# شناسایی منشأتشکیل رسوبات آبرفتی کواترنر با استفاده از روش پردازش تصاویر رقومی ماهواره برای اکتشافات معدنی

● ایرج نوایی * و سیمین مهدیزاده تهرانی *


## چکیده

نهشته‌های آبرفتی که محصول تخریب، حمل، و رسوب‌گذاری سنگ‌ها طی میلیون‌ها سال در زمان کواترنر بوده و ستبرای آن در جاهایی به چند صد متر می‌رسد می‌توانند منابع معدنی باارزش بسیاری از مواد و عناصر موردنیاز صنایع باشند.

بسیاری از مواد معدنی ممکن است در سنگ مادر با عیارکم و بدون ارزش اقتصادی موجود باشند. در مرحلهٔفرسایش و حمل سنگ به پهنه‌های آبرفتی، یک مرحله تغلیظ طبیعی انجام شده وآن مواد با عیار اقتصادی به بصورت افق‌هایی در لایه‌های آبرفتی تمرکز پیدا می‌کنند.

کان‌سارهای زیادی در آبرفت‌ها شناسایی و بهره‌برداری شده‌اند، از جمله طلا، جیوه، تیتان و ... متأسفانه، در کشورما، آبرفت‌ها کم‌تر مورد توجه کارشناسان زمین‌شناسی و اکتشاف قرار گرفته‌اند.

در این مقاله، که خلاصه‌ای از مطالعات دورسنجی با روش پردازش داده‌های رقومی ماهواره لندست ۵ در گسترهٔنقشهٔ ۱:۱۰۰،۰۰۰ رفسنجان در جنوب ایران است، امکان تفکیک نهشته‌های آبرفتی براساس خاستگاه تشکیل آن‌ها به منظور اکتشافات معدنی بررسی می‌شود.

برای این مطالعه، اطلاعات رقومی سنجنده TM ماهواره لندست ۵ به شماره گذر (Path) ۱۶۱ و ردیف (Row) ۳۹ بدون پوشش ابر انتخاب شد و بخشی از این اطلاعات به مساحت ۵۰×۵۴ کیلومتر، که تقریباً گسترهٔنقشهٔ ۱:۱۰۰،۰۰۰ رفسنجان را در برمی‌گیرد، مورد بررسی قرار گرفت.

از تلفیق و پردازش ۶ باند (باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷) از هفت باند داده‌های TM در محدودهٔطول موج مرئی تا نزدیک مادون قرمز حرارتی تصاویر رنگی (Colour Composite) مختلفی به منظور تفکیک واحدهای سنگی ساخته شد که بهترین تصویر آن ترکیبی از سه باند ۵، ۳ و ۱ است. در این تصویر، واحدهای مختلف سنگی به خوبی از هم تفکیک و مواد حاصل از تخریب، و حمل هر واحد سنگی با ویژگی همان سنگ بر روی تصویر ظاهر شد. با استفاده از این روش می‌توان رسوبات آبرفتی را برحسب خاستگاه تشکیل آن‌ها با هدف اکتشافات معدنی تفکیک کرد.

# Application of Image Processing of Satelite Acquired Data for Mineral Explorations in Alluvium Deposits

By: Iraj Navai * and Simin Mehdizadeh Tehrani *

## Abstract

From a review of existing literature, there seems to have been inadequate attention paid to date to the modulity of the units of Quaternary alluvial deposits and their relationship to their source rocks. This study was carried out with the aim of attempting to demonstrate to the geological community the possibility of using satellite multispectral data to bring to light certain aspect of this process.

For this purpose a 54 kmx50 Km. Subscene of a cloud free Landsat TM image acquired in 1990 of the area around Rafsanjan in south Iran was selected. The area in this subscene is almost wholly covered by the 1:100,000 Map Produced by the Geological Survey of Iran in 1971. The analysis was carried out using the 6 bands digital "TM" data.

Of the various combinations attempted, the combination of TM bands 1,3 and 5 on the Red, Green and Blue was selected for optimum discrimination of geological deposits.

