

بسمه تعالی



دانشگاه تهران

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی

گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل

عنوان پروژه: TOA و منحنی رفتار طیفی

درس: ابزارهای نوین در دریافت و تحلیل تصاویر ابرطیفی

استاد درس: دکتر پرویز فاتحی

دانشجو: سخیداد حسینی

سال تحصیلی: ۱۴۰۵

مقدمه

سنجش از دور علمی است که به مطالعه و استخراج اطلاعات از سطح زمین بدون تماس مستقیم با پدیده‌ها می‌پردازد. اساس سنجش از دور بر اندازه‌گیری انرژی الکترومغناطیسی بازتاب شده یا گسیل شده از عوارض سطح زمین است. هر پدیده در طول موج‌های مختلف رفتار متفاوتی در جذب، بازتاب و عبور انرژی دارد که به آن «رفتار طیفی» گفته می‌شود. مطالعه رفتار طیفی عوارض مختلف مانند آب، خاک و پوشش گیاهی امکان شناسایی و تفکیک آن‌ها را در تصاویر ماهواره‌ای فراهم می‌کند. در این پروژه قصد داریم که به تصحیح رادیومتریک تصویر، بررسی مقادیر بازتاب ۵ پدیده آب، خاک، پوشش گیاهی، برف و ابر پردازیم و در پایان منحنی رفتار طیفی این پدیده‌ها را در طول موج‌های مختلف مورد بررسی قرار دهیم.

تعاریف

رادیانس (Radiance)

رادیانس مقدار انرژی الکترومغناطیسی است که از یک سطح یا جسم در یک جهت مشخص منتشر یا بازتاب شده و توسط سنجنده دریافت می‌شود. واحد رادیانس، $W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$ می‌باشد. رادیانس به صورت فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$L_{\lambda} = gain * DN + bias$$

ایرادینانس (Irradiance)

ایرادینانس مقدار انرژی تابشی دریافت‌شده بر واحد سطح است. واحد ایرادینانس $W.m^{-2}$ است. ایرادینانس به صورت فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$E = \frac{d\phi}{dA}$$

رفلکتانس (Reflectance)

نسبت انرژی بازتاب‌شده از سطح به انرژی تابیده به آن سطح است. رفلکتانس یک عدد بی‌بعد بین صفر تا ۱ (یا صفر تا ۱۰۰ درصد) است. رفلکتانس از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$Reflectance = \frac{Radiance}{Irradiance} * 100$$

بازتاب بالایی جو (TOP of Atmosphere Reflectance)

بازتاب بالایی جو، بازتابی است که سنجنده ماهواره پس از عبور انرژی از جو زمین اندازه‌گیری می‌کند. در این مقدار هنوز اثرات جو (پراکندگی و جذب اتمسفری) وجود دارد. فرمول محاسبه TOP of Atmosphere Reflectance:

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * d^2 / ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s$$

بازتاب سطح زمین (Surface Reflectance)

بازتاب سطح زمین، نسبت واقعی انرژی بازتاب‌شده از سطح زمین به انرژی دریافتی سطح است که پس از حذف اثرات اتمسفر به دست می‌آید. این کمیت رفتار واقعی سطح را نشان می‌دهد و برای مطالعات پوشش گیاهی، خاک، آب و کاربری اراضی استفاده می‌شود. در واقع از تصحیح اتمسفری TOP of Atmosphere Reflectance استخراج می‌شود.

تفاوت بازتاب بالای جو با بازتاب سطح زمین این است که در Surface Reflectance اثرات جو حذف شده است اما در TOP Reflectance اثرات جو همچنان وجود دارد. بنابراین Surface Reflectance برای تحلیل طیفی مناسب‌تر است و از دقت بیشتری جهت مطالعات سطح زمین برخوردار است.

منحنی رفتار طیفی (Surface Signature): هر عارضه سطح زمین در طول موج‌های مختلف میزان متفاوتی از انرژی را بازتاب می‌کند. نمودار تغییرات بازتابندگی برحسب طول موج را منحنی رفتار طیفی می‌گویند. در منحنی رفتار طیفی محور افقی طول موج می‌باشد و محور عمودی بازتابندگی یا Reflectance است. از منحنی رفتار طیفی برای شناسایی پوشش گیاهی، تفکیک آب و خاک، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و استخراج اطلاعات محیطی استفاده می‌شود. در زیر به عنوان نمونه رفتار طیفی برخی از پدیده‌ها را نشان می‌دهد:

پوشش گیاهی: دارای جذب شدید در باند قرمز و بازتاب زیاد در مادون قرمز نزدیک (NIR) است.

آب: دارای بازتاب کم در اغلب طول موج‌ها و جذب شدید در مادون قرمز است.

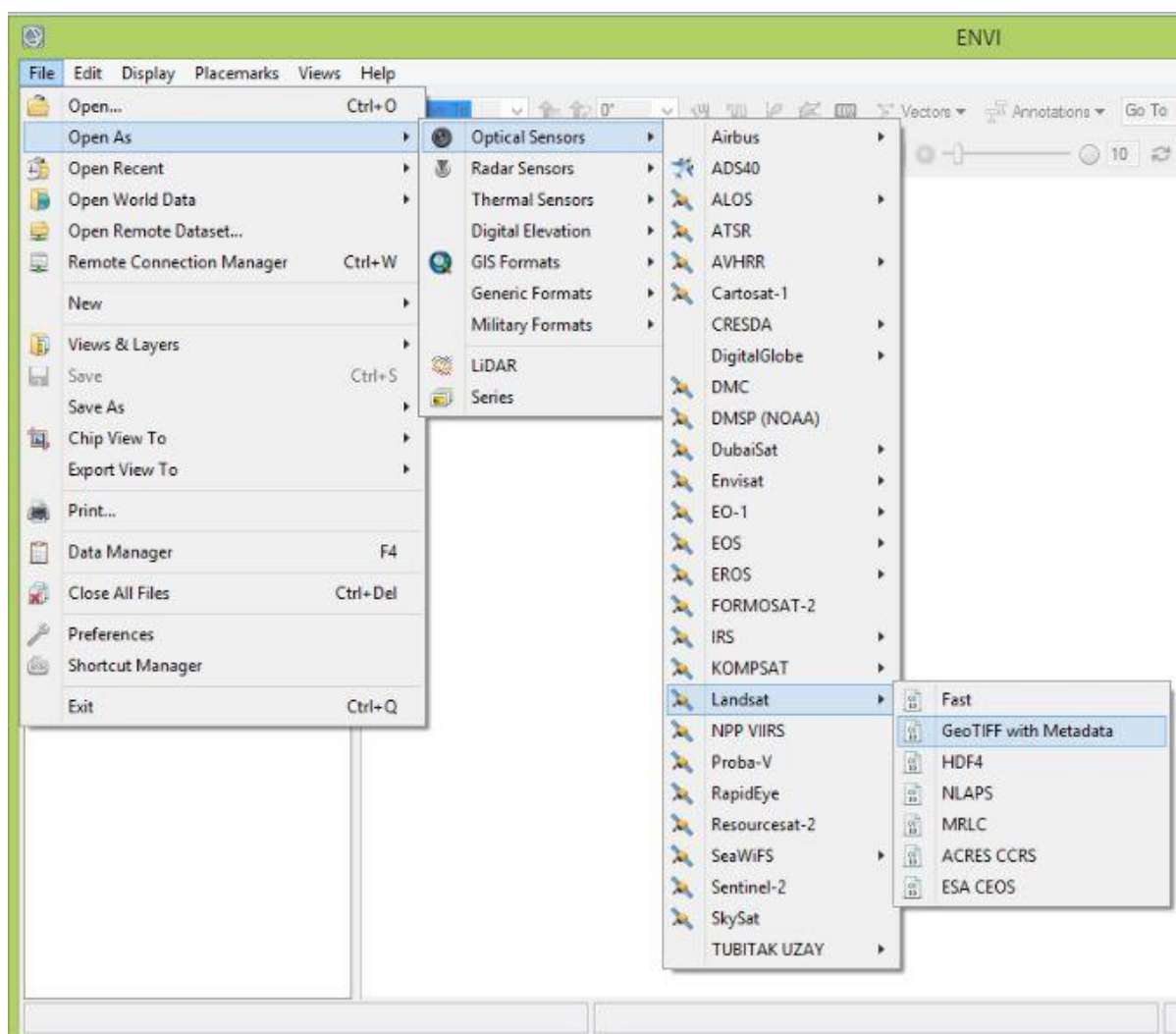
خاک: دارای افزایش تدریجی بازتاب با افزایش طول موج است.

Sample و Line در تصاویر ماهواره‌ای: برای شناسایی موقعیت دقیق هر پیکسل از دو پارامتر Sample که نشان‌دهنده موقعیت افقی پیکسل در تصویر است و عدد Line که نشان‌دهنده موقعیت عمودی پیکسل در تصویر است، استفاده می‌شود.

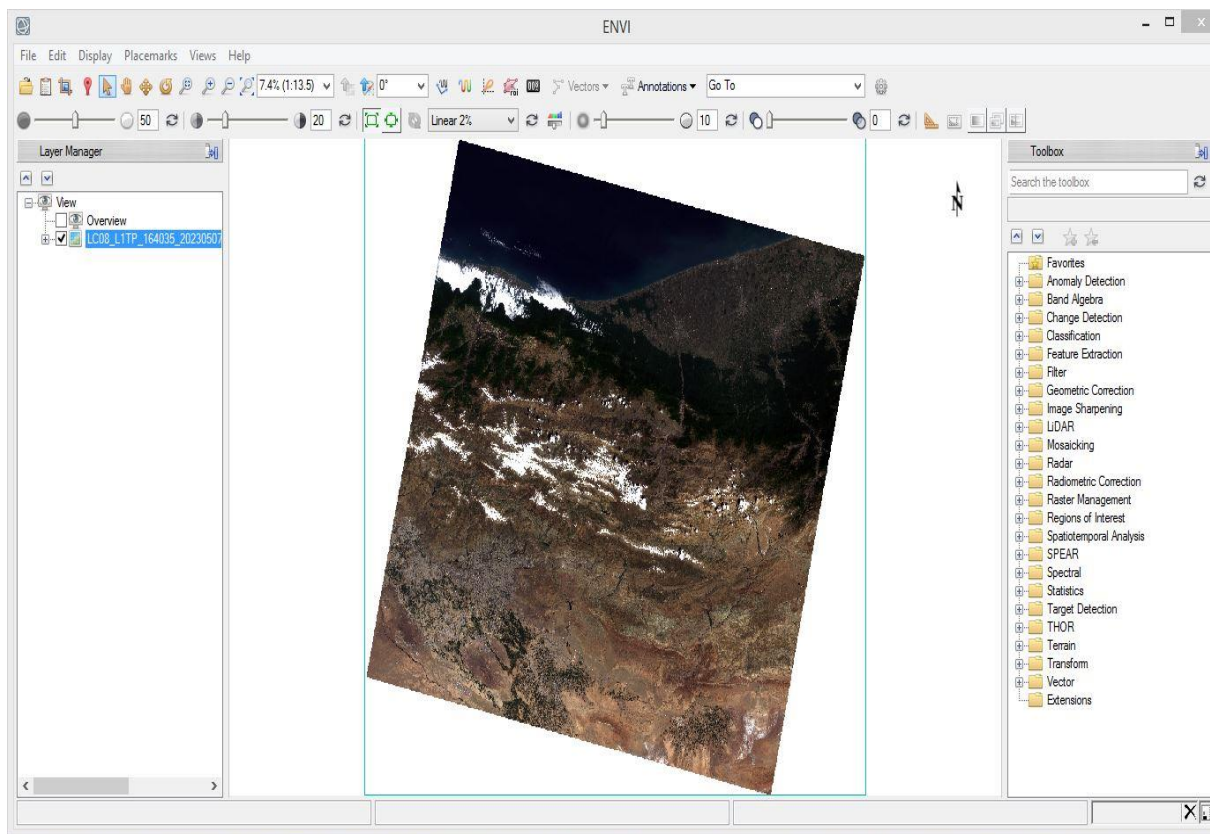
در پروژه حاضر از نرم‌افزارهای ENVI نرمال برای برش بخشی از تصویر و تصحیح رادیومتریک استفاده شد. همچنین از نرم‌افزار ENVI کلاسیک جهت محاسبه مقادیر بازتاب پدیده‌های آب، خاک، پوشش گیاهی، برف و ابر براساس طول موج‌های مختلف استفاده شد. و در نهایت از نرم‌افزار اکسل برای ترسیم نمودار منحنی رفتار طیفی هر کدام از پدیده‌های نام‌برده استفاده شد.

مراحل روش کار

مرحله ۱: در این پروژه از تصویر لندست ۸ با شماره گذر ۱۶۴ و شماره ردیف ۳۵ استفاده شده است. این تصویر مربوط به شمال کشور می‌باشد. برای نمایش تصویر به ترتیب از گزینه‌های File، Open As، Optical Sensors، Landsat و Geo TIFF with Metadata استفاده می‌کنیم. در پنجره باز شده فایل MTL را انتخاب و گزینه Open را می‌زنیم تا تصویر در نرم‌افزار نمایش داده شود.

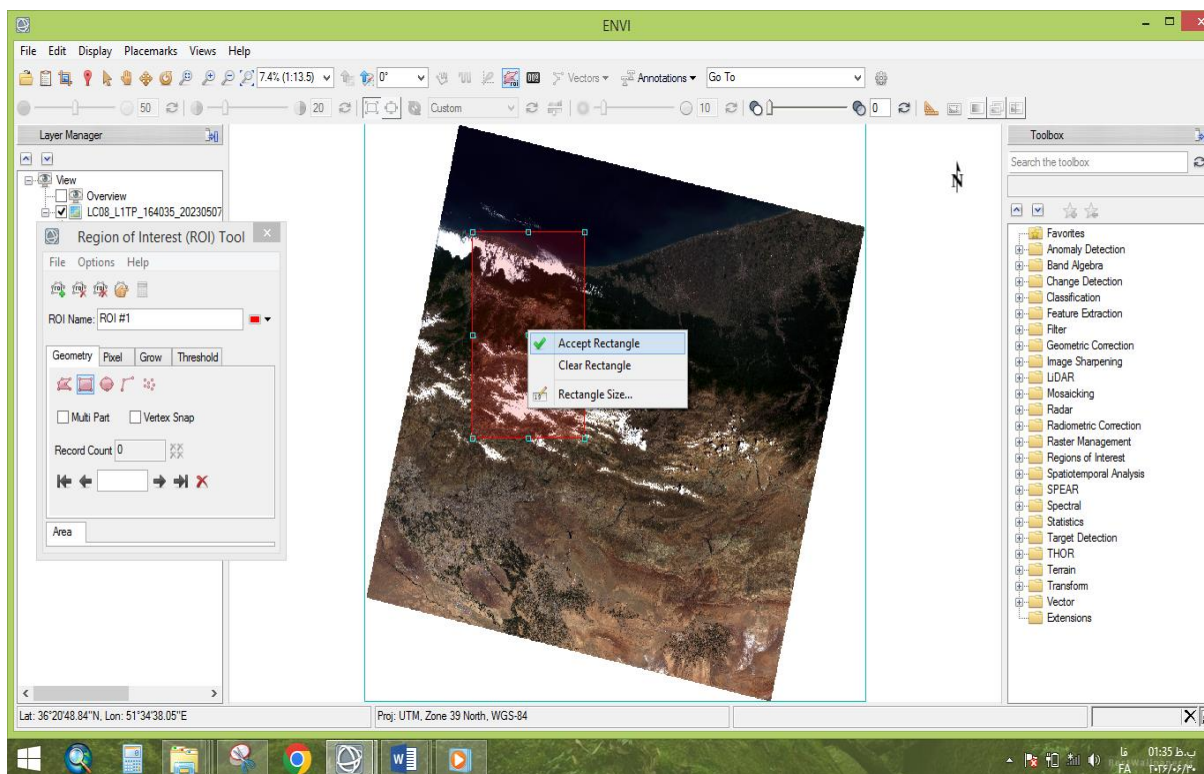


شکل ۱- فرایند انتخاب تصویر ماهواره‌ای مورد نظر



شکل ۲- تصویر نمایش داده شده در نرم افزار

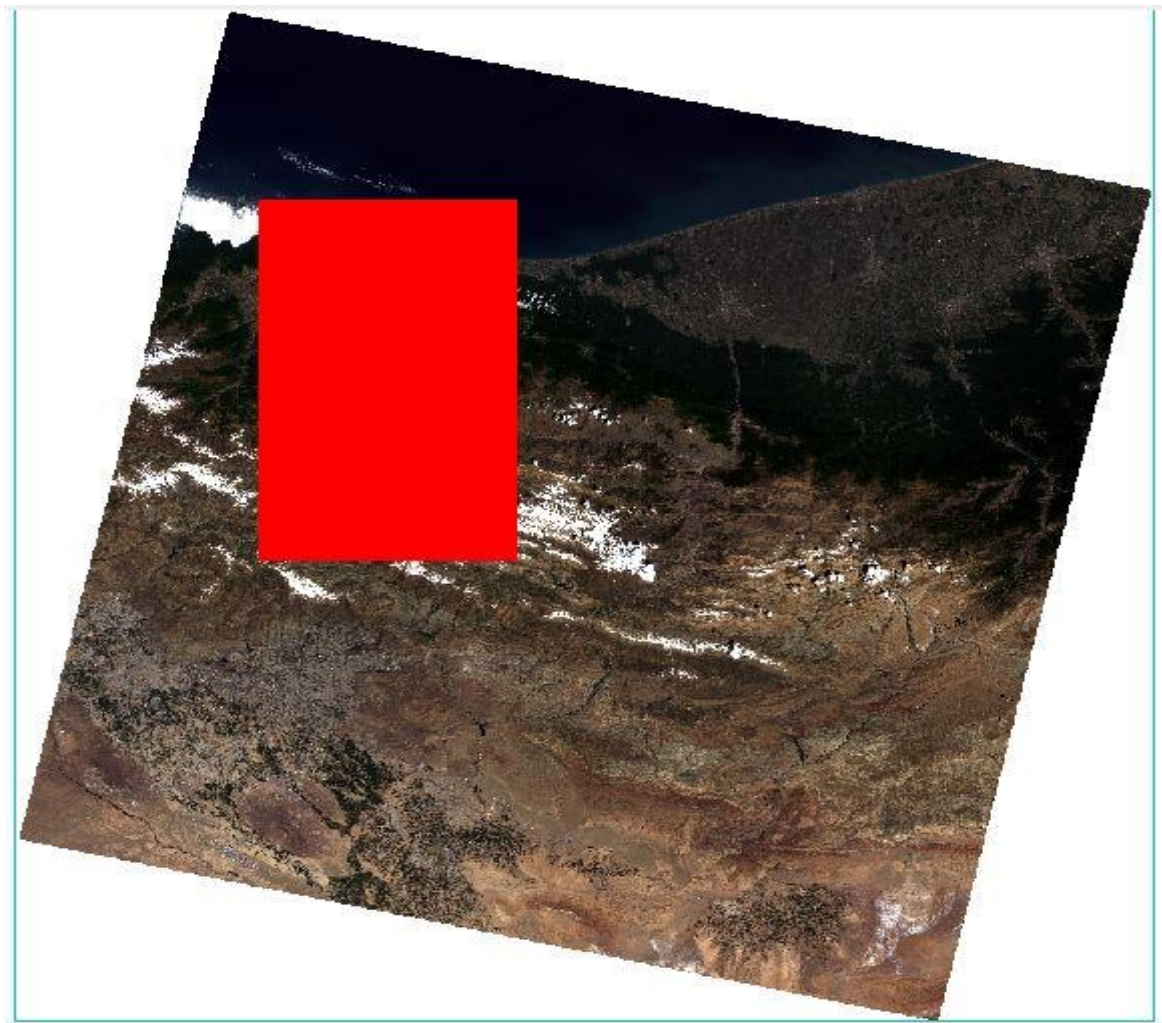
مرحله ۲: در این مرحله با استفاده از ابزار ROI (Region of Interest) بخش کوچکی از تصویر که ۵ پدیده آب، خاک، پوشش گیاهی، ابر و برف را دربرمی گیرد را انتخاب می کنیم. این امر به دلیل است که استفاده از تمامی تصویر برای فرایند تصحیح رادیومتریکی بسیار زمان بر و وقت گیر است. بنابراین تنها از بخشی کوچکی از تصویر جهت فرایند پیش پردازش و سایر پردازش ها استفاده می شود تا کار ما پرحجم و وقت گیر نشود. بدین منظور، ابزار ROI که در قسمت بالایی نرم افزار است را اجرا می کنیم تا پنجره آن باز شود. در کادر اجرا شده، از ابزار Rectangle برای انتخاب بخشی از تصویر استفاده می کنیم. سپس روی بخش انتخاب شده در تصویر کلیک راست می کنیم و گزینه Accept Rectangle را می زنیم تا محدوده انتخاب شده به شکل کادر قرمز رنگی شود. بنابراین از کادر قرمز رنگ برای برش تصویر در مرحله بعد استفاده می کنیم تا فرایند تصحیح رادیومتریکی تنها از بخشی که محدود به همین کادر قرمز است صورت گیرد. محدوده تعریف شده را باید ذخیره شود تا در مراحل بعدی بتوانیم از آن استفاده کنیم. بنابراین در پنجره ROI (Region of Interest) ابتدا گزینه File و سپس Save As را می زنیم تا پنجره ای مانند شکل ۴ باز شود. در این پنجره گزینه ROI #1 را انتخاب و سپس در بخش پایین همین پنجره و در قسمت Enter Output File محدوده انتخاب کرده را با نام Clip ذخیره می کنیم و در پایان OK را می زنیم.



