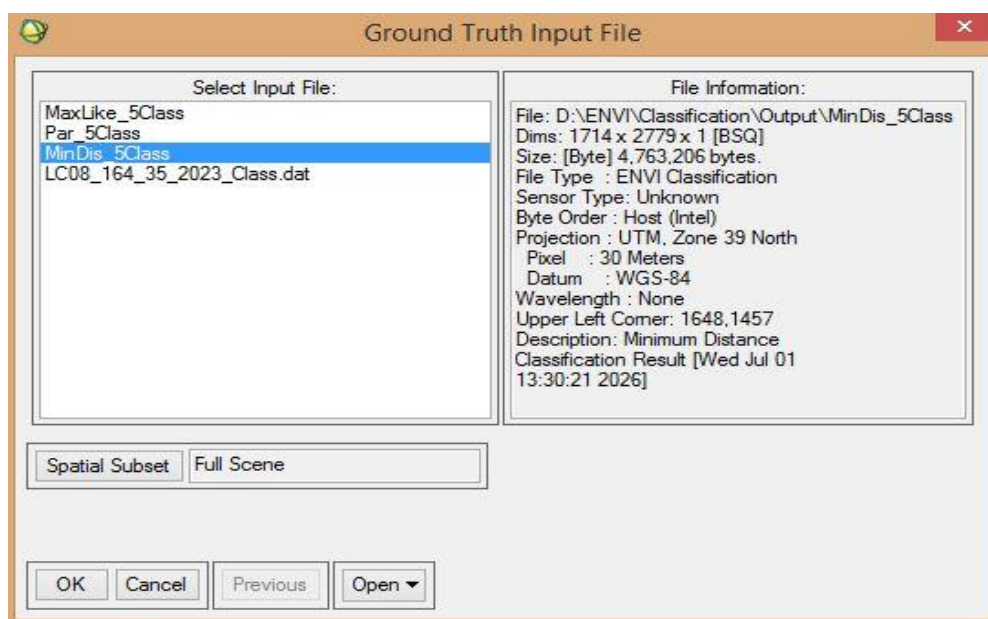
شکل ۴۹. روش تحلیل کمی نقشه‌های طبقه‌بندی شده

در پنجره باز شده ابتدا یکی از نقشه‌های تهیه‌شده از روش‌های نظارت‌شده مانند Maximum Likelihood را انتخاب و OK را می‌زنیم و در پنجره بعد نقشه درست و صحیح از منطقه را انتخاب و OK را می‌زنیم.



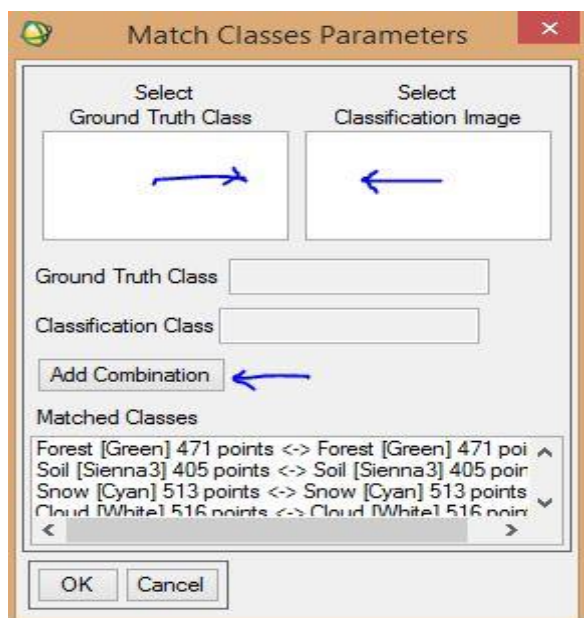
شکل ۵۰. انتخاب نقشه طبقه‌بندی‌شده به روش Maximum Likelihood

سپس در پنجره جدید نقشه زمینی و صحیح از منطقه را انتخاب می‌کنیم. اما از آنجایی که ما نقشه زمینی برداشت‌شده را نداریم، به فرض یکی از نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده را به عنوان نقشه زمینی صحیح در نظر گرفته و آن را انتخاب می‌کنیم تا با فرایند ارزیابی صحت آشنا شویم. در این مثال ما نقشه طبقه‌بندی‌شده از روش Minimum Distance را به عنوان نقشه صحیح زمینی در نظر می‌گیریم.