In this band combination, many lithological units were easily distinguishable from each other. In the case of alluvial deposits it was most interesting to note the alluvial material examined, exhibited almost exactly the same colour as the source rocks from which they were derived. As a consequence, it was quite possible to differentiate the alluvial deposits according to their source.

The importance of such capability is of course most apparent in cases of minerals exploration. In other words by distinguishing the source, it would be possible to delineate an area of high concentration of minerals derived from a source in which that is present in a low-grade and in disseminated form. Example of such situations that immediately come to mind are gold exploration in placer deposits and exploration for uranium minerals, whose solubility and subsequent redeposition in alluvial deposits makes them ideal for such a technique.

Furthermore, with view to the possibility of distinguishing such surface deposits, the utilization of such technique for exploration of building materials, specially those without the presence of undesirable contaminants such as gypsum or salt, becomes a necessity.

## مقدمه

رسوبات آبرفتی کواترنر و عهد حاضر کم‌تر مورد توجه زمین‌شناسان کشور ما قرار گرفته‌اند و در بررسی‌های زمین‌شناسی از دیدگاه اقتصادی کم‌تر به آن‌ها پرداخته شده است. در سال‌های اخیر، مطالعات پراکنده‌ای بر روی رسوبات کواترنر انجام شده که در آن‌ها بیش‌تر بررسی‌های چینه‌شناسی و تعیین سن آن‌ها موردنظر بوده است.

آنچه در این نوشتار برای اولین بار در ایران ارائه می‌شود نگرشی تازه به نهشته‌های کواترنر و عهد حاضر براساس خاستگاه تشکیل آن‌ها به منظور اکتشافات معدنی است.

تقسیم‌بندی این رسوبات براساس منشأتشکیل بدون بهره‌گیری از داده‌های رقومی و استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، تقریباًغیرممکن است و شاید به دلیل عدم دست‌رسی به ابزار، دانش، و تجربه‌دورسنجی، تا کنون این مطالعه تحقق نیافته است.

## ارزش اقتصادی آبرفت‌ها

بشر از دیرباز به اشکال مختلف از آبرفت‌ها استفاده کرده است و می‌کند. انسان نخستین، که هنوز مصالح ساختمانی را نمی‌شناخت، به تقلید از پستان‌داران حفار در درون آبرفت‌ها برای خود خانه‌سازی می‌کرده است که آثار آن هنوز در دره‌ایزدخواست، بر سر راه شهرضا به آباده، و در کنار جادهٔ آسفالت دیده می‌شود. پس از آن که به شهرنشینی روی آورد، برای ساختن سرپناه خود نیاز به مصالح داشت، که بخش عمدهٔ آن را از آبرفت‌ها تأمین می‌کرد. آنگاه که انسان معدن‌کاری را آموخت، بسیاری از مواد معدنی را نخستین بار در آبرفت‌ها یافت و از آن‌جا به منشأآن‌ها دست یافت و موادی نظیر طلا را تا پیدایش روش‌های نوین علوم از همان نهشته‌ها، با روش شن‌شویی، استخراج می‌کرد. امروزه بخش عمدهٔمصالح ساختمانی مانند شن و ماسه و مصالح زیرسازی شبکهٔ راه‌ها و راه‌آهن از آبرفت‌ها به دست می‌آید. افزون بر آن، منابع بسیاری از مواد اولیهٔموردنیاز، از جمله طلا، اورانیوم، قلع، جیوه، زیرکن، تیتان، آندالوزیت، و ۰۰۰، در آبرفت‌ها اکتشاف و بهره‌برداری شده است.

روش‌های اکتشافی در آبرفت‌ها به صورت نمونه‌برداری ژئوشیمیایی در امتداد آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، یا نمونه‌برداری پراکنده در دشت‌های آبرفتی است که روشی دقیق و پرهزینه است. با توجه به کمبود نیروی انسانی متخصص و بالابودن دست‌مزدها و اهمیت زمان، دنیای امروز سعی در استفاده از روش‌های خودکار و ماشینی دارد تا با کاستن از هزینه‌ها، به سرعت و دقت کار بیافزاید.