شکل ۳- انتخاب بخش کوچکتري از تصوير با استفاده از ابزار ROI

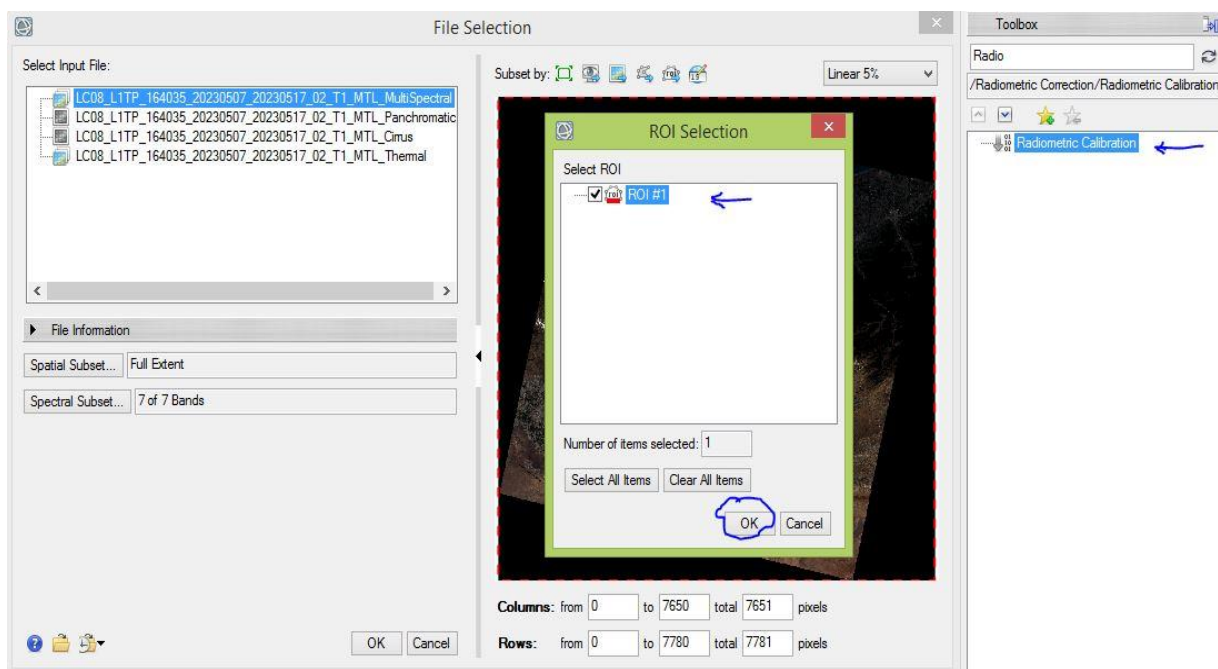


شکل ۴. ذخيره محدوده انتخاب کرده از طريق ابزار ROI

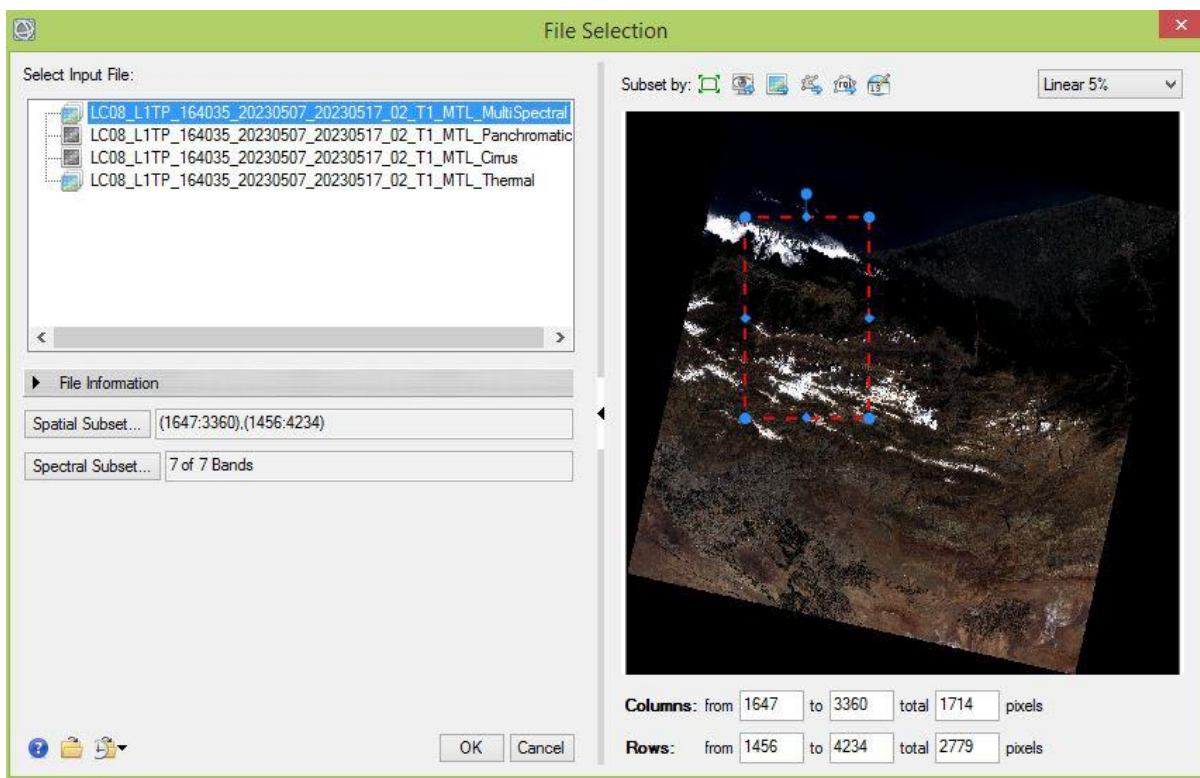


شکل ۵- بخش انتخاب شده توسط ابزار ROI

مرحله ۳: در این مرحله باید تصحیح رادیومتریک را بر روی تصویر ماهواره‌ای انجام دهیم. بنابراین، ابتدا از بخش Toolbox ابزار Radiometric Calibration را جستجو کرده و آن را انتخاب می‌کنیم تا پنجره جدیدی باز شود. در این پنجره تصویر MultiSpectral را برمی‌گزینیم. همان‌طور که اشاره شد ما تنها از بخش کوچکی از تصویر برای تصحیح رادیومتریک استفاده می‌کنیم. بدین‌منظور، در بخش پایین پنجره از گزینه Spatial Subset برای برش تصویر استفاده می‌کنیم. بعد از زدن این گزینه پنجره بزرگ‌تر شده و در بالای پنجره و سمت راست، ابزار Subset by ROI را انتخاب کرده و در پنجره جدید باز شده گزینه ROI #1 را فعال می‌کنیم و در پایان OK را می‌زنیم تا مرز تعریف شده بر روی تصویر انتخاب شود. با این کار تصویر براساس ROI تعریف‌شده، برش زده می‌شود.

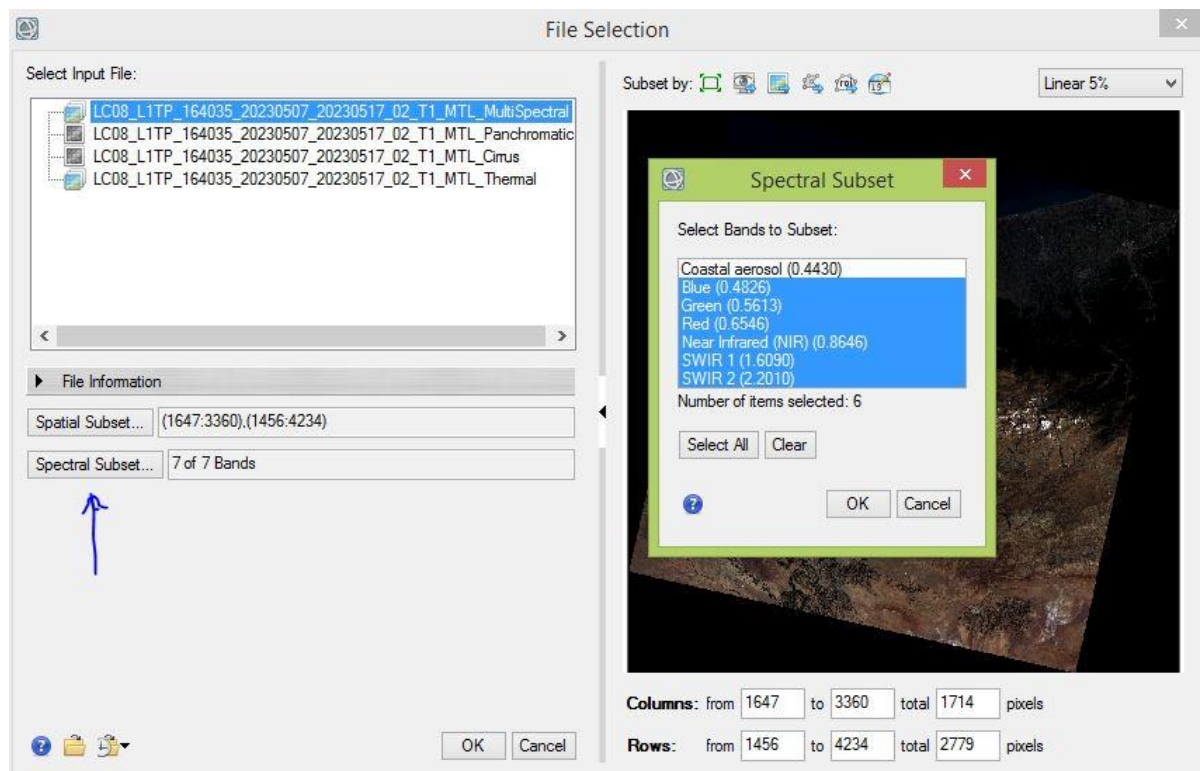


شکل ۶- برش تصویر براساس ROI تعریف شده

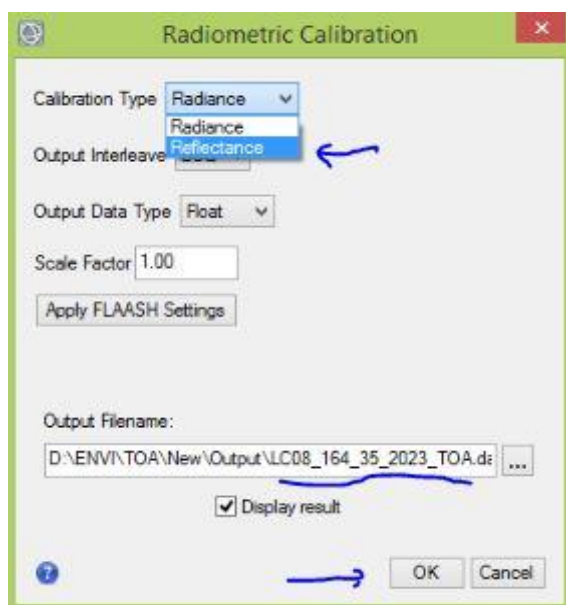


شکل ۷- نمایش بخش انتخاب شده برای برش تصویر

در ادامه این مرحله، گزینه Spectral Subset را انتخاب می‌کنیم تا کادر جدیدی باز شود. در این کادر همانند شکل ۸، باندهای ۲ تا ۷ را انتخاب کرده و OK را می‌زنیم. در ادامه نیز گزینه OK را انتخاب می‌کنیم تا پنجره تصحیح رادیومتریک برای ما گشوده شود.

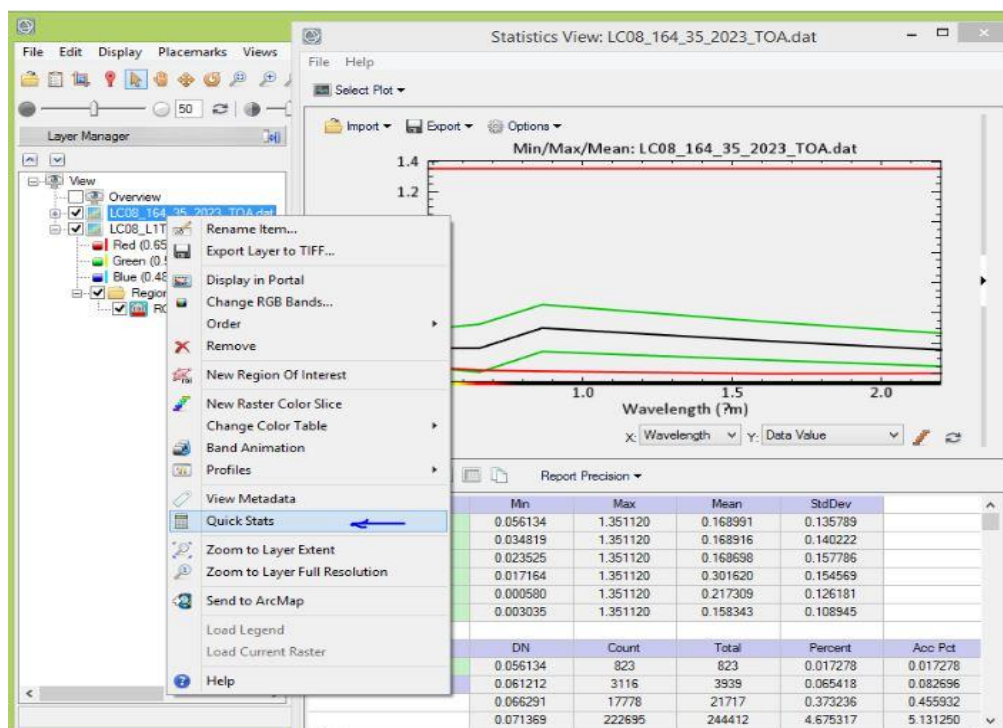


شکل ۸- انتخاب باندهای ۲ تا ۷ از تصویر مولتی اسپکترال



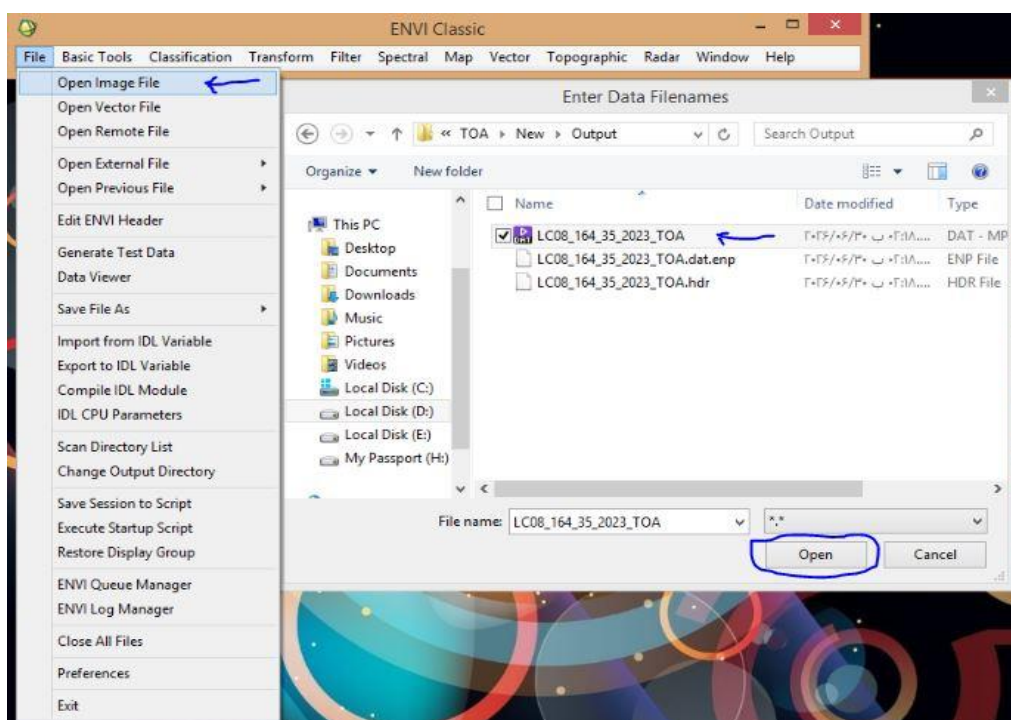
شکل ۹- انتخاب گزینه Reflectance برای تصحیح رادیومتریک

بعد از پایان فرایند تصحیح رادیومتری و تولید تصویر جدید، بر روی تصویر LC08_164_35_2023_TOA کلیک راست کرده و گزینه Quick Stats را انتخاب می‌کنیم تا آماره‌های تصویر به ما نمایش دهد.



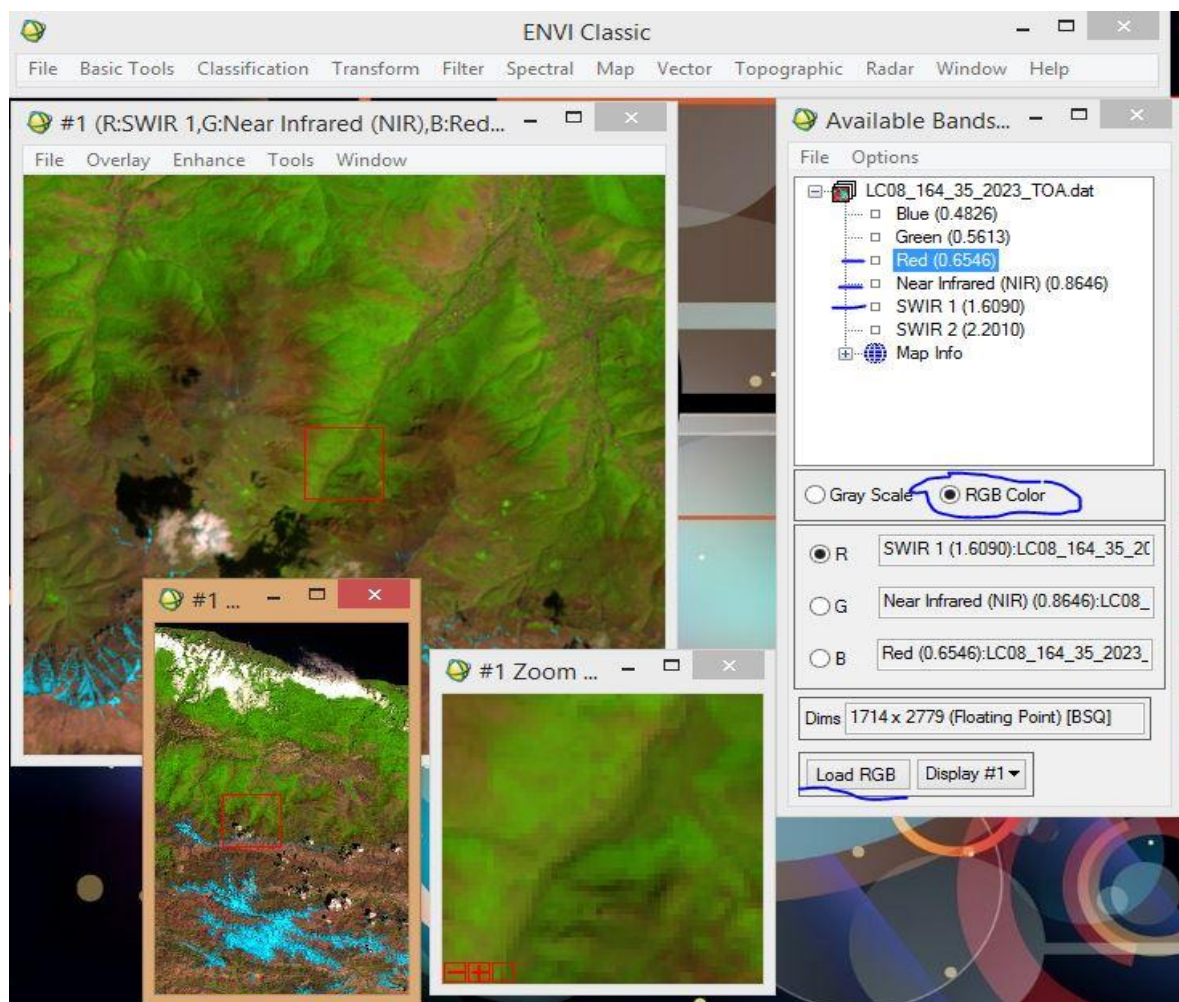
شکل ۱۰- اطلاعات و آمار تصویر LC08_164_35_2023_TOA

مرحله ۴: در این مرحله نرم‌افزار ENVI کلاسیک را اجرا می‌کنیم. سپس از بخش File، گزینه Open Image را انتخاب و تصویر LC08_164_35_2023_TOA را از کامپیوترمان فراخوانی می‌کنیم.



شکل ۱۱- انتخاب تصویر LC08_164_35_2023_TOA از محل ذخیره‌شده تصویر در کامپیوترمان

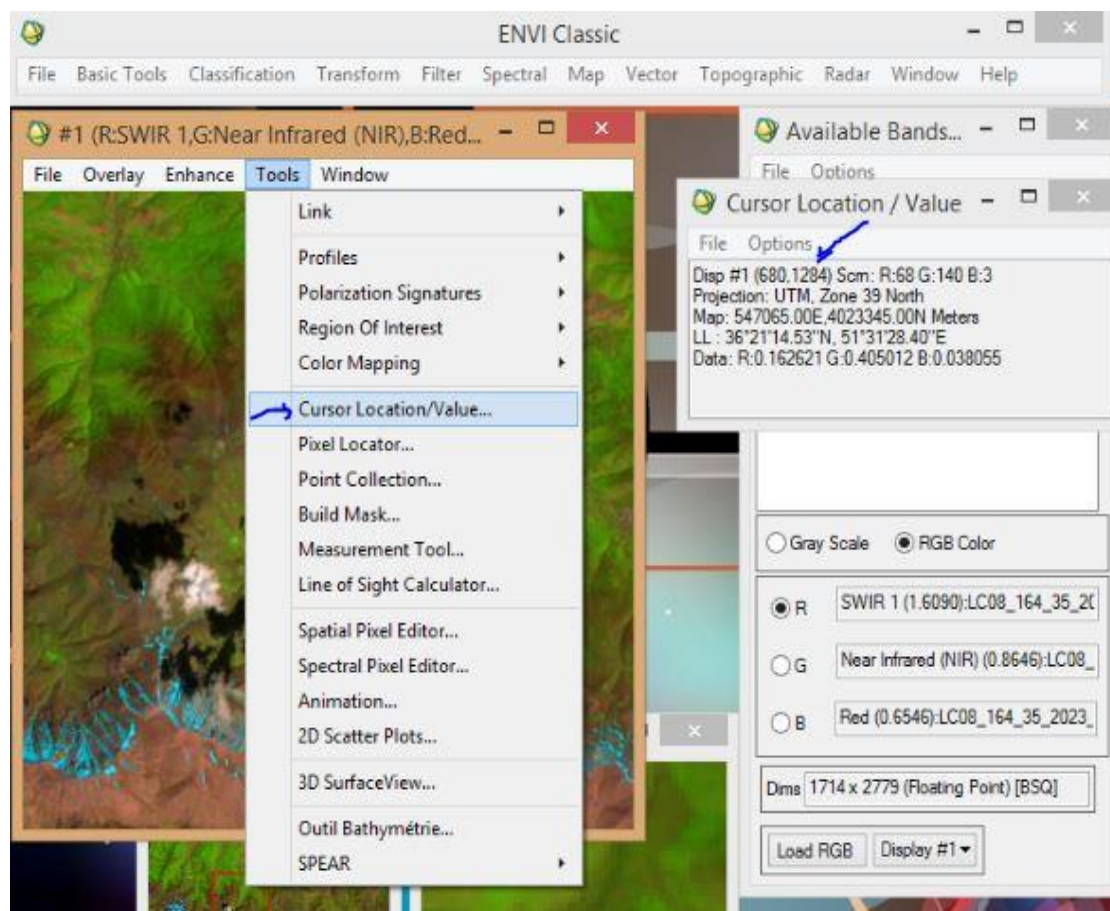
بعد از انتخاب تصویر، آن را به ترتیب با ترکیب رنگی باند SWIR1 (به عنوان رنگ قرمز)، NIR (به عنوان رنگ سبز) و باند Red (به عنوان رنگ آبی) نمایش می‌دهیم. بنابراین در پنجره Available Bands List ترکیب رنگی ذکر شده را انتخاب و در نهایت گزینه Load RGB را می‌زنیم تا تصویر نمایش داده شود.