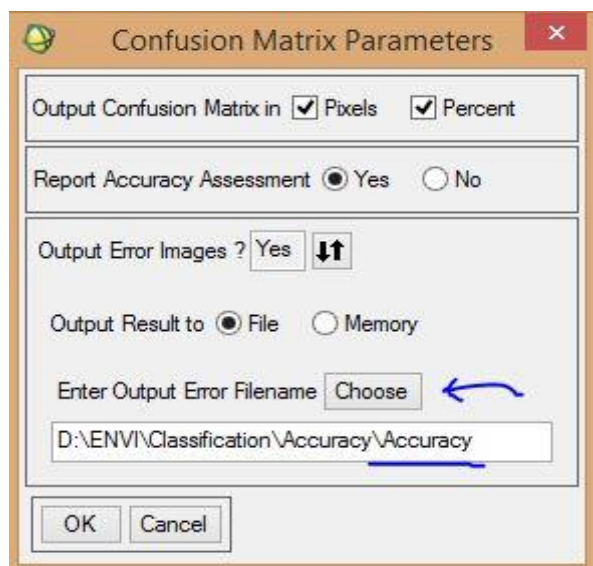
شکل ۵۱. انتخاب نقشه طبقه‌بندی‌شده به روش Maximum Likelihood به عنوان نقشه صحیح زمینی

در پنجره Mach Classes Parameters هر کدام از کلاسه‌های نقشه طبقه‌بندی شده و نقشه صحیح زمینی در دو کادر مجزا قرار دارند. بنابراین برای مقایسه کلاسه‌ها، به ترتیب کلاسه‌های مشابه را از هر دو کار انتخاب و گزینه Add Combination را می‌زنیم تا مقایسه دو کلاسه به کادر Matched Classes وارد شود. در پایان گزینه OK را می‌زنیم.

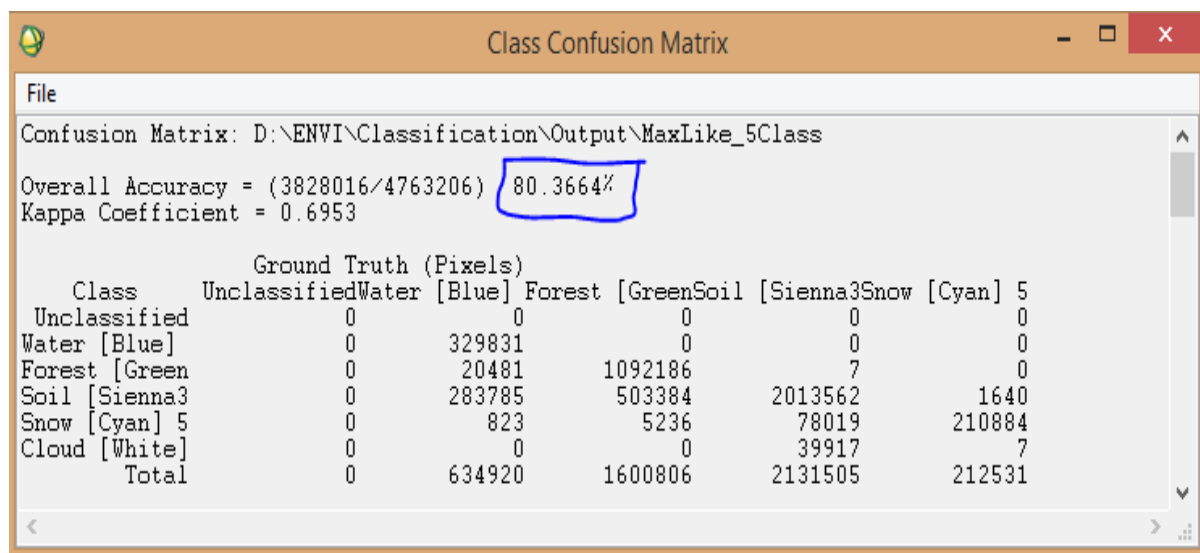


شکل ۵۲. انتخاب کلاسه‌های دو نقشه برای و مقایسه و ارزیابی صحت

در ادامه در پنجره زیر خروجی را با نام Accuracy ذخیره کرده و OK را می‌زنیم تا نتیجه ارزیابی صحت نمایش داده شود.