شکل ۱۲- نمایش تصویر با ترکیب رنگی به ترتیب باند SWIR1، NIR و Red

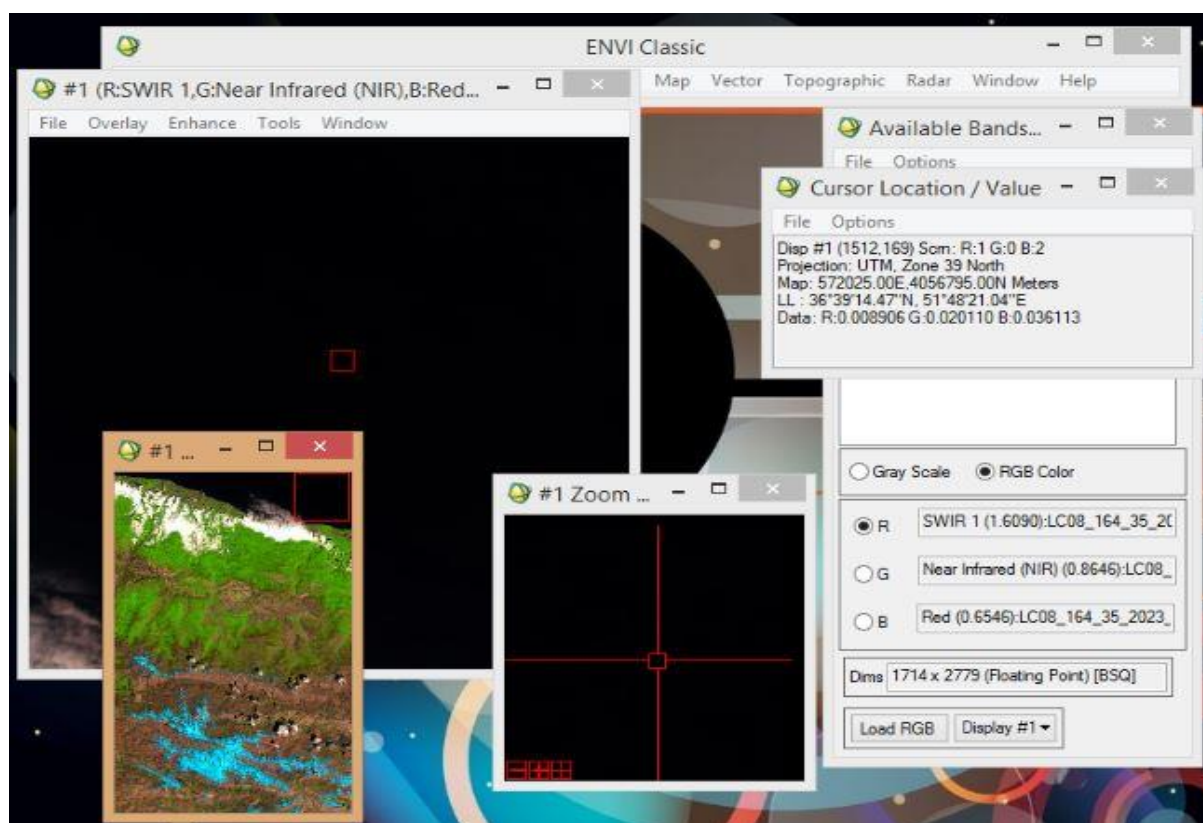
مرحله ۵: در این مرحله باید خالص‌ترین پیکسل‌ها مربوط به هر کدام از پدیده‌های آب، خاک، پوشش گیاهی، برف و ابر را انتخاب کنیم و ارزش سطر و ستون آن پیکسل را بدست آوریم. منظور از خالص‌ترین پیکسل این است که به عنوان مثال، پیکسلی که کاملاً سبزرنگ است را با اطمینان کامل می‌توانیم بگوییم که توسط پوشش گیاهی پوشیده شده است. برای اینکه موقعیت دقیق یک پیکسل خالص از هر پدیده را بیابیم از ابزار Cursor Location/Value استفاده می‌کنیم. بدین‌منظور، ابتدا از منوی Tools مربوط به پنجره تصویر، ابزار Cursor Location/Value را انتخاب می‌کنیم تا پنجره جدیدی باز شود. در این پنجره اعدادی وجود دارد که با حرکت دادن نشانگر موس روی پیکسل‌های تصویر این اعداد نیز تغییر می‌کنند. در جلوی عبارت Disp #1 دو عدد در درون پرانتز وجود دارد که عدد اول Sample و عدد دوم Line می‌باشد (شکل ۱۳). بنابراین نشانگر

موس را روی پیکسلی که به‌طور خالص هرکدام از پدیده‌های آب، خاک، پوشش گیاهی، برف و ابر نشان می‌دهد قرار می‌دهیم و اعداد Sample و Line آن‌ها را یادداشت می‌کنیم.

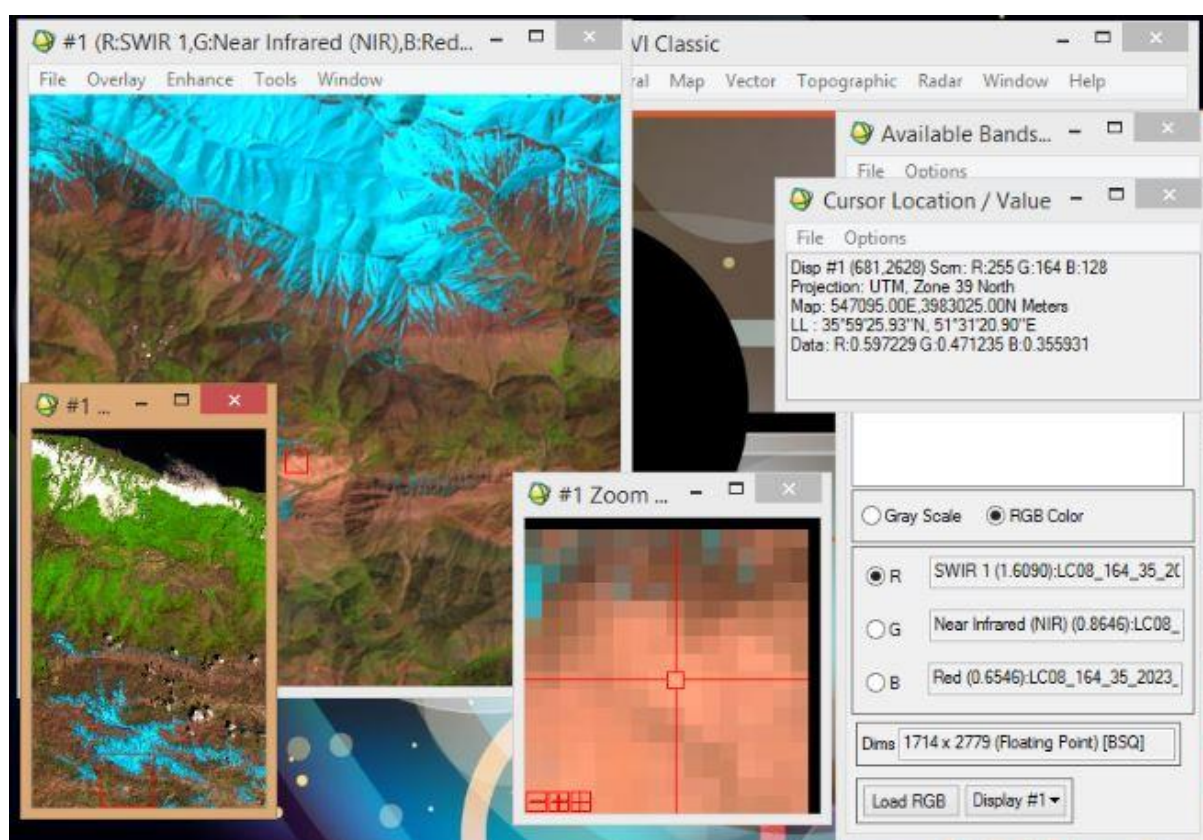


شکل ۱۳- ابزار Cursor Location/Value و نمایش اعداد Sample و Line

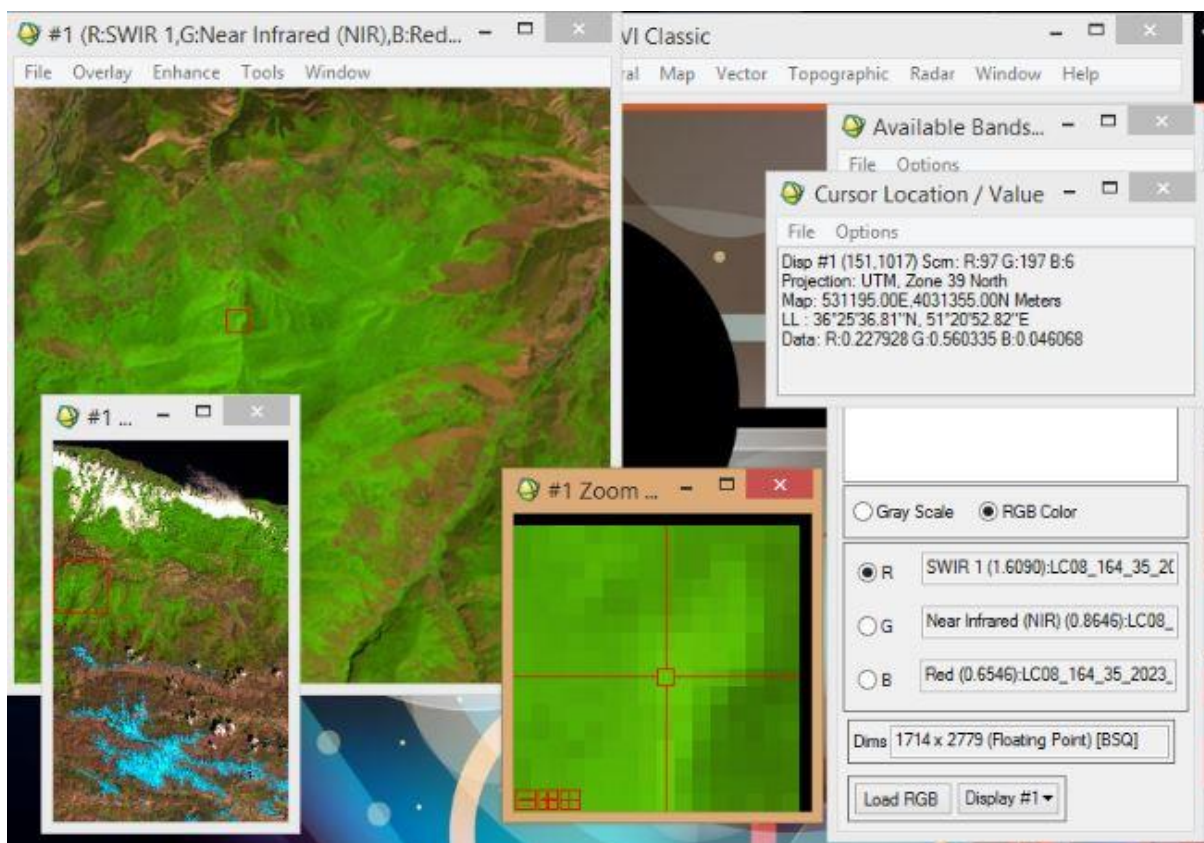
به عنوان مثال برای اینکه یک پیکسل خالص را از آب را پیدا کنیم، نشانگر موس را روی پیکسلی که کاملاً آب را نشان می‌دهد قرار می‌دهیم و اعداد مربوط به Sample و Line آن پیکسل را یادداشت می‌کنیم. همانطور که در شکل ۱۴ نشان داده شده، نشانگر موس روی یک پیکسل خالص از آب قرار گرفته و در پنجره Cursor Location/Value نیز مقدار ارزش Sample را ۱۵۱۲ و ارزش Line را ۱۶۹ نشان می‌دهد. برای سایر پدیده‌ها نیز به همین روش عمل کرده و مقادیر Sample و Line آن‌ها را که نمایانگر یک پیکسل خالص از هرکدام از پدیده‌ها است را بدست می‌آوریم. با استفاده از تعیین موقعیت دقیق هر پیکسل خالص مربوط به هر پدیده، می‌توان در مراحل بعدی کار میزان بازتاب آن‌ها را در هر طول موج بدست آورد. در نهایت با استفاده از مقادیر بدست آمده از میزان بازتاب می‌توان منحنی رفتار طیفی هر پدیده را ترسیم کرد.



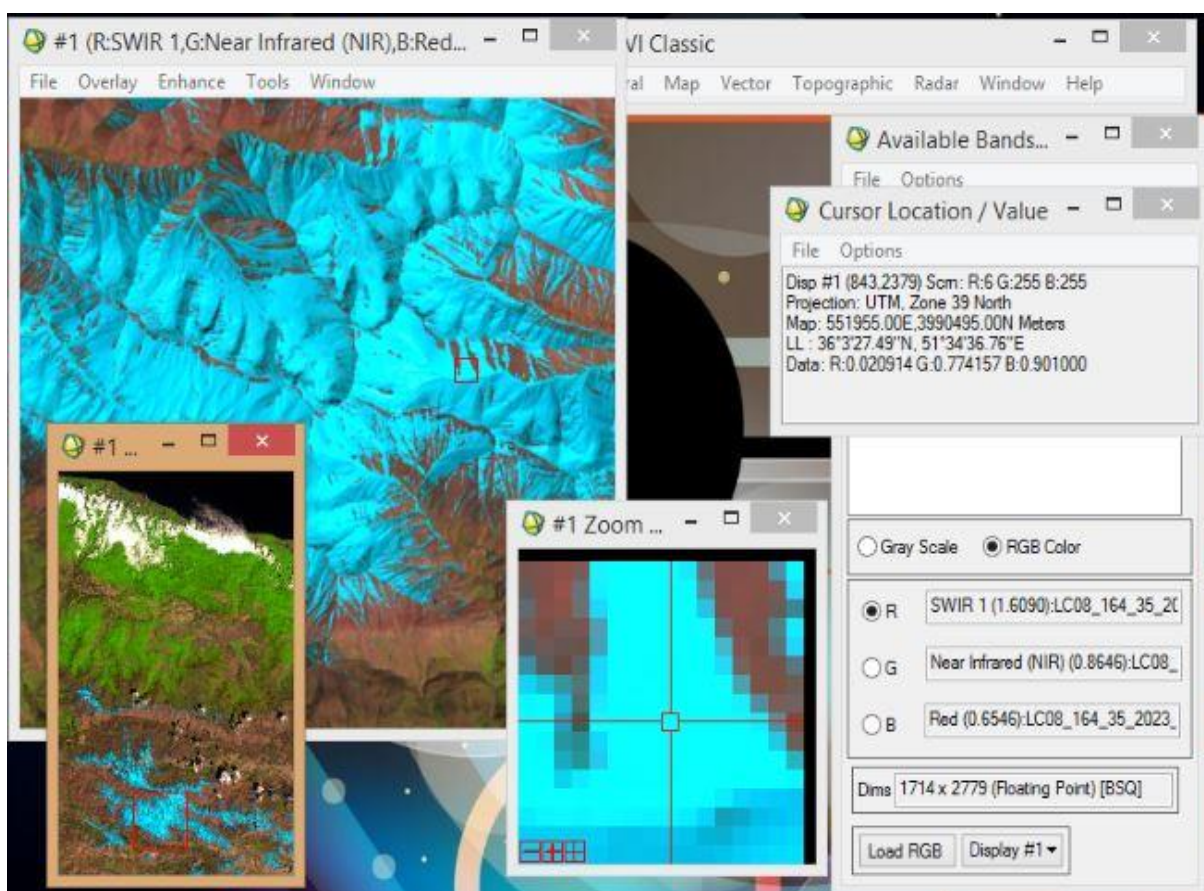
شکل ۱۴- مقادیر Sample و Line مربوط به پیکسل خالص آب



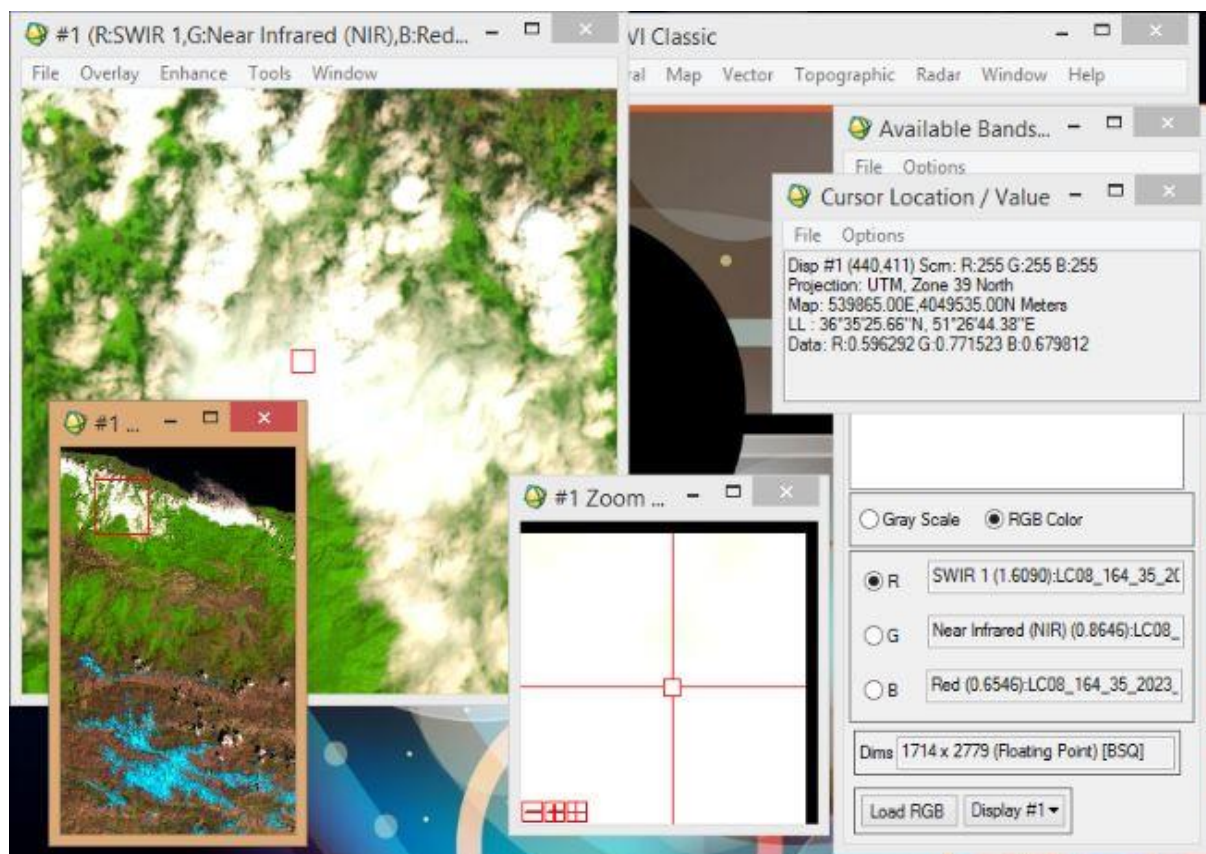
شکل ۱۵- مقادیر Sample و Line مربوط به پیکسل خالص خاک



شکل ۱۶- مقادیر Sample و Line مربوط به پیکسل خالص پوشش گیاهی



شکل ۱۷- مقادیر Sample و Line مربوط به پیکسل خالص برف

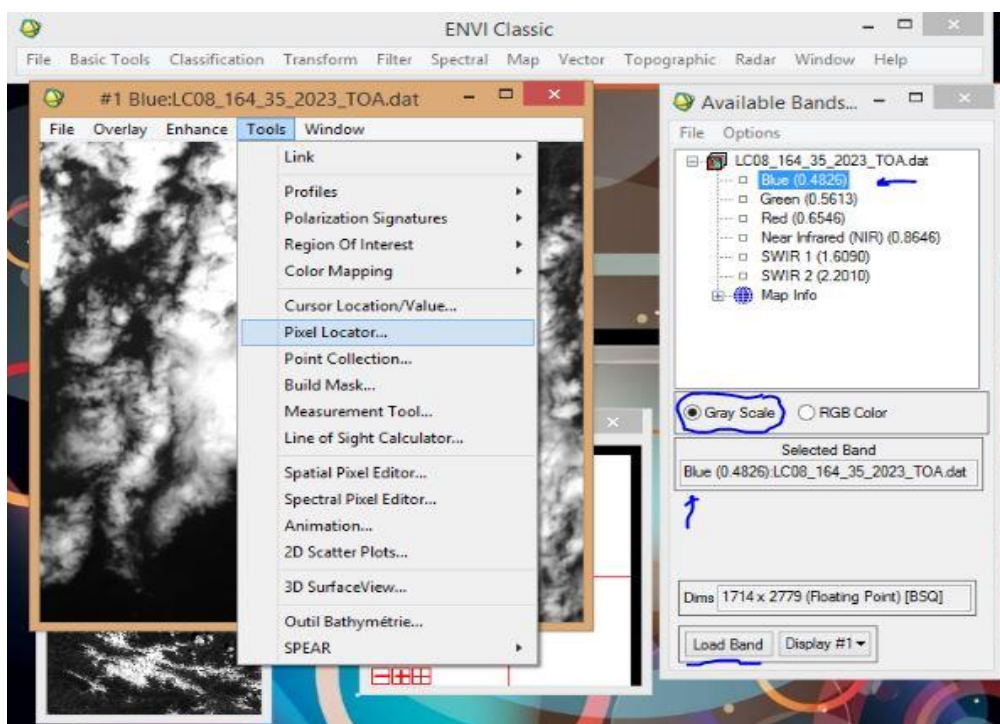


شکل ۱۸- مقادیر Sample و Line مربوط به پیکسل خالص ابر

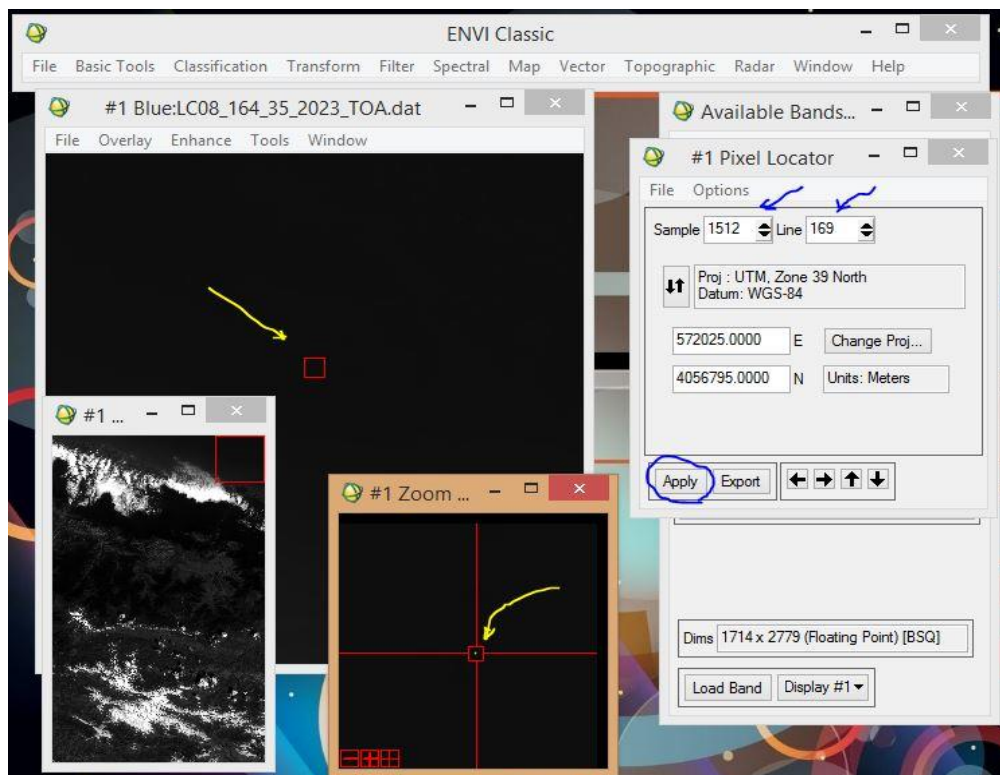
بدین صورت مقادیر پیکسل خالص برای خاک (Sample = 2628 و Line = 681)، پوشش گیاهی (Sample = 151 و Line = 1017)، برف (Sample = 2379 و Line = 843) و ابر (Sample = 440 و Line = 411) نیز محاسبه شد.

مرحله ۶: در این مرحله باید تصویر ماهواره‌ای را به نوبت توسط هر باند نمایش دهیم و با استفاده از ابزاری دیگر به نام Pixel Locator، موقعیت خالص و دقیق پیکسل هر کدام از پدیده‌ها را که در مرحله قبل بدست آوردیم را وارد کنیم تا میزان بازتاب هر پدیده را براساس طول موج مشخص بدست آوریم. بنابراین در پنجره Available Bands List ابتدا باند آبی را به روش Gray Scale انتخاب و سپس گزینه Load Band را می‌زنیم تا تصویر باند آبی نمایش داده شود. در مرحله بعد از منوی بالای تصویر (باند آبی) گزینه Tools و سپس Pixel Locator را انتخاب می‌کنیم تا کادر جدیدی گشوده شود (شکل ۱۹). در این پنجره شماره Sample و Line مربوط به آب را در کادر مربوط به آن‌ها وارد می‌کنیم و در پایان گزینه Apply را می‌زنیم تا نشانگر موس به روی موقعیت پیکسل خالص آب که از قبل تعیین کرده بودیم برود (شکل ۲۰). در مرحله آخر، برای اینکه از صحت موقعیت پیکسلی که وارد کردیم آگاه شویم، باید مجدداً ابزار Cursor Location/Value را از منوی Tools انتخاب کنیم. سپس نشانگر موس را دقیقاً در مرکز پنجره کوچکی که پدیده‌ها را با بزرگ‌نمایی زیاد

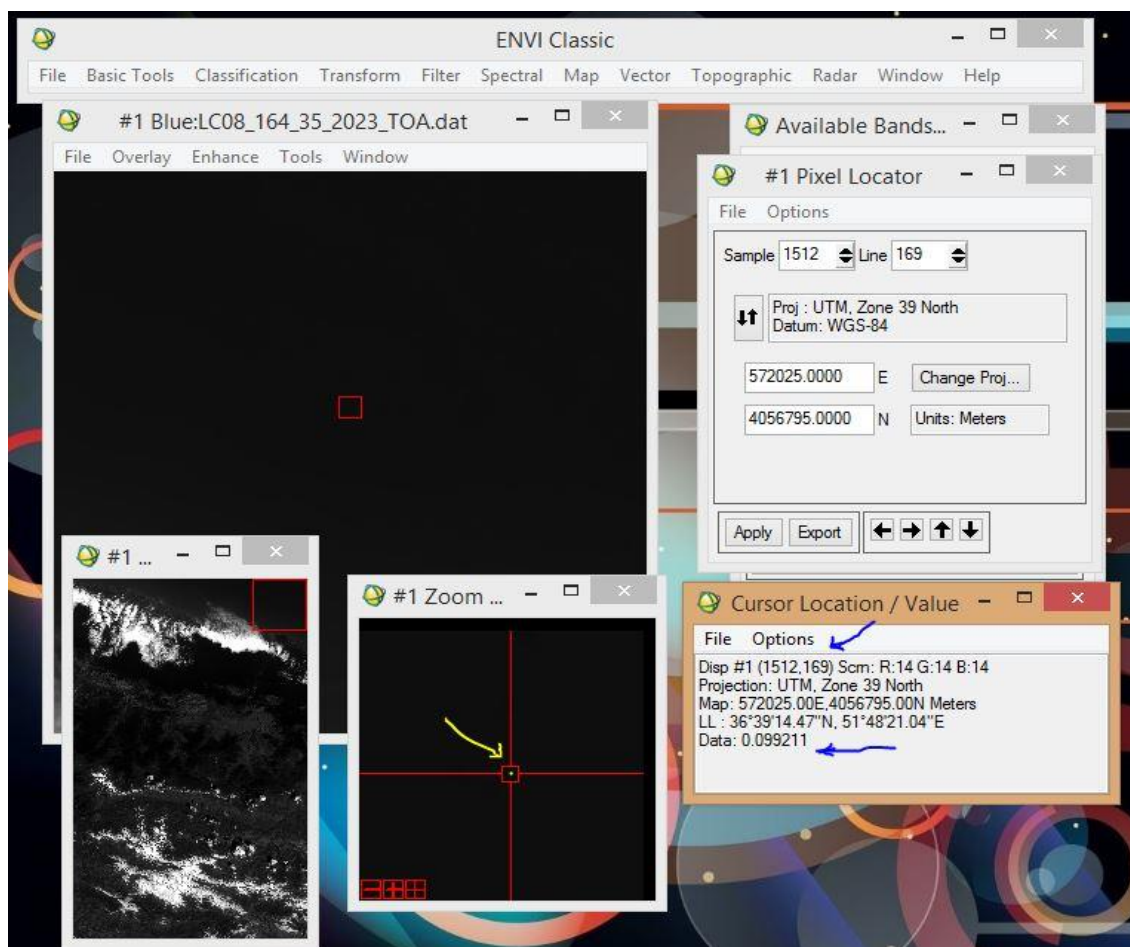
نشان می‌دهد قرار داده تا مطمئن شویم که اعداد Sample و Line درون پنجره Pixel Locator با اعداد Line و Sample در پنجره Cursor Location/Value، یکسان هستند (شکل ۲۱).



شکل ۱۹- نمایش باند آبی و انتخاب ابزار Pixel Locator

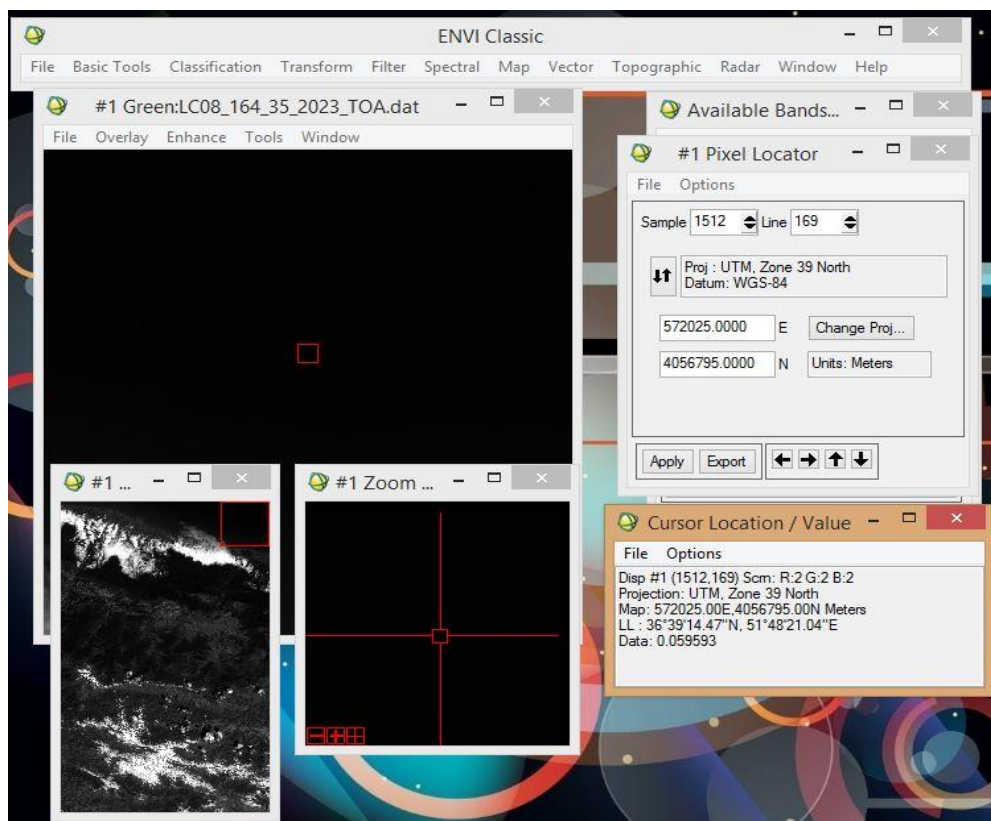


شکل ۲۰. وارد کردن مقادیر Sample و Line مربوط به پیکسل خالص آب برای باند آبی

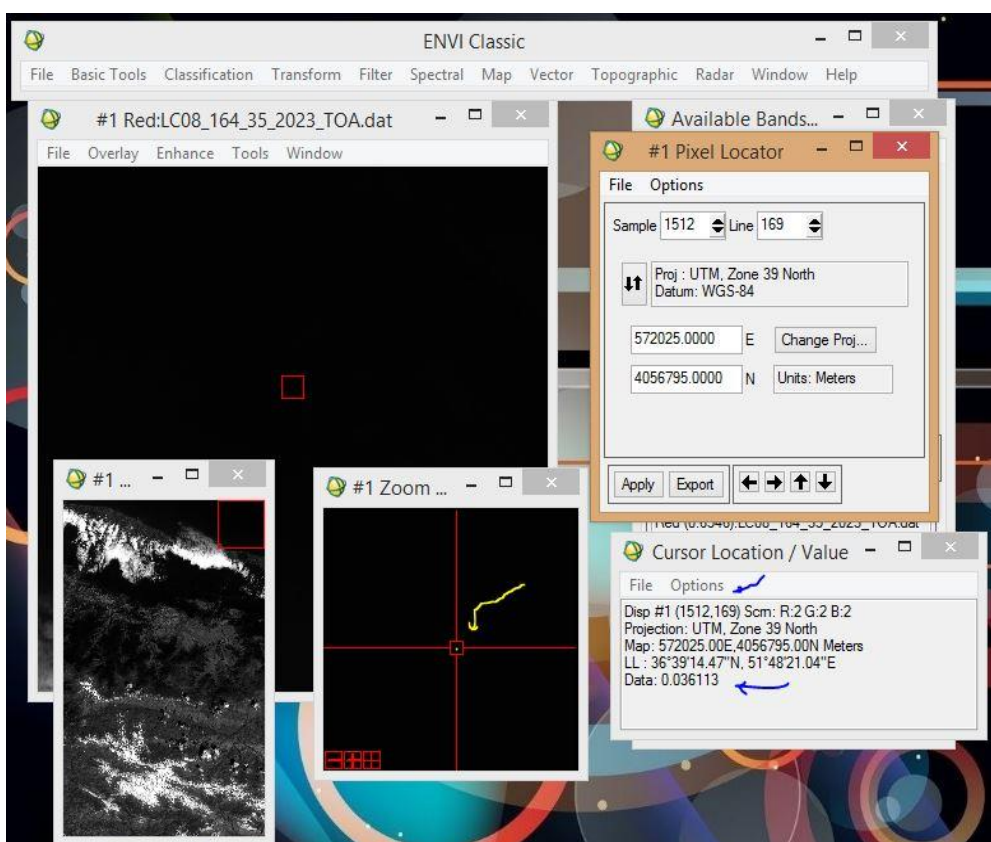


شکل ۲۱. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب آب در باند آبی

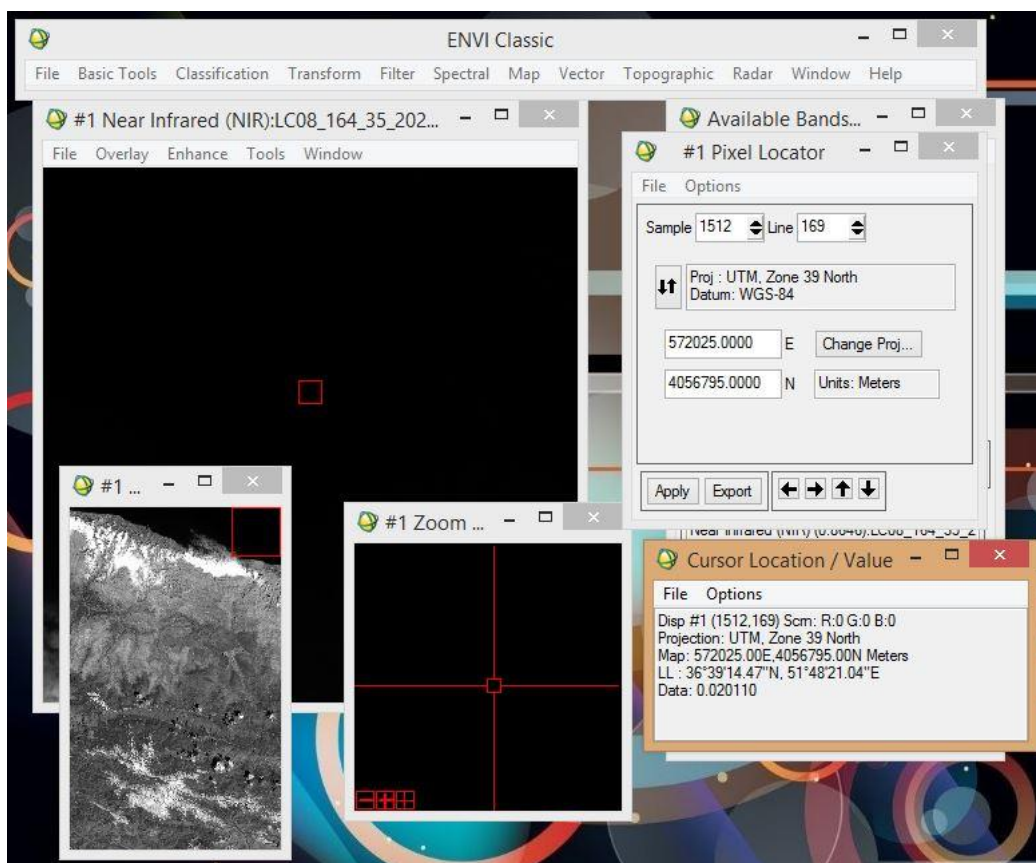
همانطور که در شکل ۲۱ نشان می‌دهد، میزان بازتابی که از پیکسل خالص آب در باند آبی بدست آمده، عدد ۰/۰۹۹ می‌باشد. در ادامه، تمامی فرایندهای فوق را برای پدیده آب و براساس سایر باندهای تصویر نیز انجام می‌دهیم. بنابراین این بار از پنجره Available Bands List باند سبز را انتخاب و سپس گزینه Load Band را می‌زنیم تا تصویر باند سبز نمایش داده شود. سپس مقدار پیکسل خالص آب را براساس شماره Sample و Line برای این باند نیز در پنجره Pixel Locator وارد می‌کنیم. در نهایت نشان‌گر موس را در موقعیت پیکسل خالص آب که در پنجره کوچک تصویر نمایش می‌دهد قرار می‌دهیم و اعداد Sample و Line در پنجره Cursor Location/Value را با اعداد Sample و Line در پنجره Pixel Locator مقایسه می‌کنیم. اگر مقادیر Sample و Line در دو پنجره مذکور یکسان بود، متوجه می‌شویم که کار را به درستی انجام داده‌ایم. همچنین شکل ۲۲، میزان بازتابی که براساس پیکسل خالص آب برای باند سبز بدست آوردیم را نیز نشان می‌دهد. میزان بازتابی که از پیکسل خالص آب در باند سبز بدست آمده، عدد ۰/۰۵۹ می‌باشد.



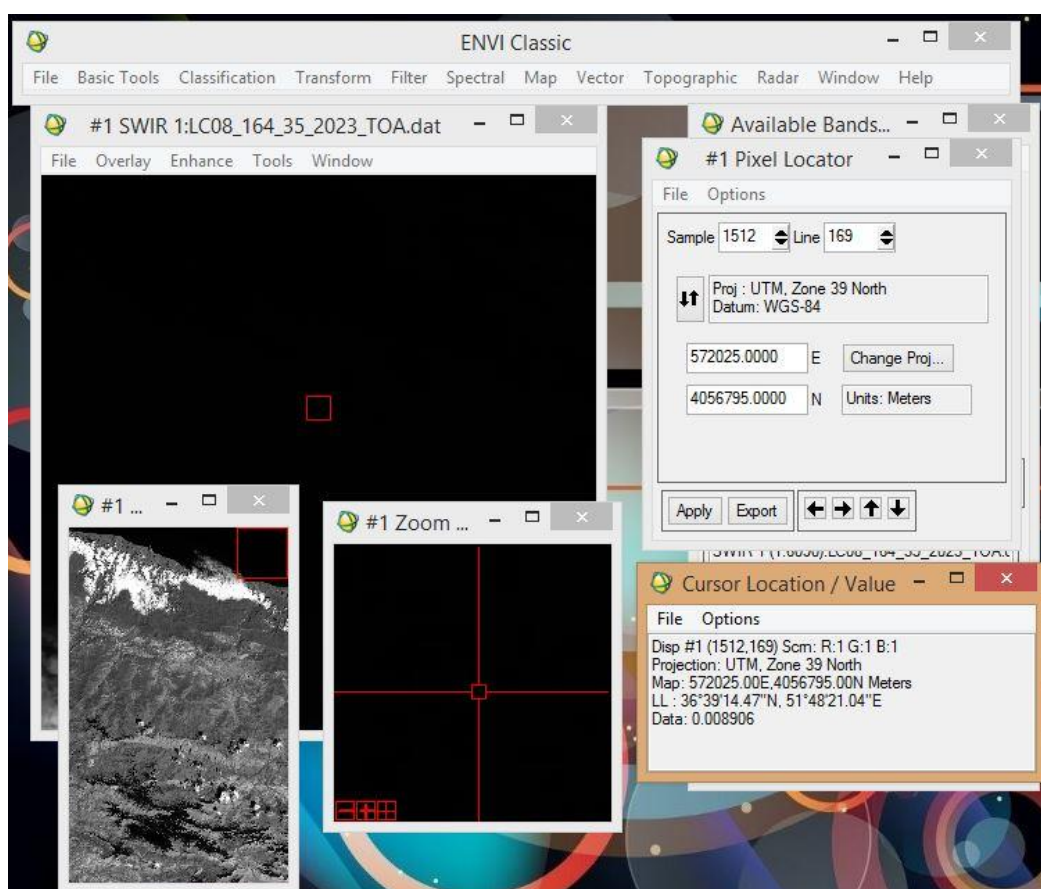
شکل ۲۲. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب آب در باند سبز



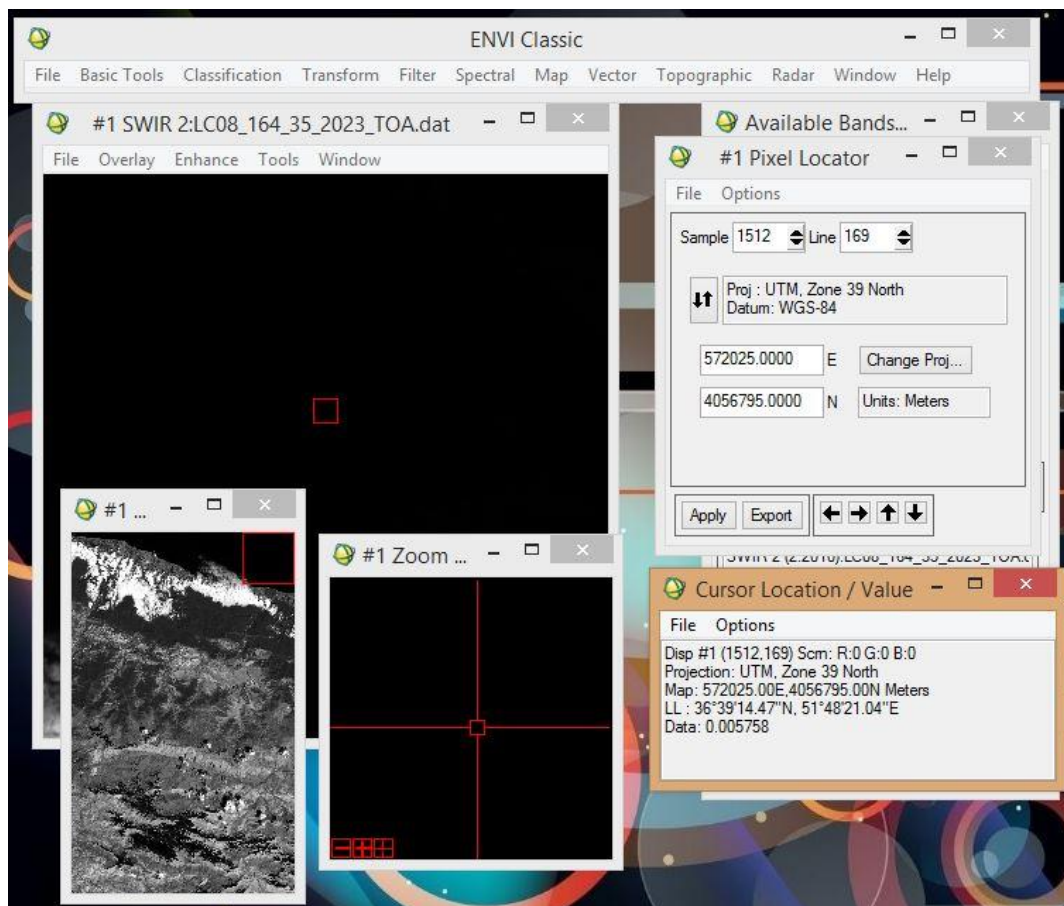
شکل ۲۳. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب آب در باند قرمز



شکل ۲۴. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب آب در باند مادون قرمز نزدیک



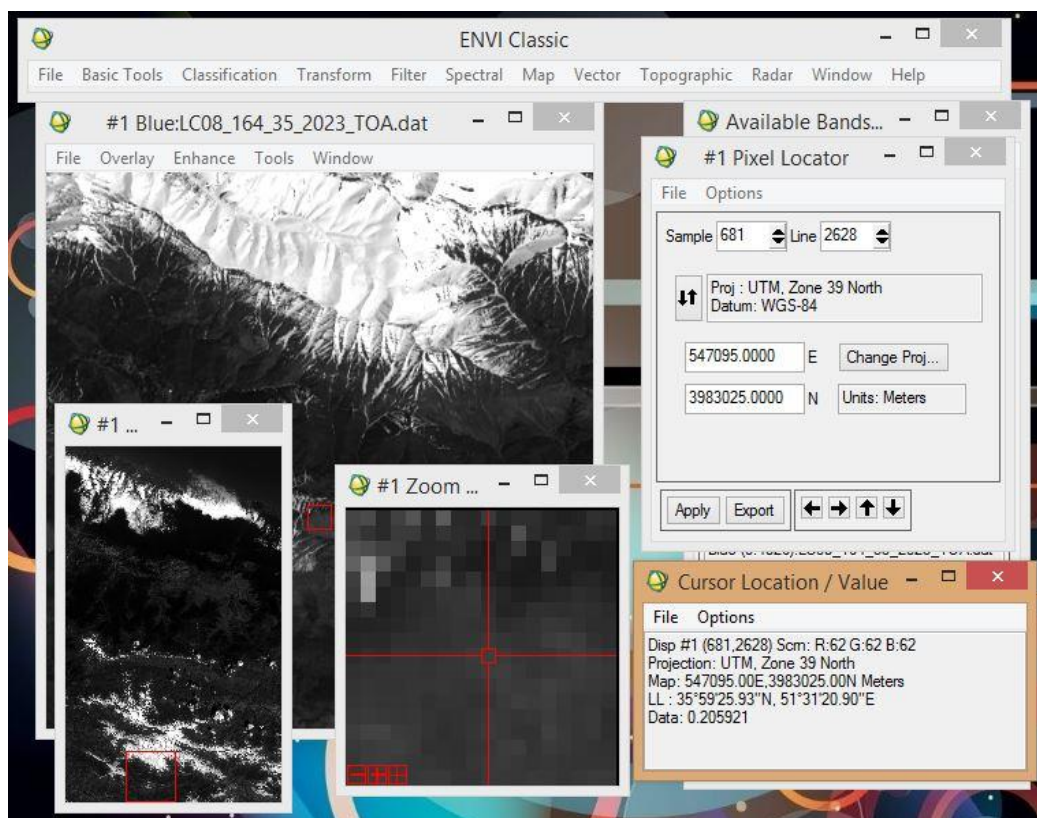
شکل ۲۵. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب آب در باند SWIR1



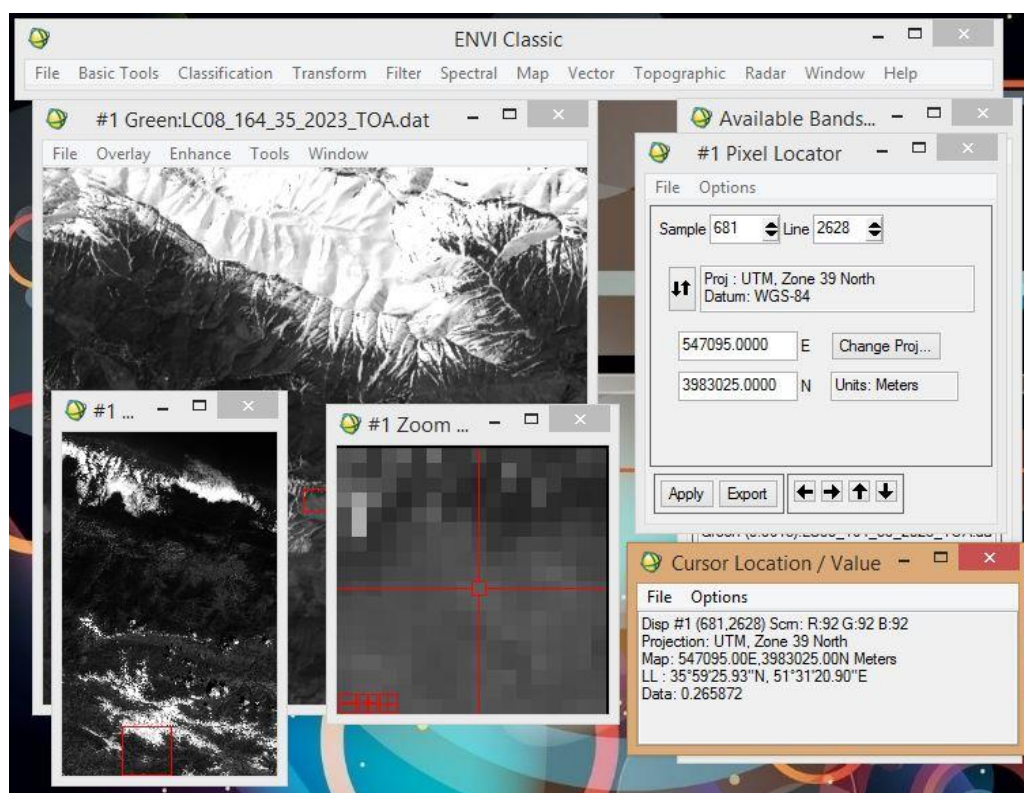
شکل ۲۶. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب آب در باند SWIR2

همانطور که در شکل‌های ۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶ مشاهده می‌شود مقدار بازتاب برای باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک، SWIR1 و SWIR2 به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۲۰، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۵ می‌باشد.