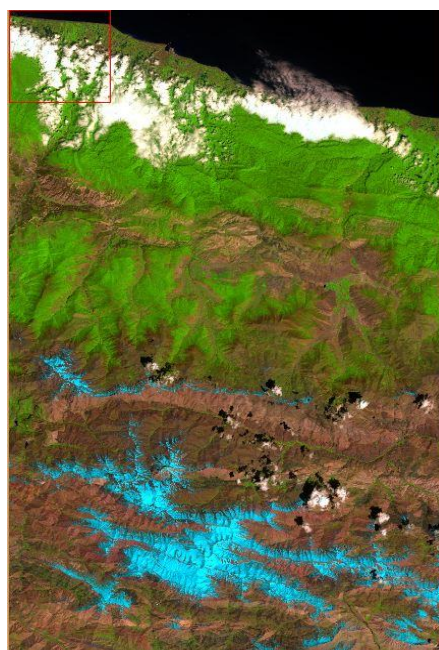


شکل ۵۳. ذخیره نتیجه ارزیابی صحت

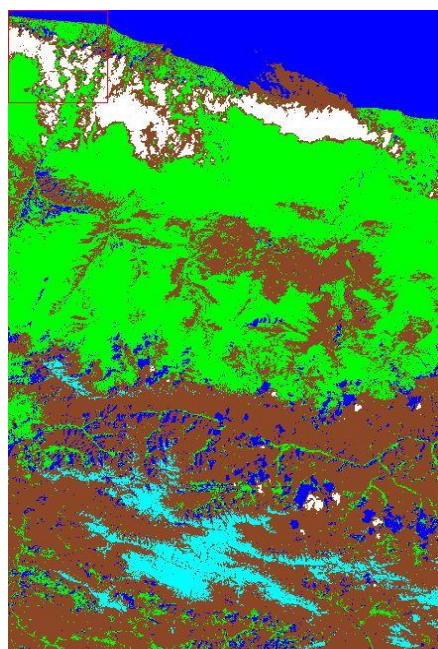


شکل ۵۴. نتیجه ارزیابی صحت

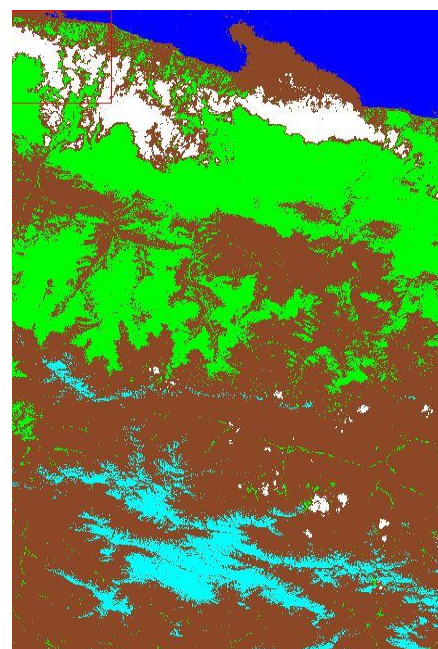
همچنین شکل ۵۵، نقشه‌های تهیه‌شده به سه روش طبقه‌بندی‌شده را همراه با تصویر ماهواره‌ای محدوده مورد مطالعه نمایش می‌دهد.



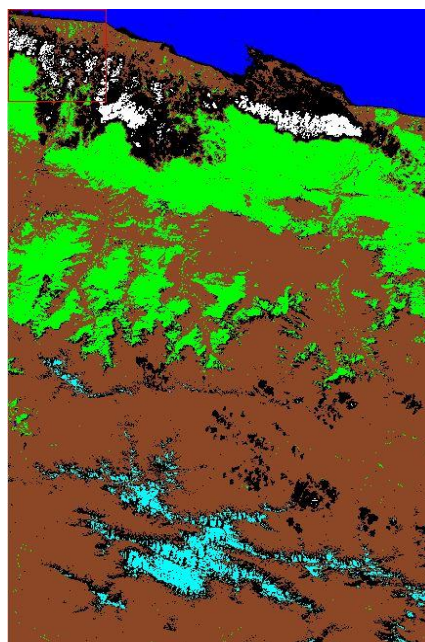
Landsat 8



Minimum Distance



Maximum Likelihood



Parallelepiped

شکل ۵۵. نمایش نقشه‌های طبقه‌بندی شده به همراه تصویر ماهواره‌ای