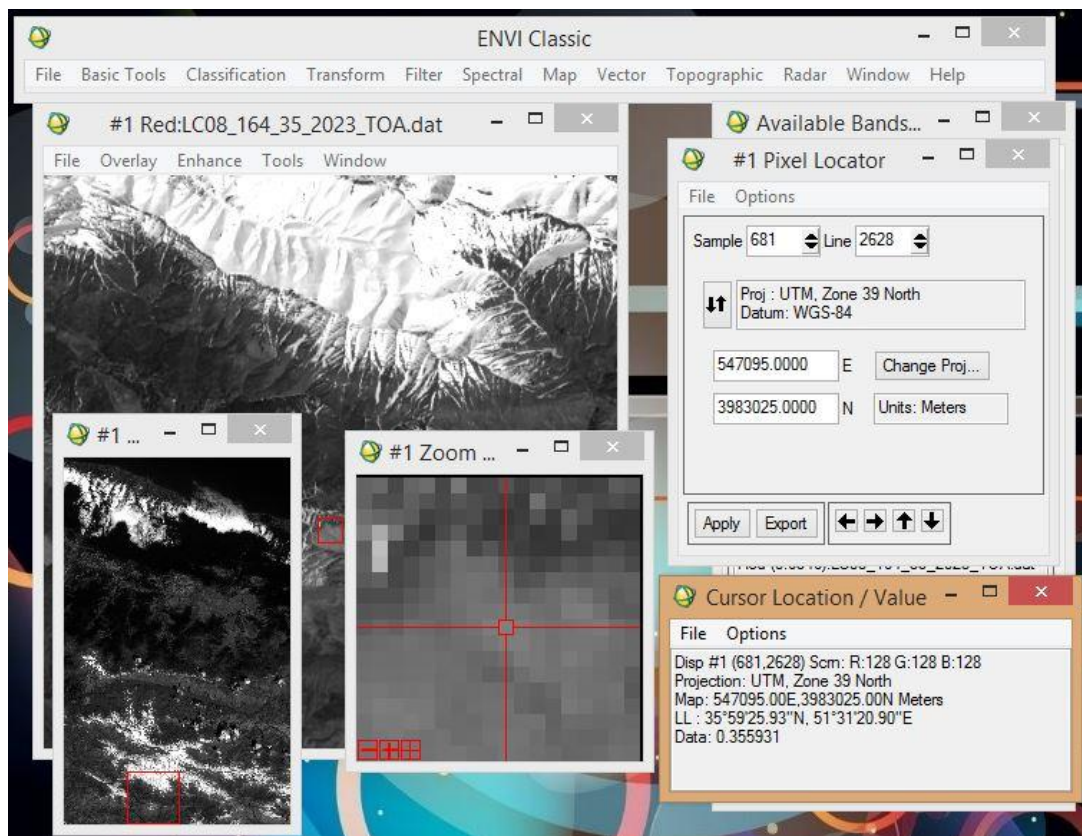
برای سایر پدیده‌ها نیز به روش گفته‌شده عمل کرده و میزان بازتاب آن‌ها را برای طول موج‌های مختلف محاسبه می‌کنیم. به عنوان نمونه، در پنجره Available Bands List باند آبی را انتخاب و گزینه Load Band را می‌زنیم تا تصویر باند آبی نمایش داده شود. سپس مقدار پیکسل خالص خاک را براساس شماره Sample و Line برای باند آبی در پنجره Pixel Locator وارد می‌کنیم. در پنجره Pixel Locator شماره Sample و Line مربوط به خاک که به ترتیب ۲۶۲۸ و ۶۸۱ می‌باشد را در کادر مربوط به آن‌ها وارد می‌کنیم. برای اینکه از صحت موقعیت پیکسلی که وارد کردیم آگاه شویم، نشان‌گر موس را دقیقاً در مرکز پنجره کوچکی که پدیده‌ها را با بزرگ‌نمایی زیاد نشان می‌دهد قرار داده تا مطمئن شویم که اعداد Sample و Line درون پنجره Pixel Locator با اعداد Sample و Line در پنجره Cursor Location/Value، یکسان هستند. اگر مقادیر Sample و Line در دو پنجره مذکور یکسان بود، متوجه می‌شویم که کار را به درستی انجام داده‌ایم. همچنین شکل ۲۷، میزان بازتابی که براساس پیکسل خالص خاک برای باند آبی بدست آوردیم را نیز نشان می‌دهد. میزان بازتابی که از پیکسل خالص خاک در باند آبی بدست آمده، عدد ۰/۲۰۵ می‌باشد.



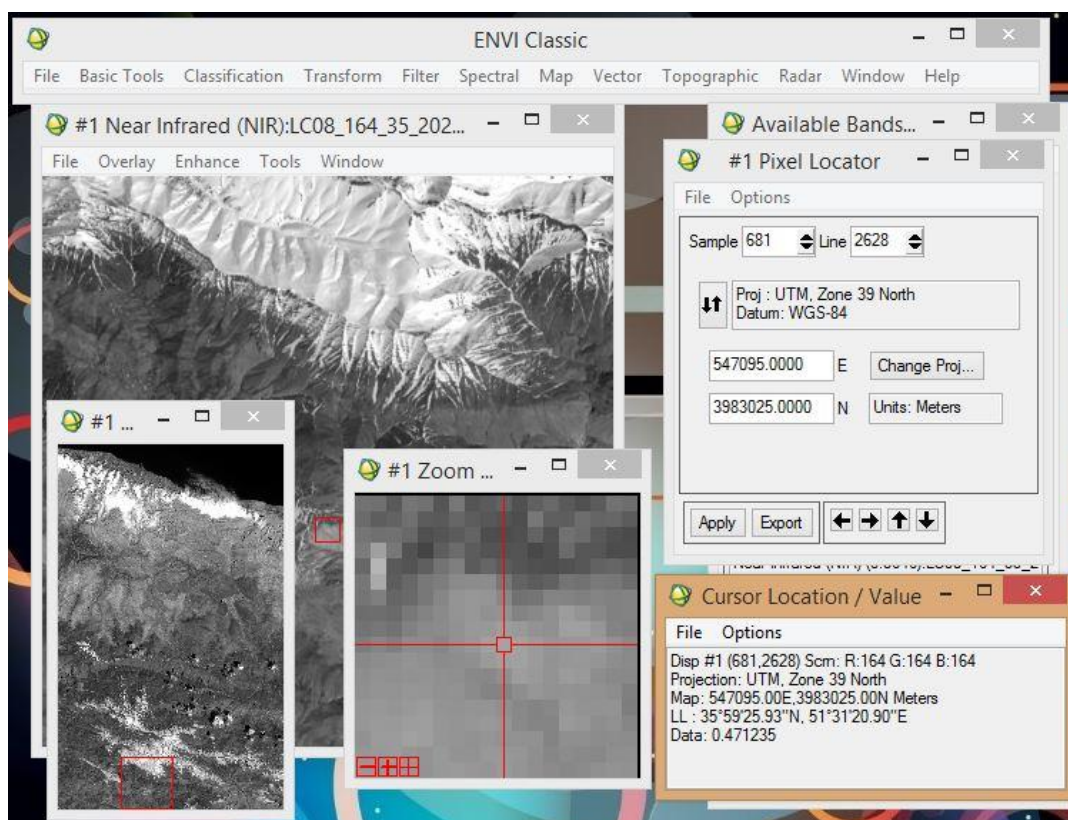
شکل ۲۷. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب خاک در باند آبی



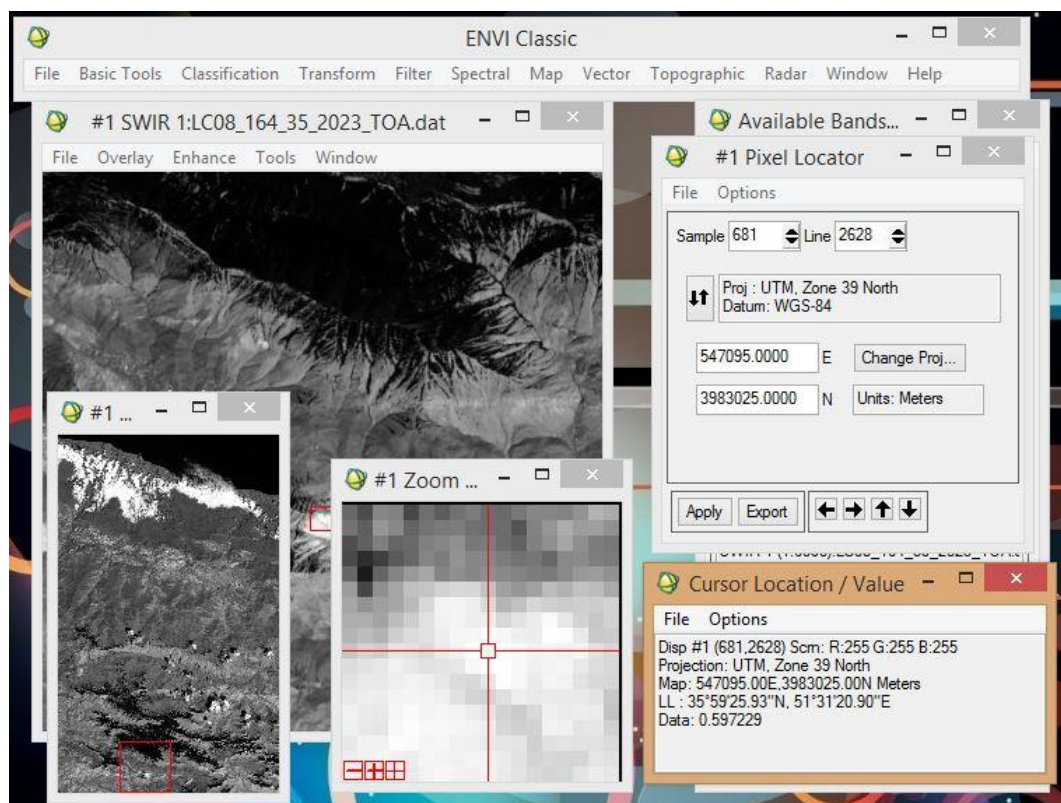
شکل ۲۸. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب خاک در باند سبز



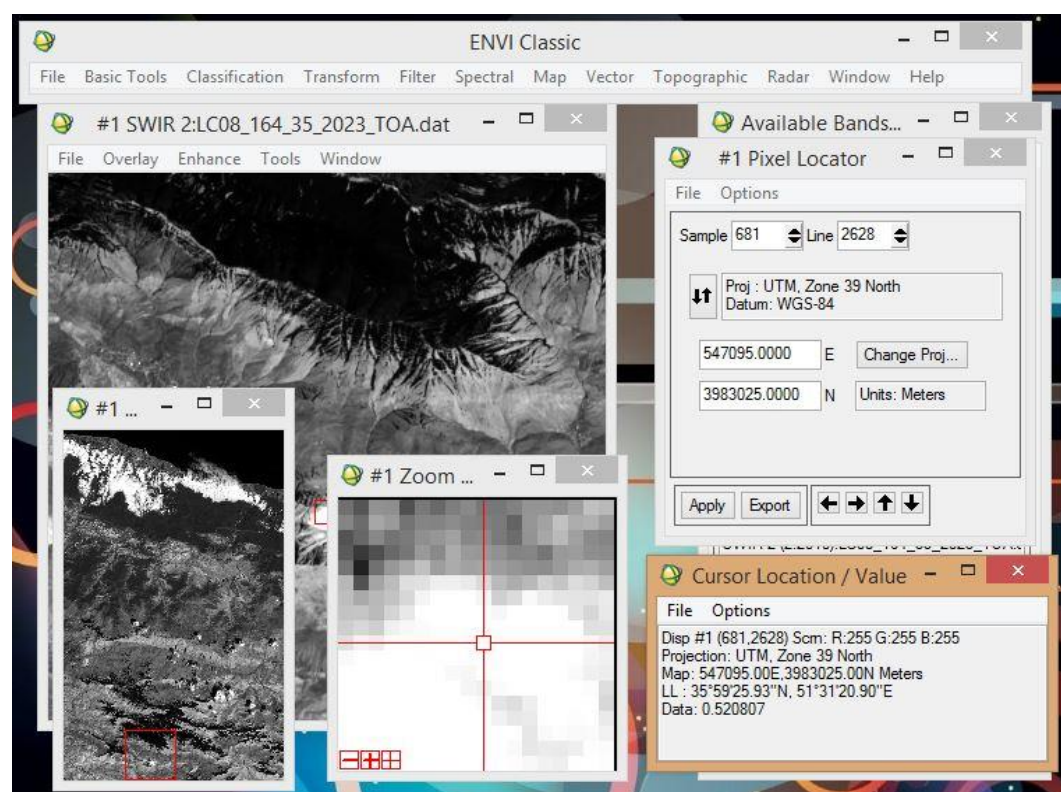
شکل ۲۹. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب خاک در باند قرمز



شکل ۳۰. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب خاک در باند مادون قرمز نزدیک

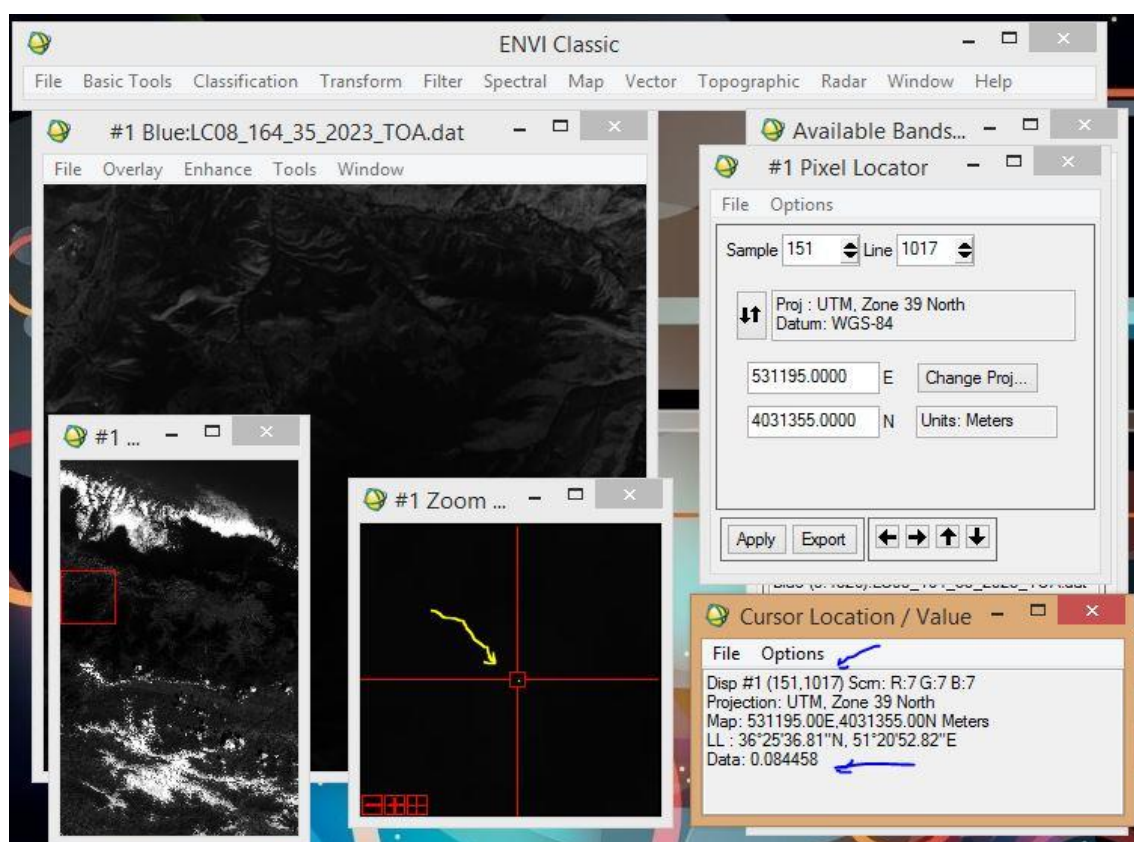


شکل ۳۱. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب خاک در باند SWIR1

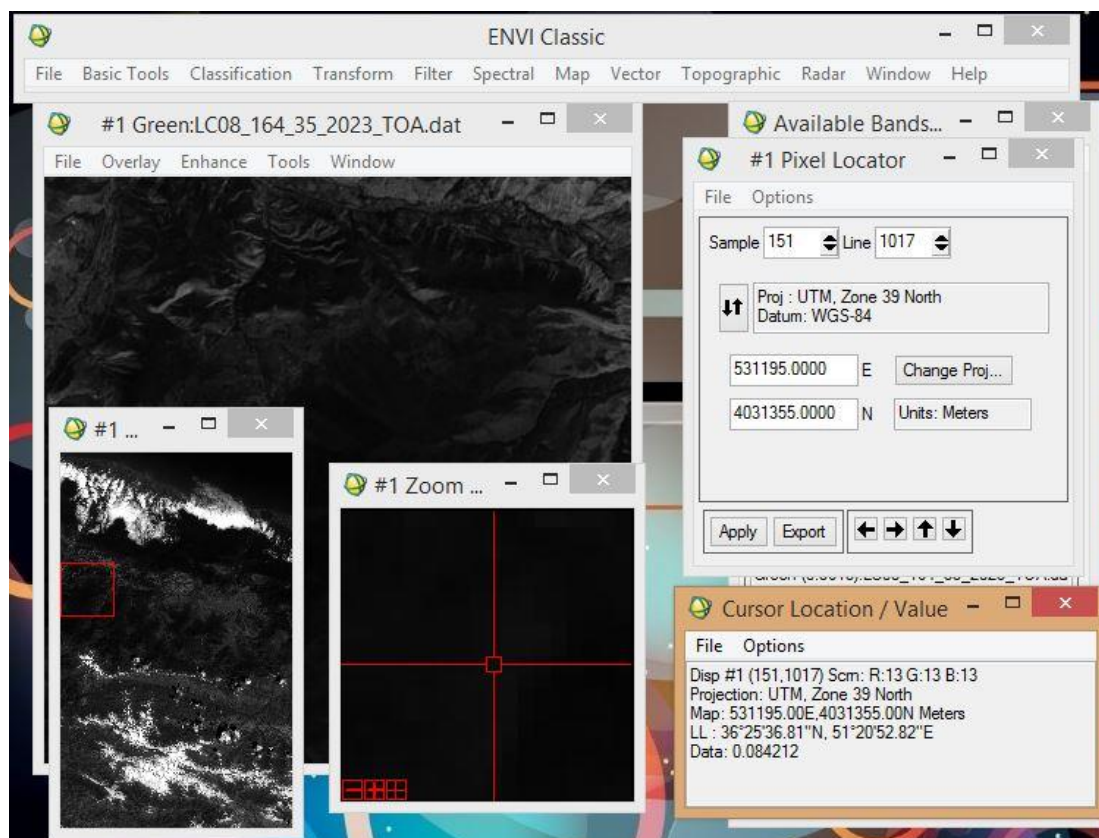


شکل ۳۲. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب خاک در باند SWIR2

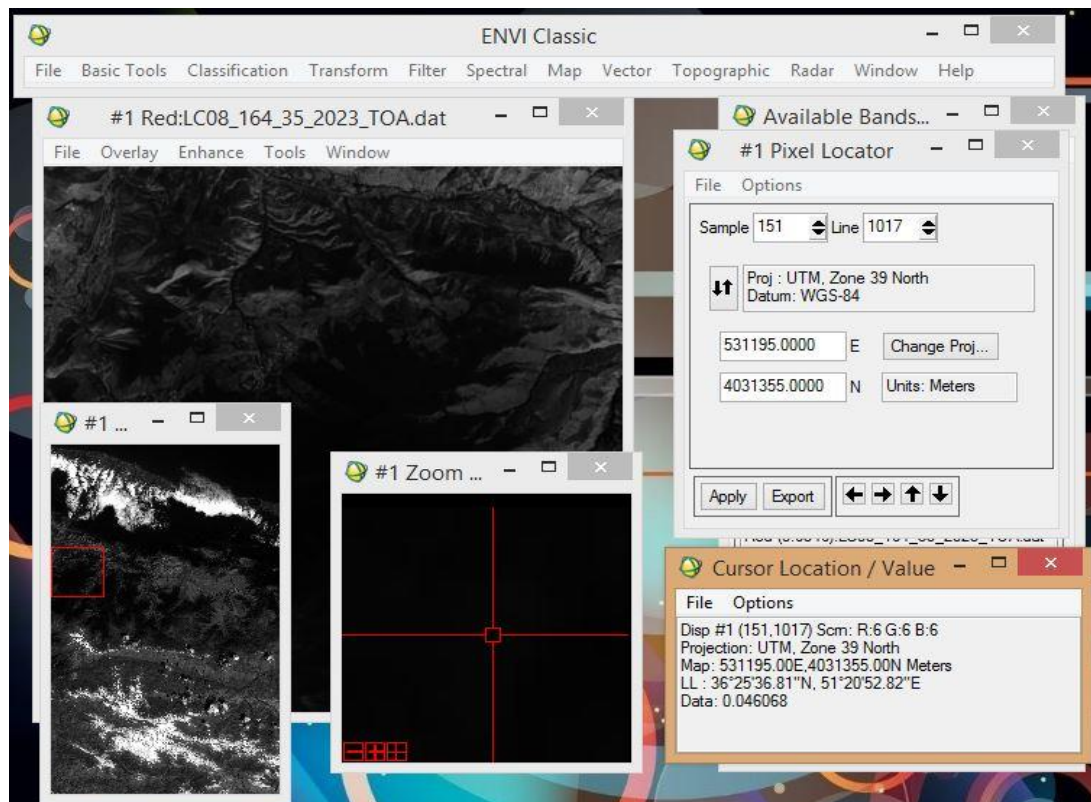
همانطور که در شکل‌های ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱ و ۳۲ مشاهده می‌شود مقدار بازتاب برای باندهای سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، SWIR1 و SWIR2 به ترتیب ۰/۲۶۵، ۰/۳۵۵، ۰/۴۷۱، ۰/۵۹۷ و ۰/۵۲۰ می‌باشد. برای پوشش گیاهی نیز همین مراحل را طی می‌کنیم. بدین منظور در پنجره Available Bands List باند آبی را انتخاب و گزینه Load Band را می‌زنیم تا تصویر باند آبی نمایش داده شود. سپس مقدار پیکسل خالص پوشش گیاهی را براساس شماره Sample و Line برای باند آبی در پنجره Pixel Locator وارد می‌کنیم. در پنجره Pixel Locator شماره Sample و Line مربوط به پوشش گیاهی که به ترتیب ۱۵۱ و ۱۰۱۷ می‌باشد را در کادر مربوط به آن‌ها وارد می‌کنیم. برای اینکه از صحت موقعیت پیکسلی که وارد کردیم آگاه شویم، نشان‌گر موس را دقیقاً در مرکز پنجره کوچکی که پدیده‌ها را با بزرگ‌نمایی زیاد نشان می‌دهد قرار داده تا مطمئن شویم که اعداد Sample و Line درون پنجره Pixel Locator با اعداد Sample و Line در پنجره Cursor Location/Value یکسان هستند. اگر مقادیر Sample و Line در دو پنجره مذکور یکسان بود، متوجه می‌شویم که کار را به درستی انجام داده‌ایم. شکل ۳۳، میزان بازتابی که براساس پیکسل خالص پوشش گیاهی برای باند آبی بدست آوردیم را نشان می‌دهد. میزان بازتابی که از پیکسل خالص پوشش گیاهی در باند آبی بدست آمده، عدد ۰/۰۸۴ می‌باشد.



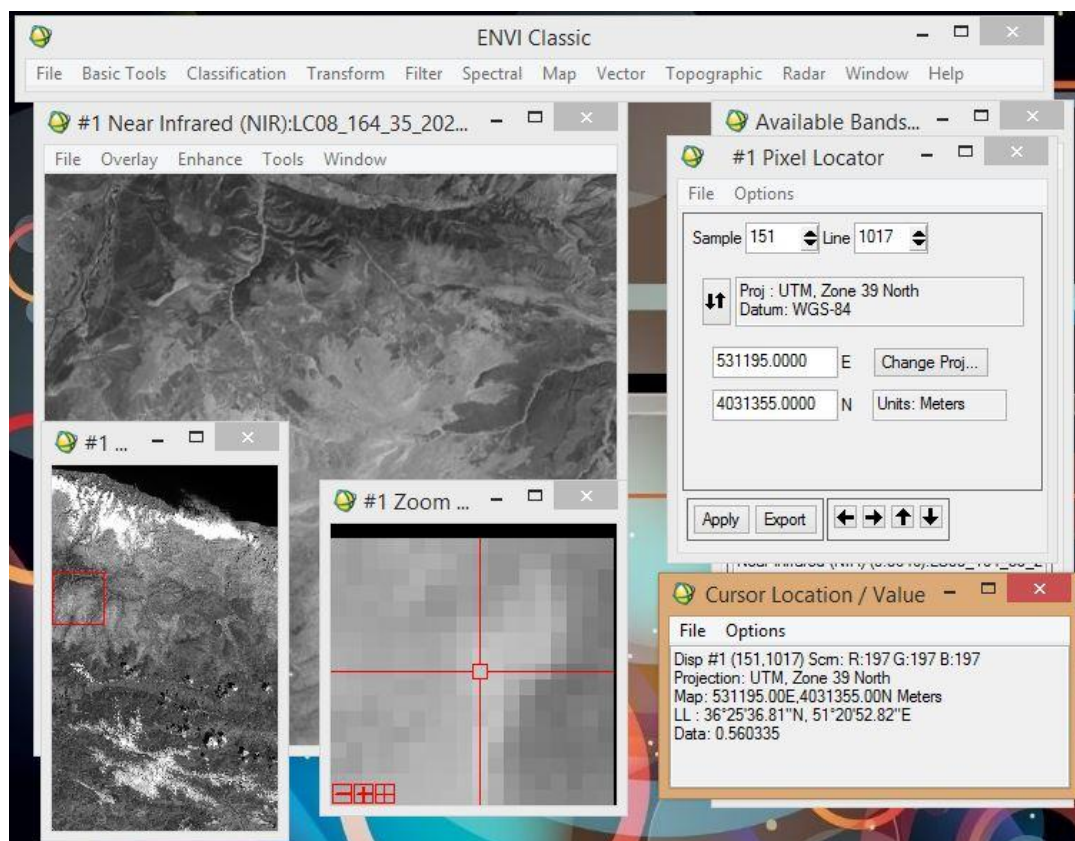
شکل ۳۳. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب پوشش گیاهی در باند آبی



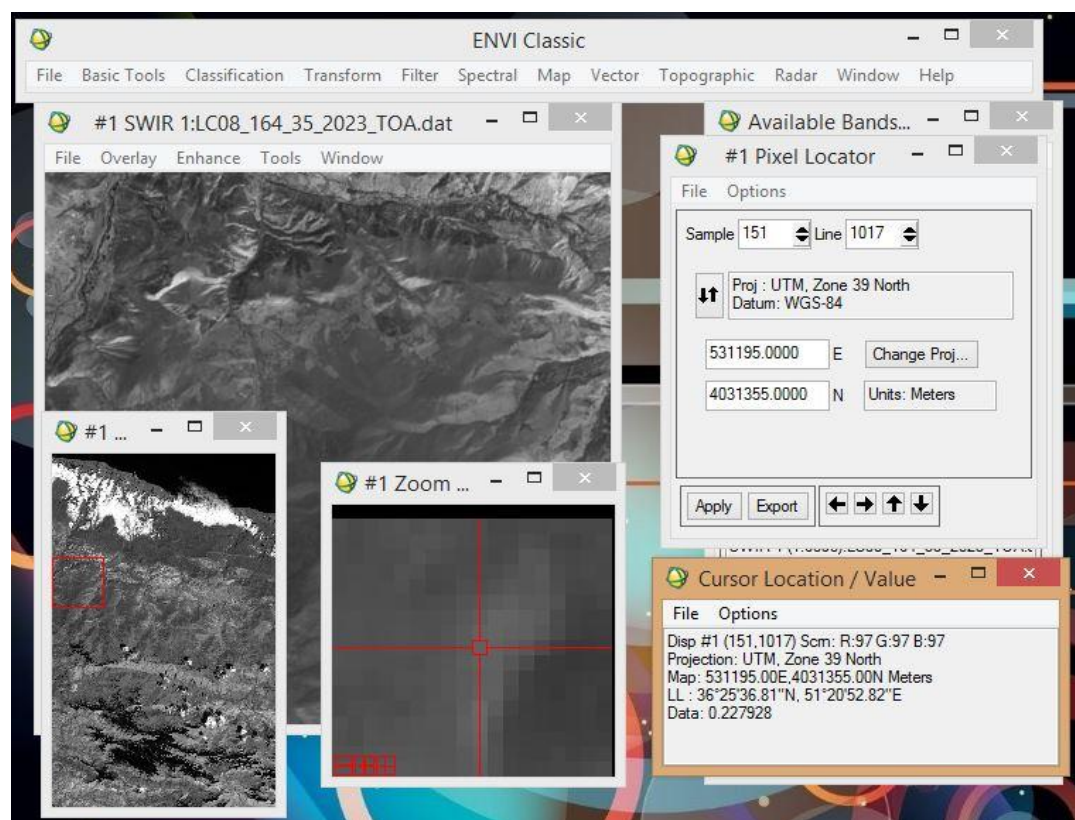
شکل ۳۴. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب پوشش گیاهی در باند سبز



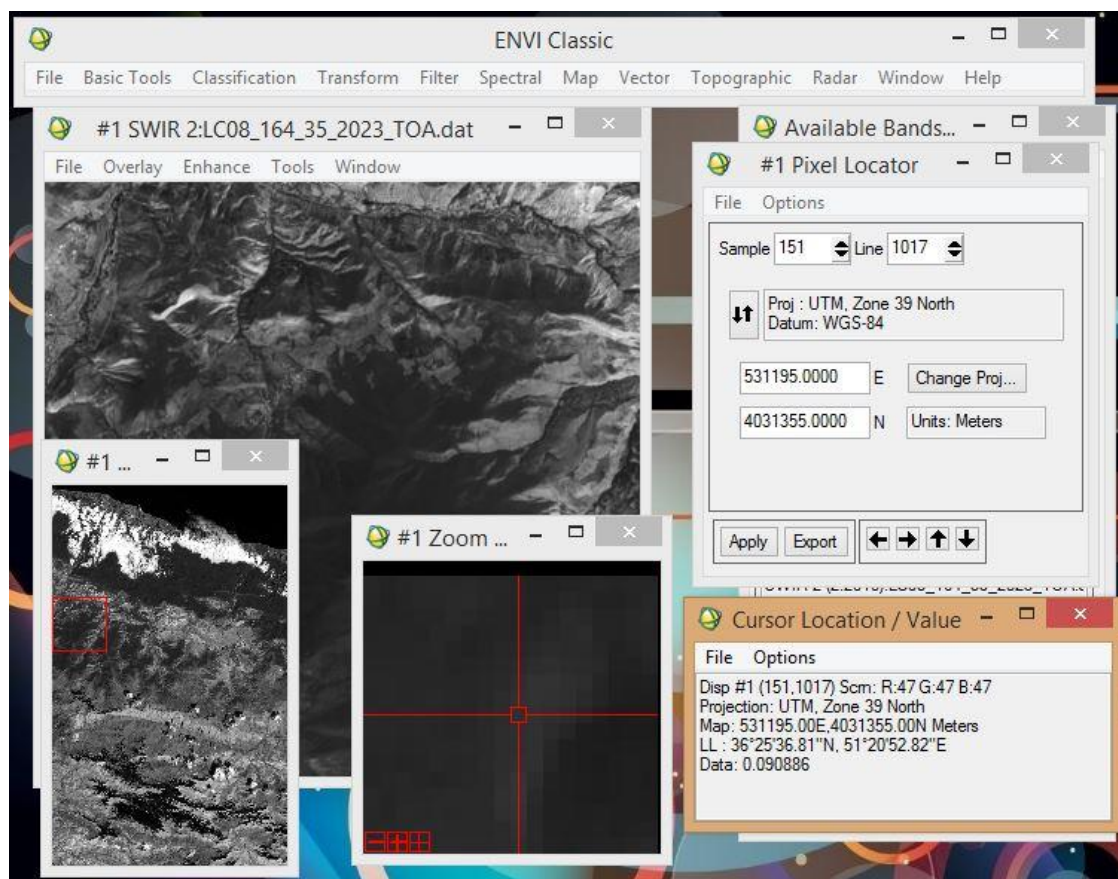
شکل ۳۵. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب پوشش گیاهی در باند قرمز



شکل ۳۶. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب پوشش گیاهی در باند مادون قرمز نزدیک

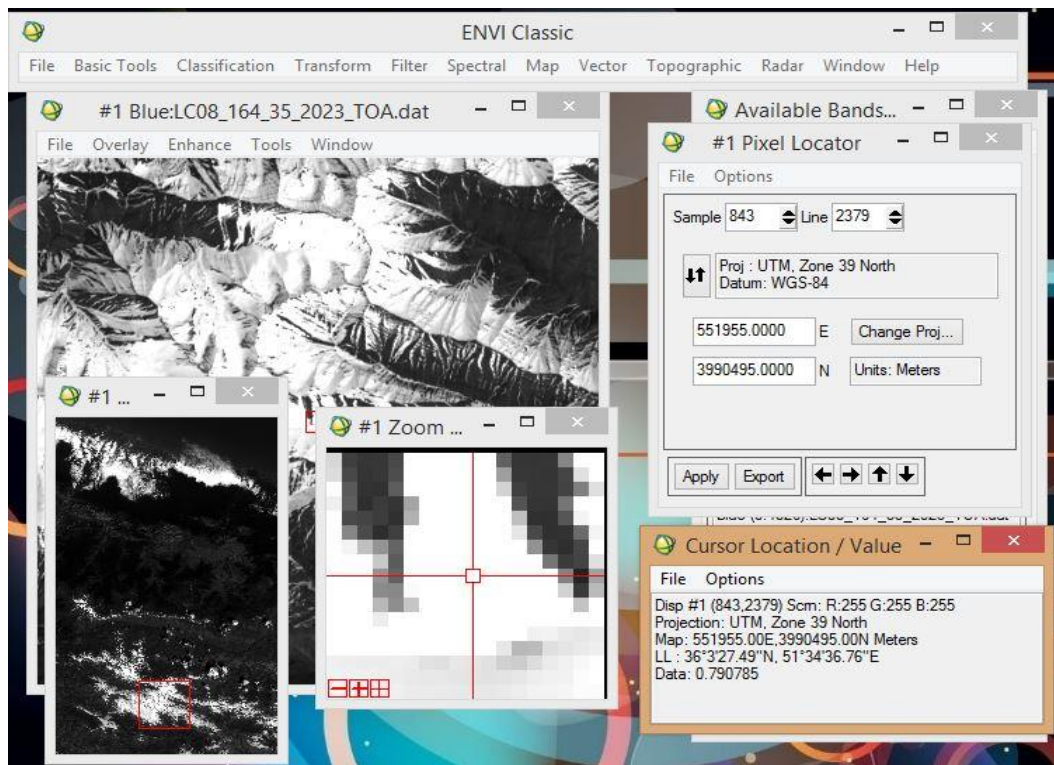


۳۷. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب پوشش گیاهی در باند SWIR1

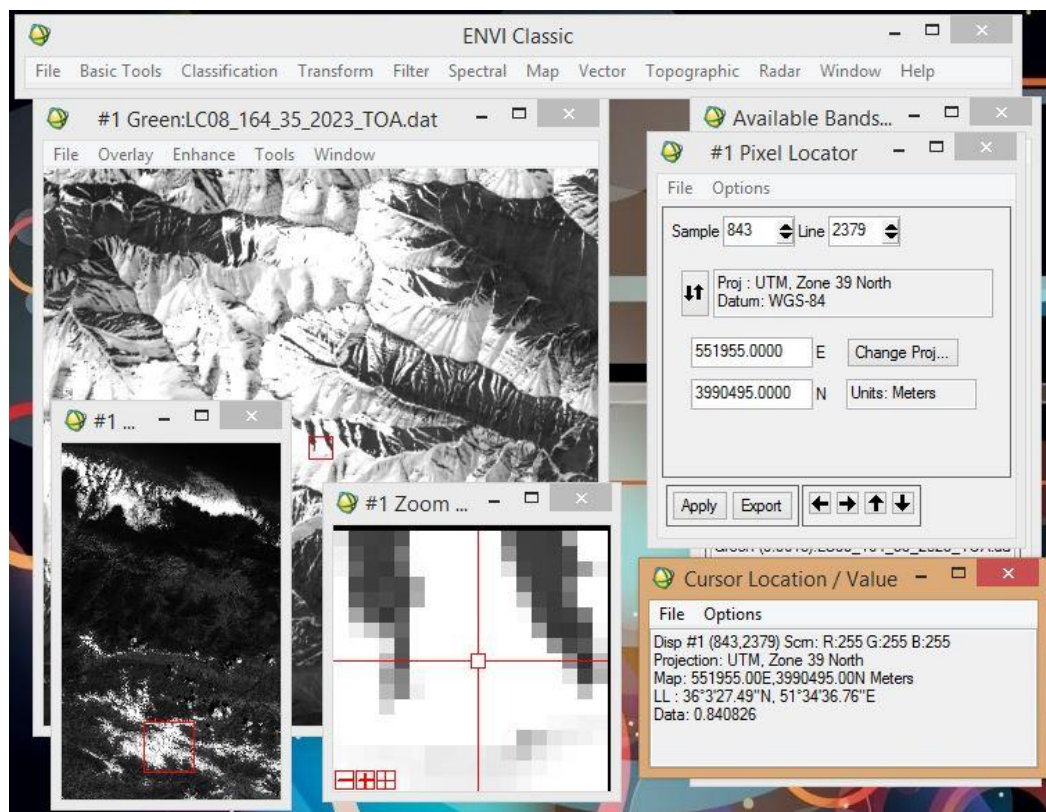


۳۸. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب پوشش گیاهی در باند SWIR2

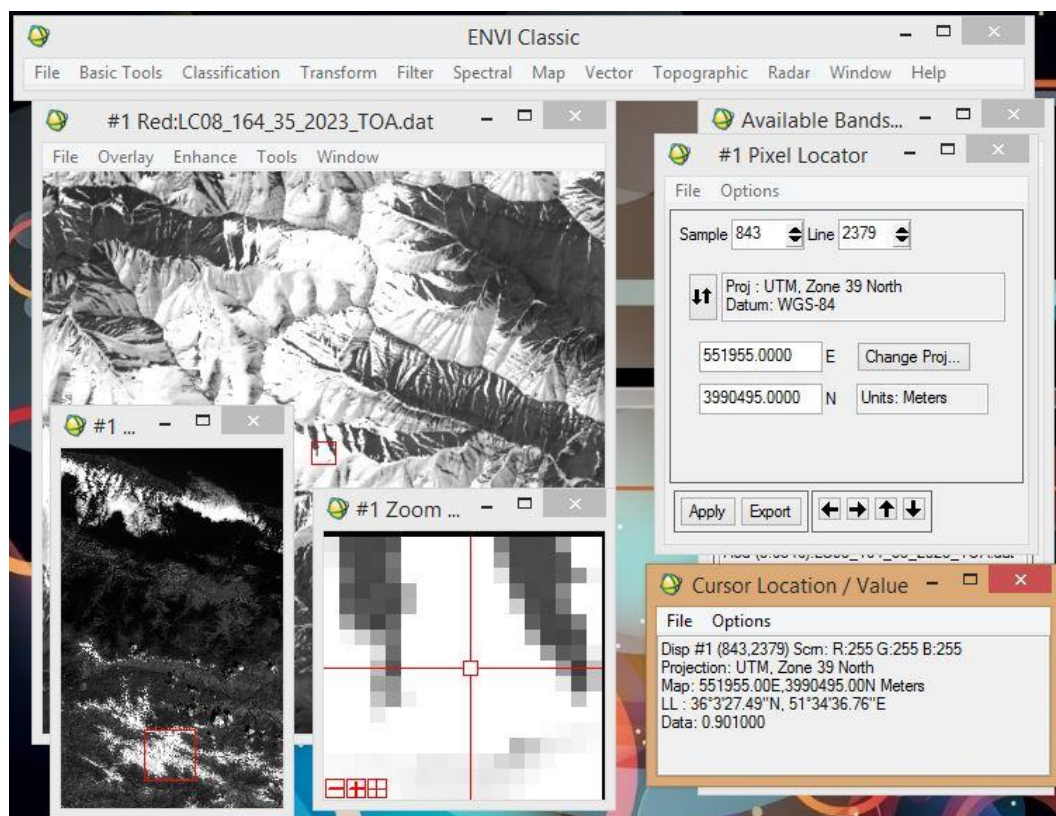
همانطور که در شکل‌های ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷ و ۳۸ مشاهده می‌شود، مقدار بازتاب برای باندهای سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، SWIR1 و SWIR2 به ترتیب ۰/۰۸۴، ۰/۰۴۶، ۰/۵۶۰، ۰/۲۲۷ و ۰/۰۹۰ می‌باشد. برای برف نیز همین مراحل را طی می‌کنیم. بدین منظور در پنجره Available Bands List باند آبی را انتخاب و گزینه Load Band را می‌زنیم تا تصویر باند آبی نمایش داده شود. سپس مقدار پیکسل خالص برف را براساس شماره Sample و Line برای باند آبی در پنجره Pixel Locator وارد می‌کنیم. در پنجره Pixel Locator شماره Sample و Line مربوط به پوشش گیاهی که به ترتیب ۸۴۳ و ۲۳۷۹ می‌باشد را در کادر مربوط به آن‌ها وارد می‌کنیم. برای اینکه از صحت موقعیت پیکسلی که وارد کردیم آگاه شویم، نشان‌گر موس را دقیقاً در مرکز پنجره کوچکی که پدیده‌ها را با بزرگ‌نمایی زیاد نشان می‌دهد قرار داده تا مطمئن شویم که اعداد Sample و Line درون پنجره Pixel Locator با اعداد Sample و Line در پنجره Cursor Location/Value، یکسان هستند. اگر مقادیر Sample و Line در دو پنجره مذکور یکسان بود، متوجه می‌شویم که کار را به درستی انجام داده‌ایم. شکل ۳۹، میزان بازتابی که براساس پیکسل خالص برف برای باند آبی بدست آوردیم را نشان می‌دهد. میزان بازتابی که از پیکسل خالص برف در باند آبی بدست آمده، عدد ۰/۷۹۰ می‌باشد.



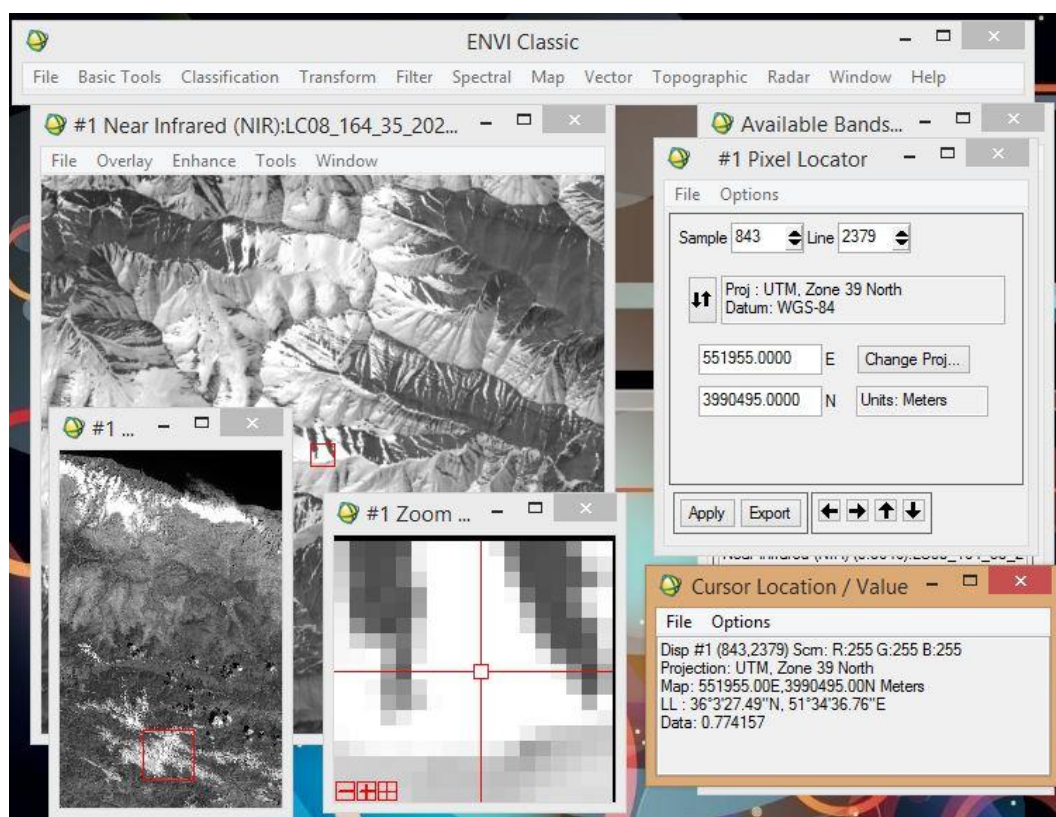
۳۹. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب برف در باند آبی



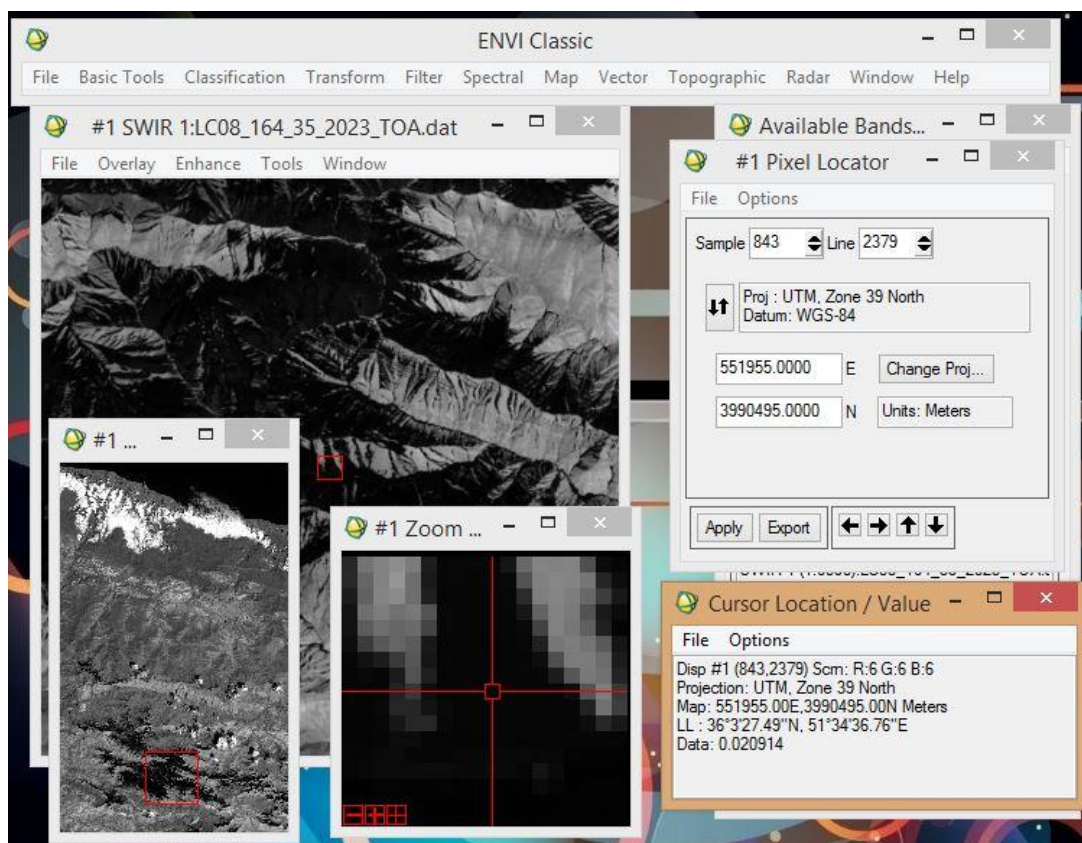
۴۰. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب برف در باند سبز



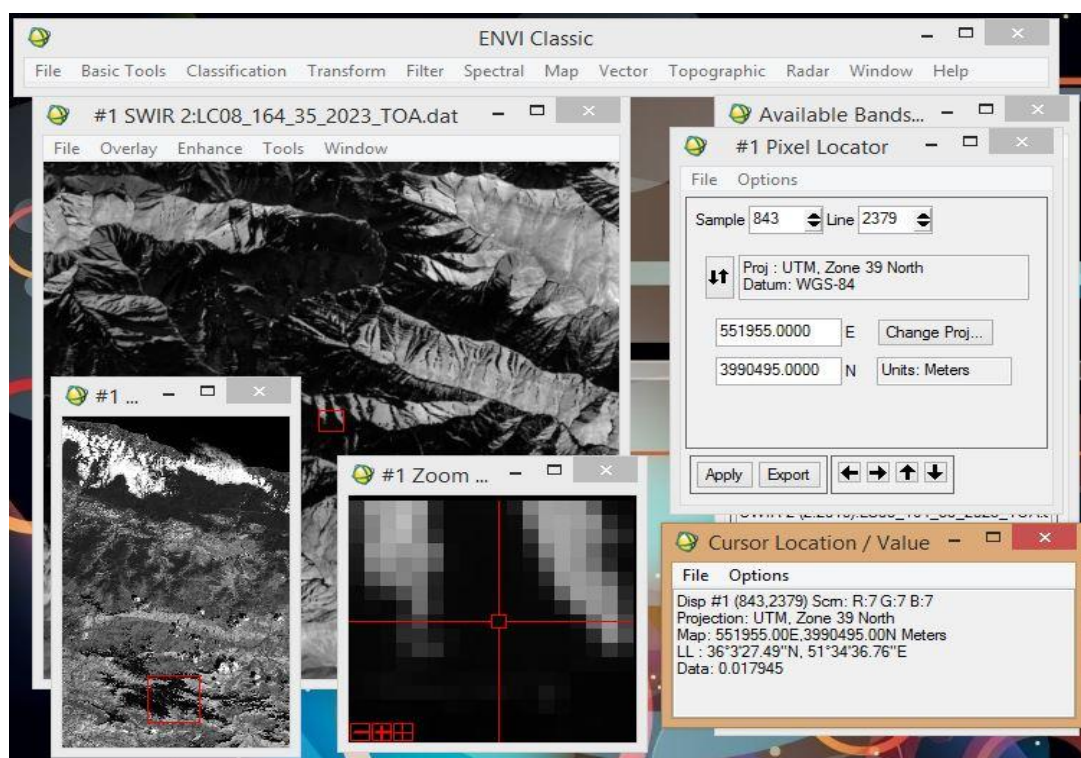
۴۱. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب برف در باند قرمز



شکل ۴۲. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب برف در باند مادون قرمز نزدیک

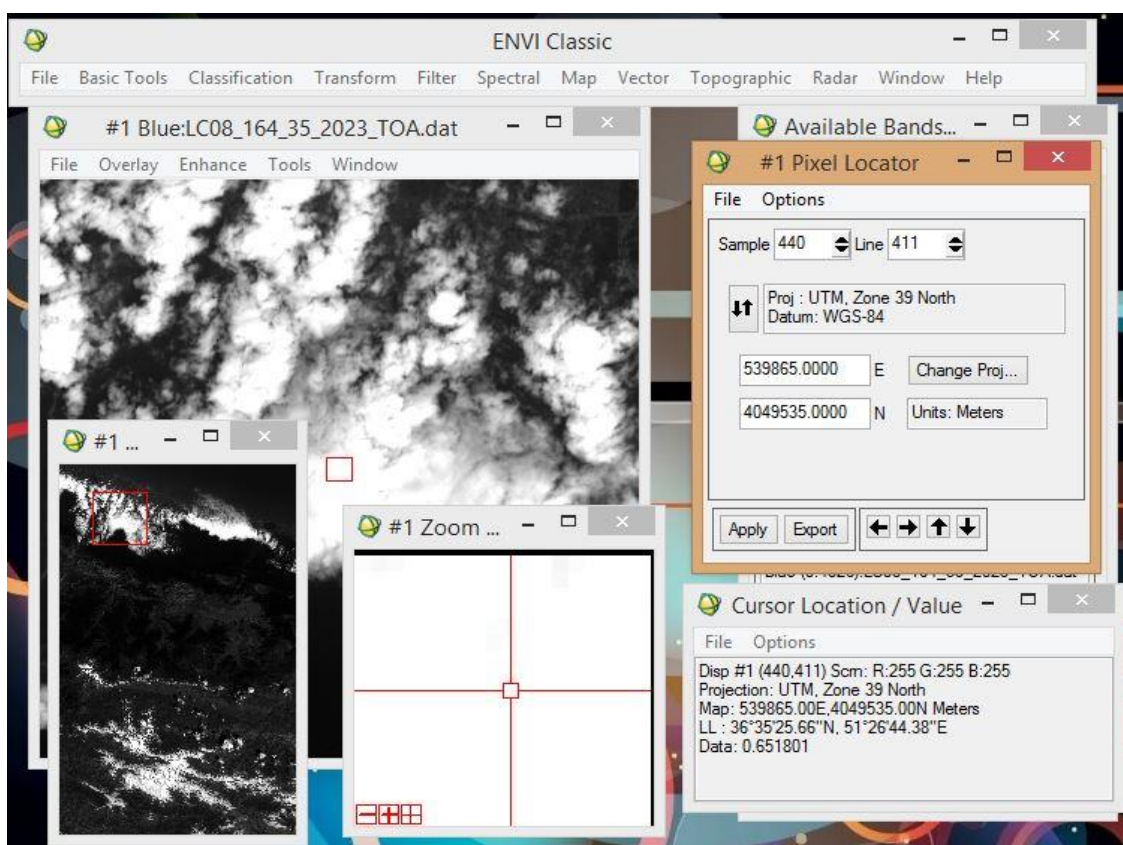


شکل ۴۳. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب برف در باند SWIR1

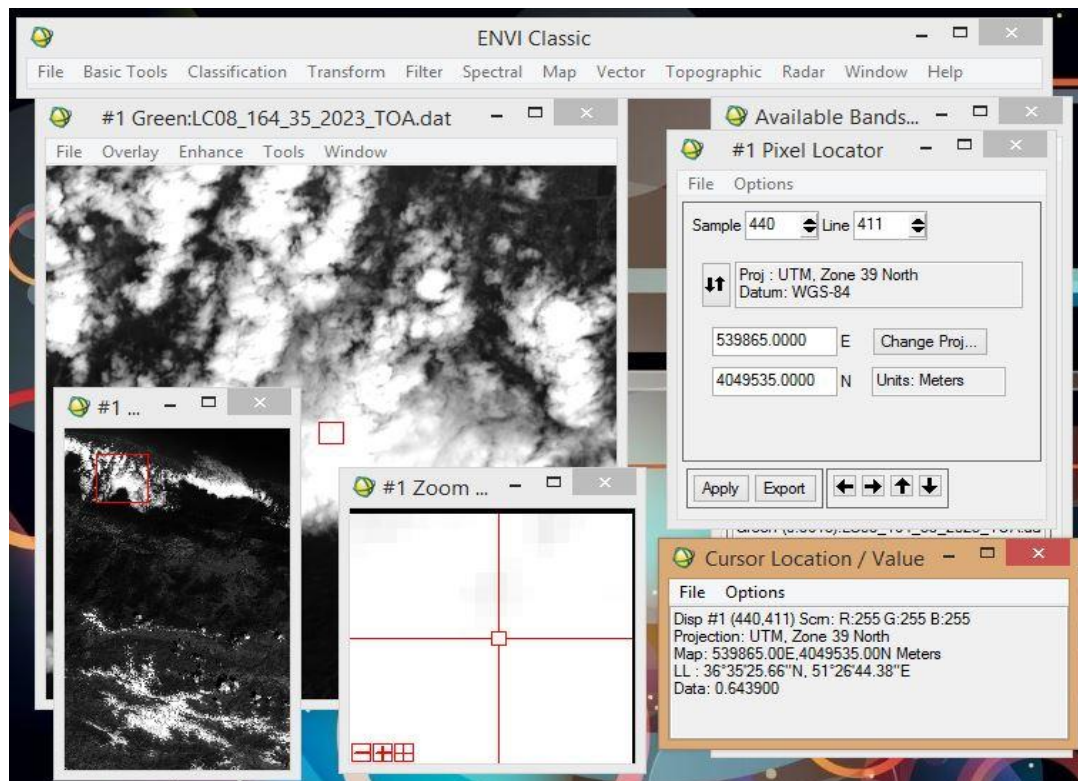


شکل ۴۴. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب برف در باند SWIR2

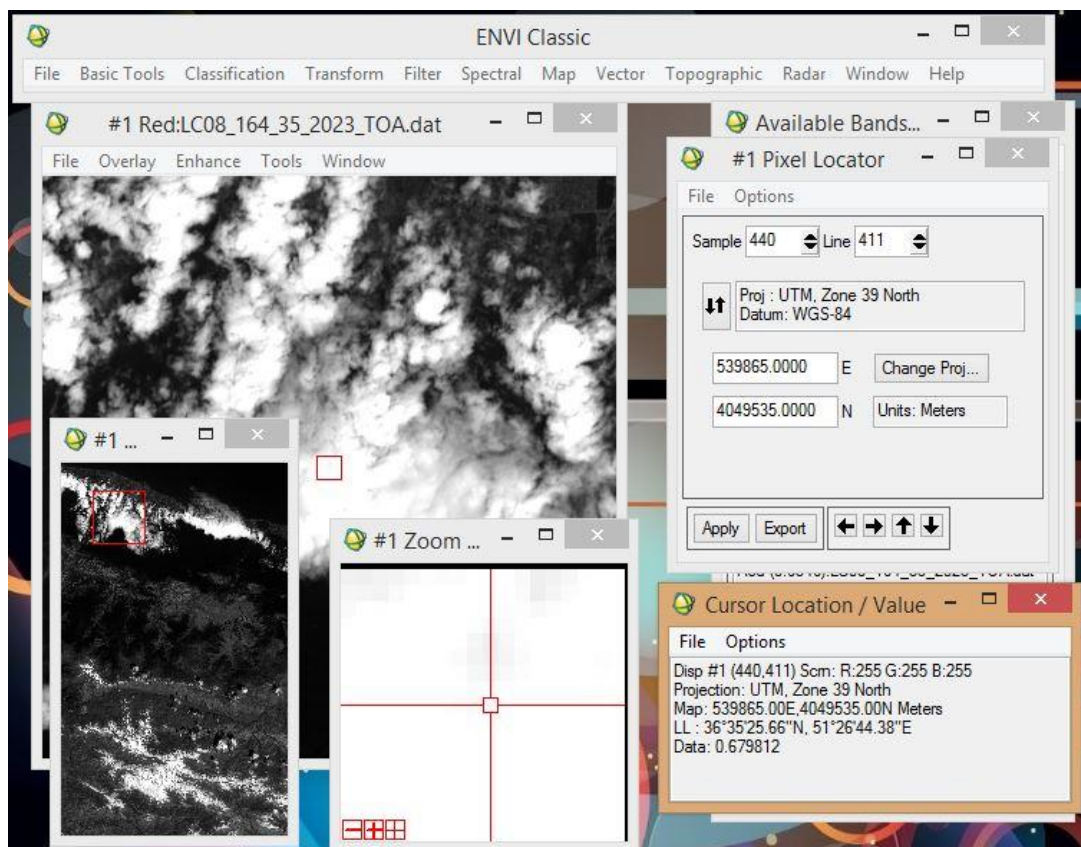
همانطور که در شکل‌های ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳ و ۴۴ مشاهده می‌شود، مقدار بازتاب برای باندهای سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، SWIR1 و SWIR2 به ترتیب ۰/۸۴۰، ۰/۹۰۱، ۰/۷۷۴، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۱۷ می‌باشد. برای ابر نیز همین مراحل را طی می‌کنیم. بدین منظور در پنجره Available Bands List باند آبی را انتخاب و گزینه Load Band را می‌زنیم تا تصویر باند آبی نمایش داده شود. سپس مقدار پیکسل خالص ابر را براساس شماره Sample و Line برای باند آبی در پنجره Pixel Locator وارد می‌کنیم. در پنجره Pixel Locator شماره Sample و Line مربوط به ابر که به ترتیب ۴۴۰ و ۴۱۱ می‌باشد را در کادر مربوط به آن‌ها وارد می‌کنیم. برای اینکه از صحت موقعیت پیکسلی که وارد کردیم آگاه شویم، نشانگر موس را دقیقاً در مرکز پنجره کوچکی که پدیده‌ها را با بزرگ‌نمایی زیاد نشان می‌دهد قرار داده تا مطمئن شویم که اعداد Line و Sample درون پنجره Pixel Locator با اعداد Sample و Line در پنجره Cursor Location/Value، یکسان هستند. اگر مقادیر Sample و Line در دو پنجره مذکور یکسان بود، متوجه می‌شویم که کار را به درستی انجام داده‌ایم. شکل ۴۵، میزان بازتابی که براساس پیکسل خالص ابر برای باند آبی بدست آوردیم را نشان می‌دهد. میزان بازتابی که از پیکسل خالص برف در باند آبی بدست آمده، عدد ۰/۶۵۱ می‌باشد.



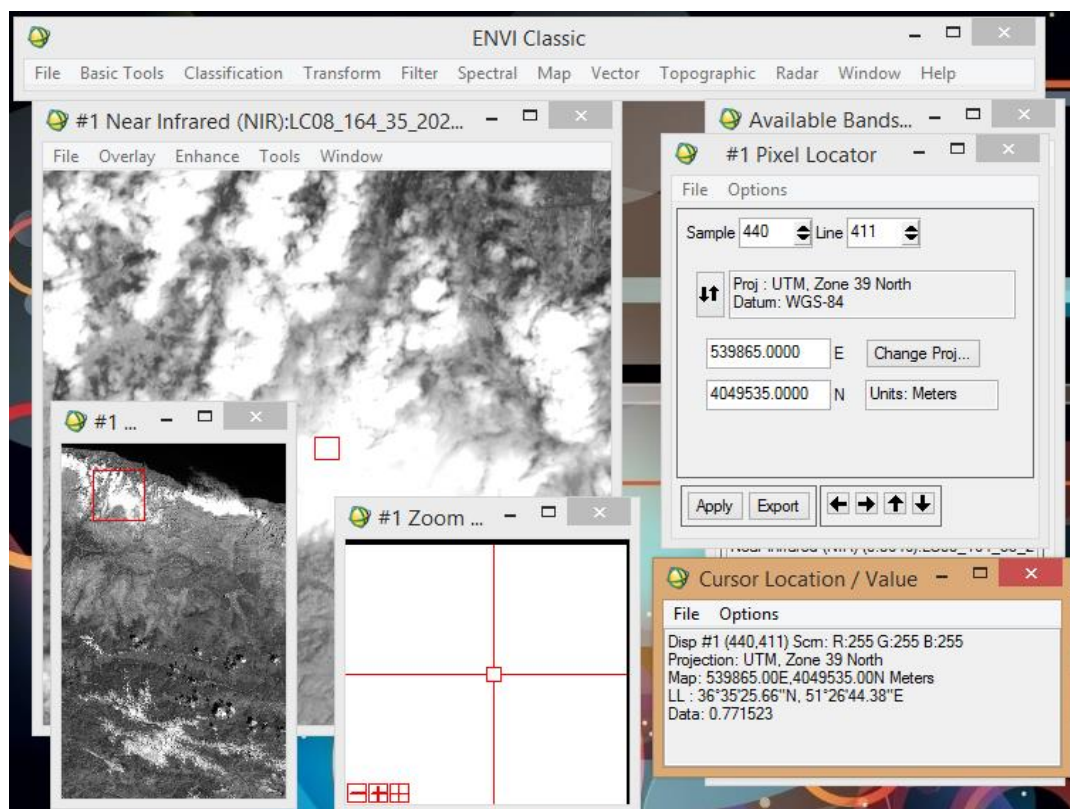
شکل ۴۵. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب ابر در باند آبی



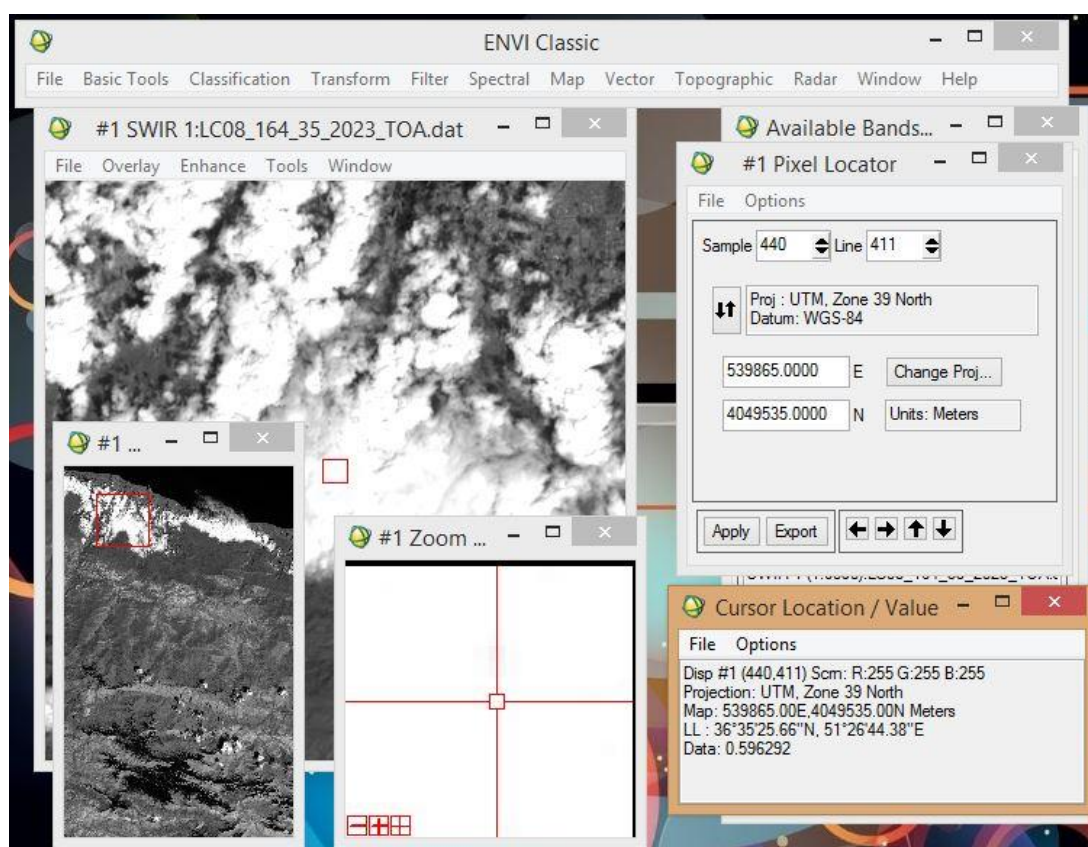
شکل ۴۶. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب ابر در باند سبز



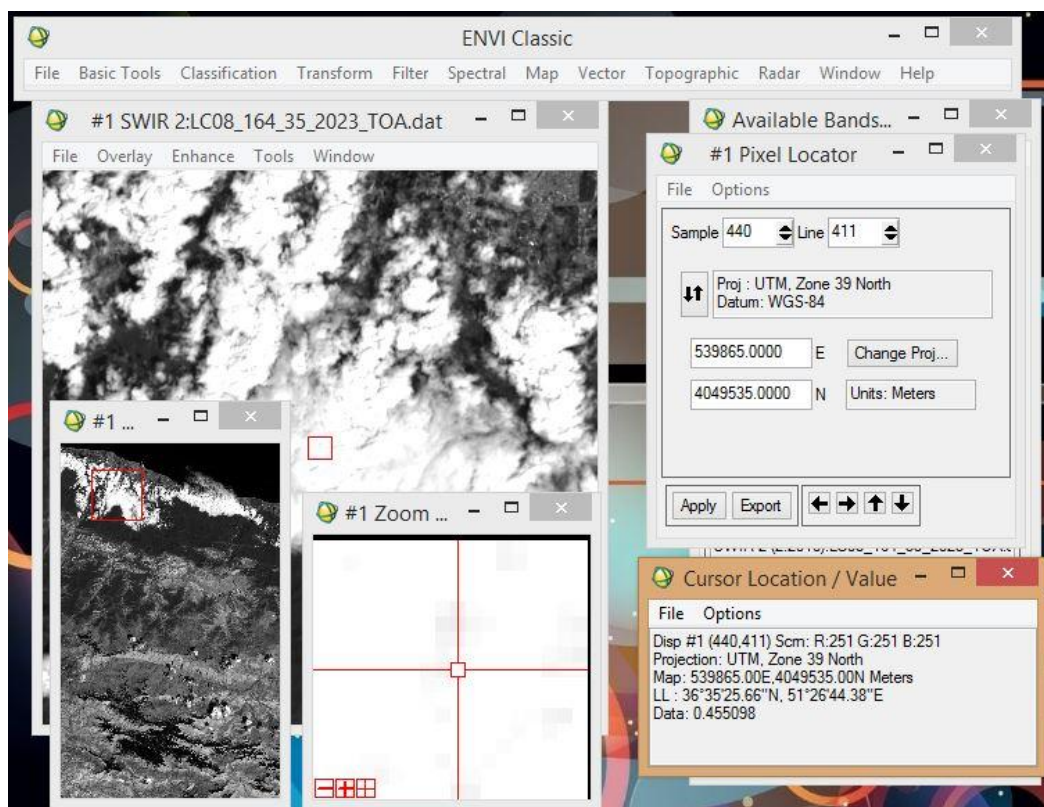
شکل ۴۷. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب ابر در باند قرمز



شکل ۴۸. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب ابر در باند مادون قرمز نزدیک



شکل ۴۹. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب ابر در باند SWIR1



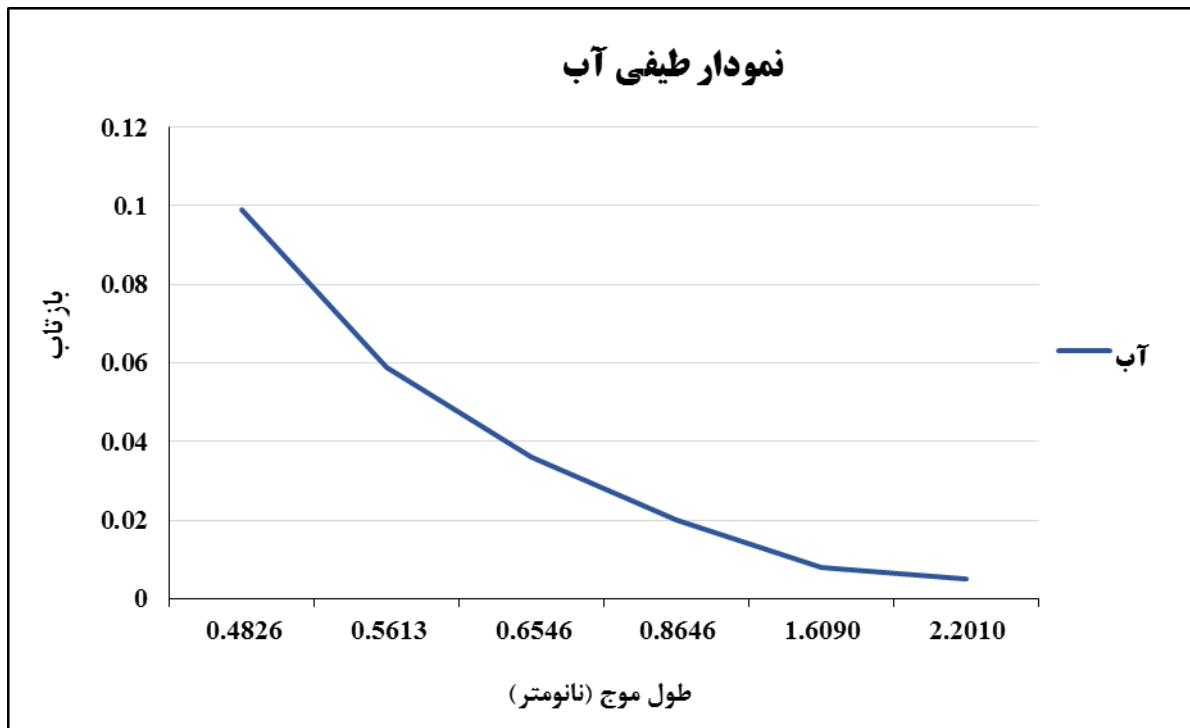
شکل ۵۰. اعداد Sample و Line و مقدار بازتاب ابر در باند SWIR2

با توجه به شکل‌های ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹ و ۵۰، مقدار بازتاب برای باندهای سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، SWIR1 و SWIR2 به ترتیب ۰/۶۴۳، ۰/۶۷۹، ۰/۷۷۱، ۰/۵۹۶ و ۰/۴۵۵ می‌باشد. جدول ۱، مقادیر بازتاب را برای هر کدام از پدیده‌های آب، خاک، پوشش گیاهی، برف و ابر را در طول موج‌های آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک (NIR)، مادون قرمز موج کوتاه ۱ (SWIR1) و مادون قرمز موج کوتاه ۲ (SWIR2) نشان می‌دهد.

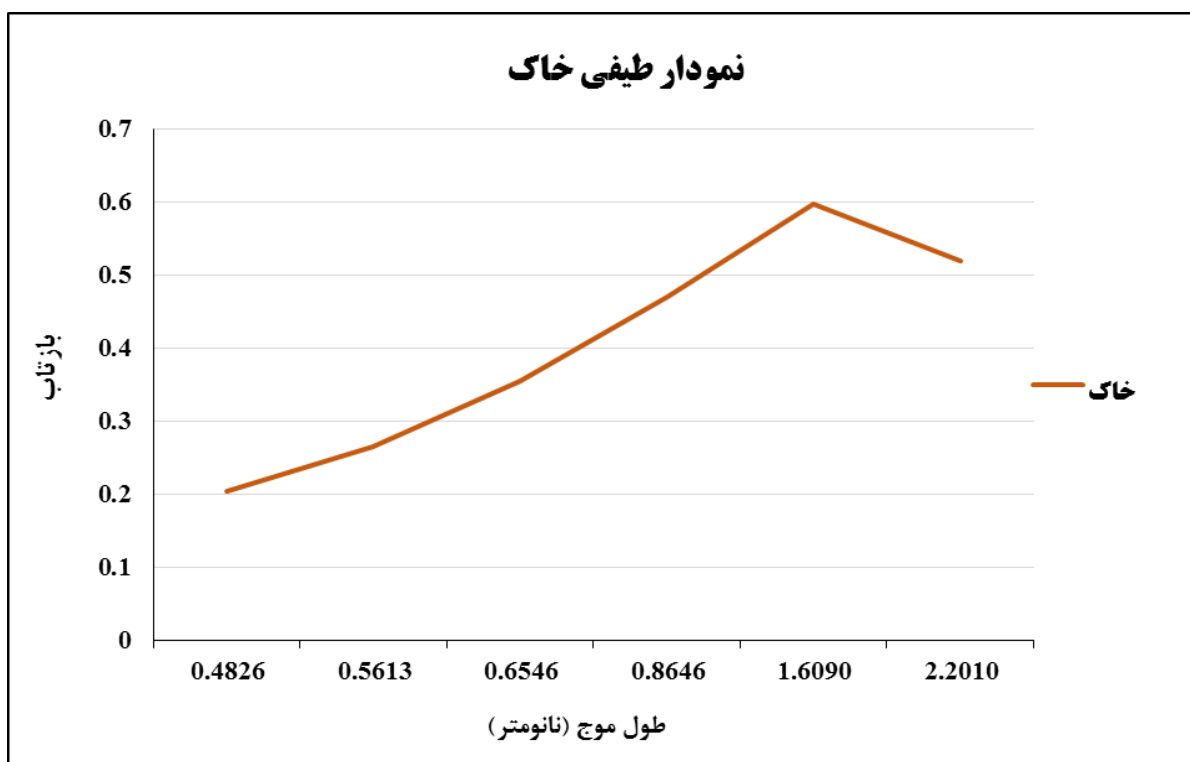
جدول ۱. مقادیر بازتاب پدیده‌ها در طول موج‌های مختلف

طول موج / پدیده	آبی مریبی (Blue)	سبز مریبی (Green)	قرمز مریبی (Red)	مادون قرمز نزدیک (NIR)	مادون قرمز موج کوتاه ۱ (SWIR1)	مادون قرمز موج کوتاه ۲ (SWIR2)
آب	0.099	0.059	0.036	0.020	0.008	0.005
خاک	0.205	0.265	0.355	0.471	0.597	0.520
پوشش گیاهی	0.084	0.084	0.046	0.560	0.227	0.090
برف	0.790	0.840	0.901	0.774	0.020	0.017
ابر	0.651	0.643	0.679	0.771	0.596	0.455

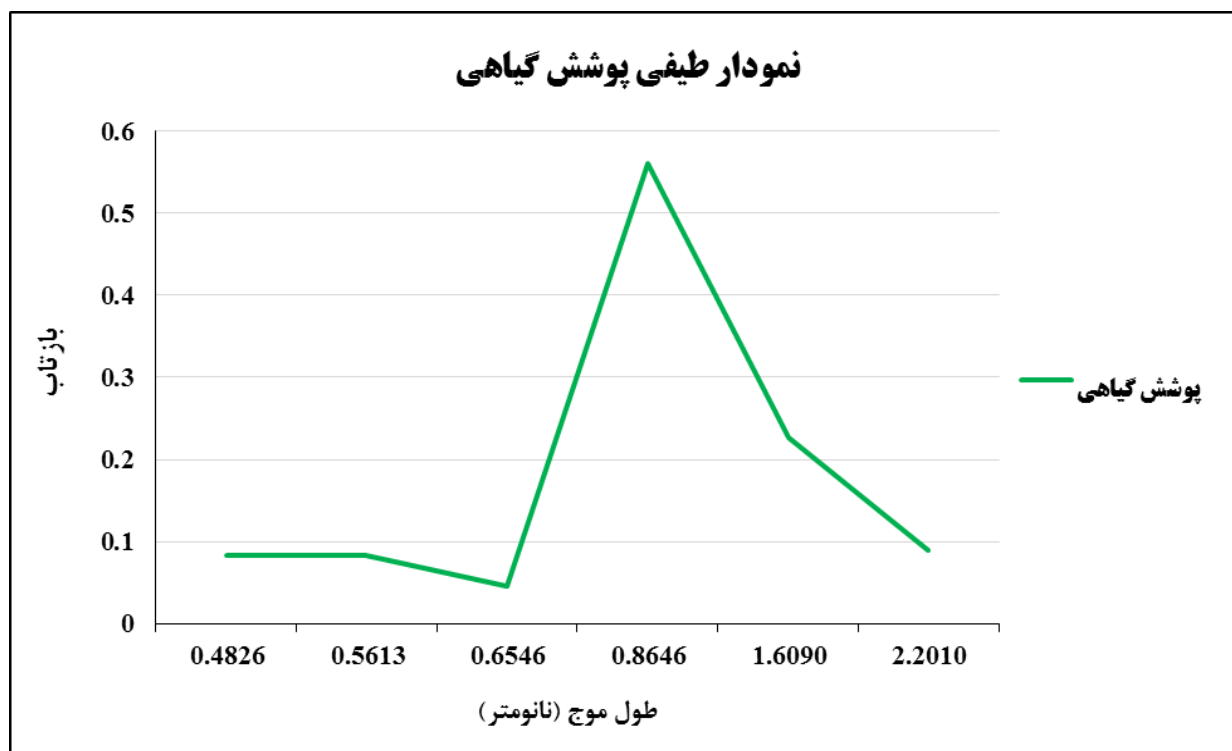
مرحله ۷: در مرحله پایانی، نمودار طیفی هریک از پدیده‌های پوشش گیاهی، برف، خاک، آب و ابر را به صورت جداگانه و براساس طول موج‌های آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، SWIR1 و SWIR2 ترسیم می‌شود. همچنین، نمودار طیفی تمامی پدیده‌های مذکور نیز همراه با هم ترسیم می‌شود.



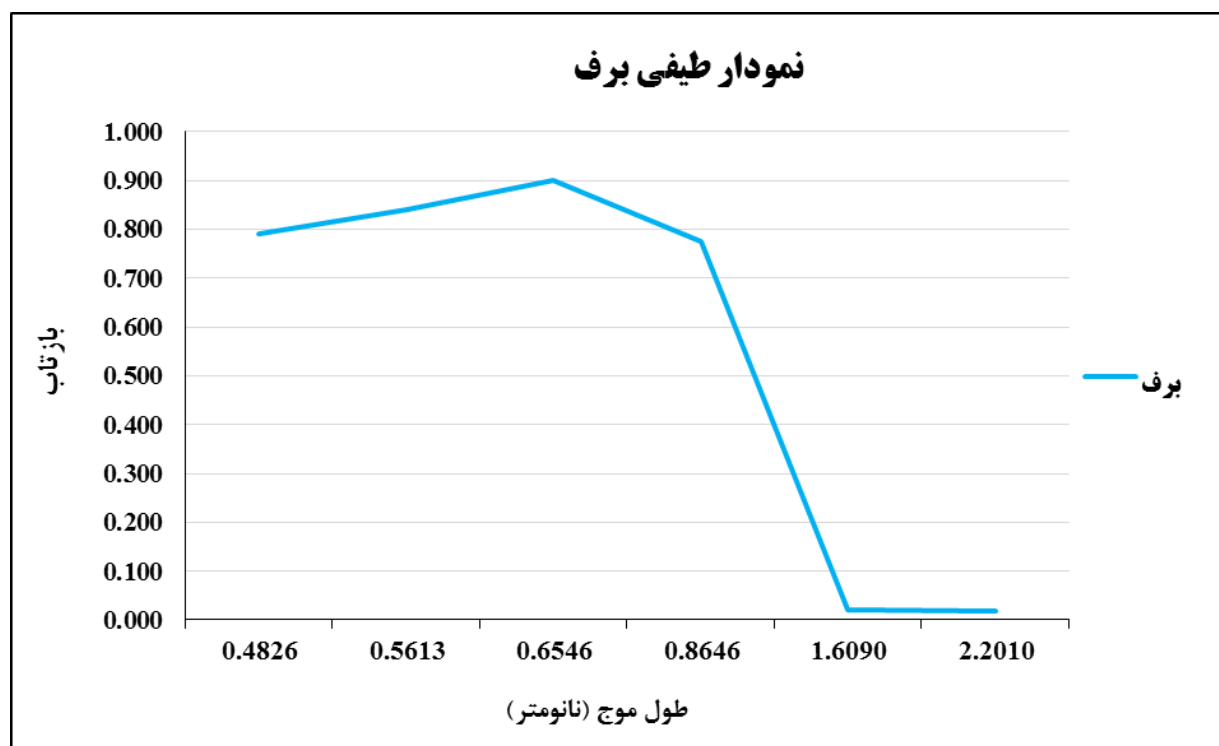
نمودار ۱. نمودار طیفی آب



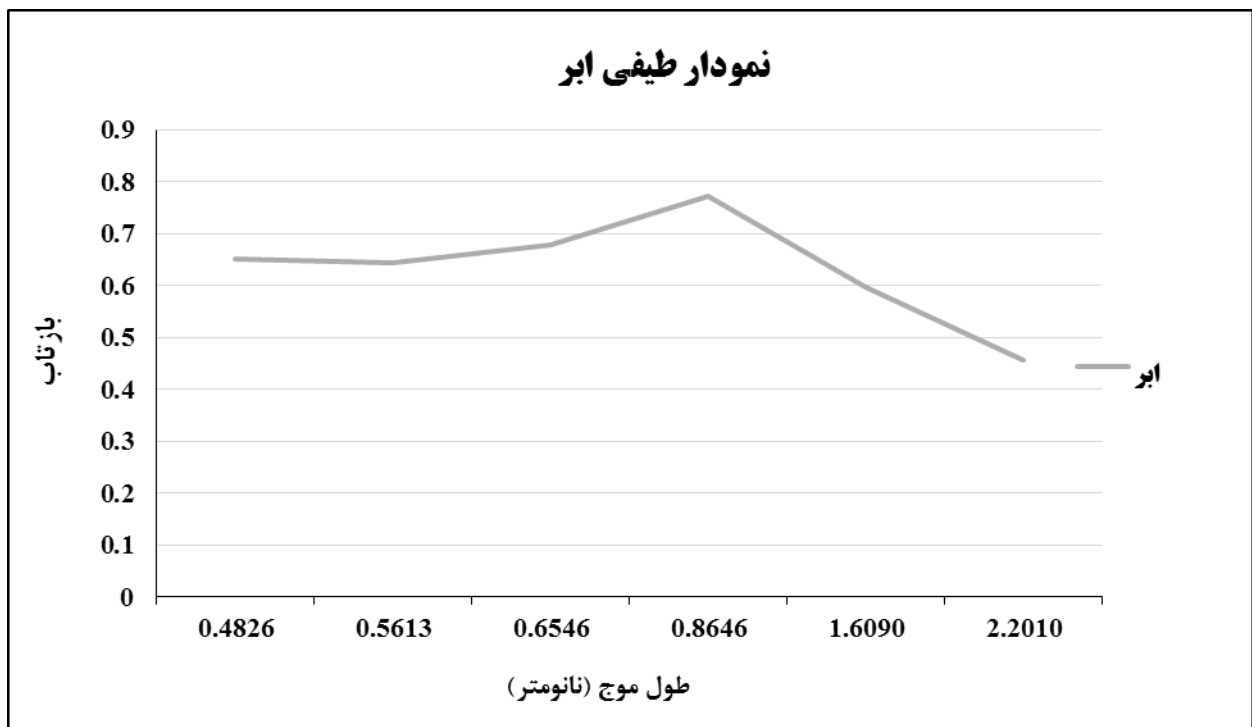
نمودار ۲. نمودار طیفی خاک



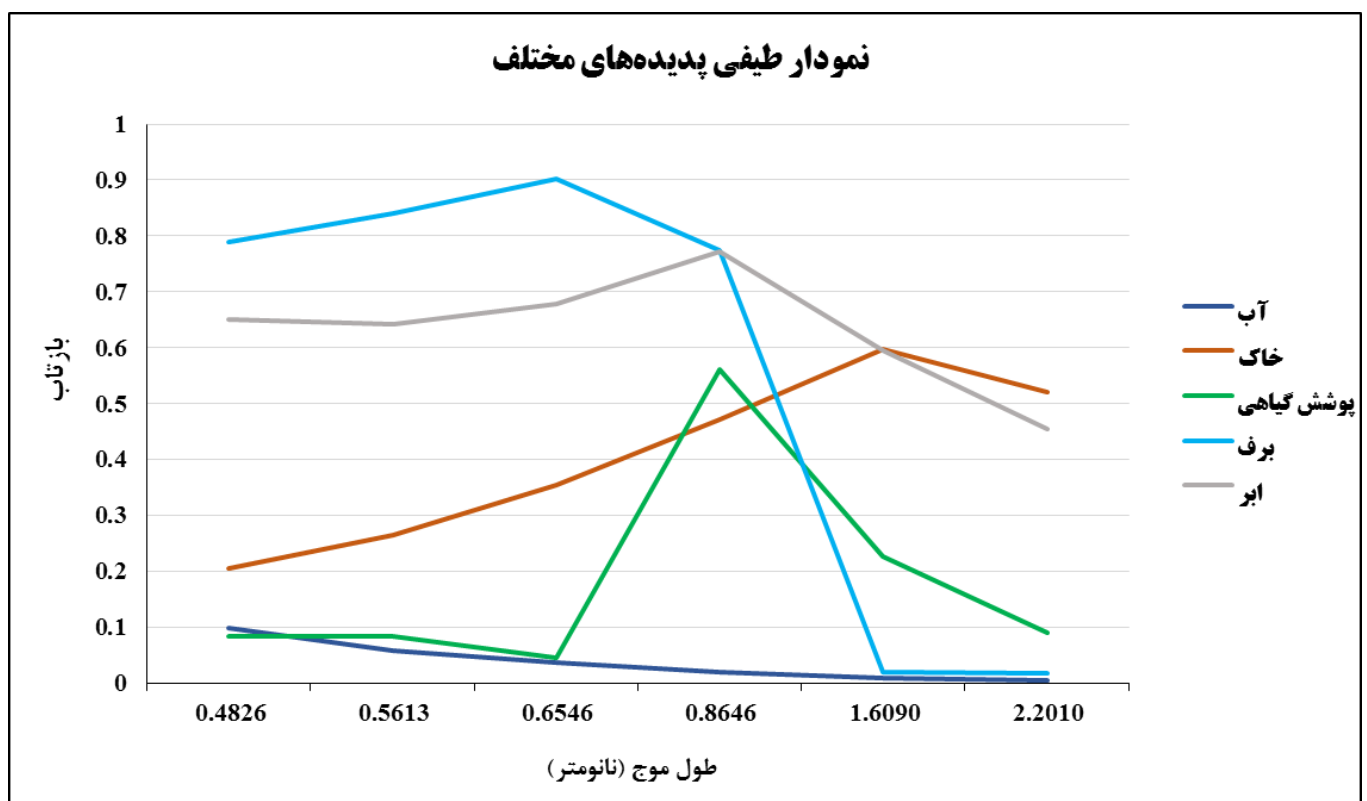
نمودار ۳. نمودار طیفی پوشش گیاهی



نمودار ۴. نمودار طیفی برف



نمودار ۵. نمودار طیفی ابر



نمودار ۶. نمودار طیفی آب، خاک، پوشش گیاهی، برف و ابر در طول موج‌های مختلف