اگر رسوبات آبرفتی برحسب خاستگاه تشکیل آن‌ها شناسایی و تفکیک شوند، به مقدار زیادی از پراکنده‌کاری نمونه‌برداری ژئوشیمی، و در نتیجه از هزینه‌های مربوطه، کاسته خواهد شد. برای مثال، اگر یک توده گرانیتی را درنظر بگیریم که کانی طلا در آن به صورت پراکنده و با عیار نیم‌گرم در تن وجود داشته باشد، استخراج آن در صورت گسترده نبودن تودهٔاصلی اقتصادی نیست؛ ولی احتمال تمرکز کانی در نهشته‌های آبرفتی حاصل از فرسایش و حمل تودهٔگرانیتی با عیار اقتصادی وجود دارد. شناخت دقیق و سریع محدودهٔاین آبرفت‌ها برای برنامه‌ریزی نمونه‌برداری ژئوشیمی با روشی غیر از پردازش تصویر (Image Processing) تقریباً غیرممکن است. این روش امکان تفکیک گسترهٔآبرفتی هر توده را فراهم می‌سازد.

## روش کار

از زمانی که ماهواره‌های منابع زمینی به فضا پرتاب شدند، مطالعات و اکتشافات منابع زمینی وارد مرحلهٔجدیدی شد و تکنولوژی استفاده از روش‌های دورسنجی (Remote Sensing) مانند پردازش تصویر (Image Processing) به سرعت جانشین روش‌های سنتی شدند. تصاویر رقومی ماهواره‌های منابع زمینی، با طول موج‌های مختلف و باقدرت تفکیک بالا، همراه با بهره‌گیری از سیستم‌های کامپیوتری و نرم‌افزارهای ویژهٔپردازش داده‌ها این امکان را برای مفسران فراهم کرده است که با دقت و سرعت خیلی زیاد به مطالعه و اکتشاف منابع زمینی بپردازند. در زمینهٔ زمین‌شناسی و به ویژه مطالعهٔرسوبات کواترنر، کارآیی این تکنولوژی بسیار زیاد است، و مقالهٔحاضر نتیجهٔبهره‌گیری از این دانش در مطالعهٔآبرفت‌های کواترنر و عهد حاضر در گسترهٔنقشه ۱:۱۰۰،۰۰۰ رفسنجان در جنوب ایران است.

در مرحلهٔاول مطالعه، تمام اطلاعات زمین‌شناسی در دست‌رس و داده‌های ماهواره‌ای منطقه به صورت زیر جمع‌آوری شدند:

الف. یک تصویر (Scene) رقومی هفت باندی سنجنده Thematic Mapper"TM" ماهوارهٔلندست ۵.

ب. تصویر رنگی مجازی (False Colour) ماهوارهٔلندست ٤ به مقیاس ۱:۵۰۰،۰۰۰.

پ. تصویر رنگی مجازی ماهوارهٔلندست ۵ به مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰.

با مطالعهٔتصویر ۱:۵۰۰،۰۰۰، گستره‌ی نقشهٔرفسنجان به مساحت ۵۴×۵۰ کیلومتر شامل ۱۸٤۰ پیکسل در ۱۶۰۰ خط به دلایل زیر به عنوان منطقه مطالعه انتخاب شد:

۱- عدم وجود پوشش گیاهی مزاحم.

۲- مورفولوژی کوهستانی.

۳- موجود بودن مدارک زمین‌شناسی کافی از منطقه در مقیاس‌های مختلف.

با بهره‌گیری از تکنولوری پردازش تصویر (Image Processing) نقشهٔزمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ رفسنجان مورد بازنگری کلی قرار گرفت و نتایج جالبی به دست آمد از جمله، گسل‌ها و واحدهای سنگی جدیدی شناسایی و رسوبات آبرفتی کواترنر براساس خاستگاه‌شان شناخته و تفکیک شدند.

## زمین‌شناسی

گسترهٔمورد بررسی بخشی از نوار ولکانیکی ارومیه- دختر است که نقشهٔرفسنجان یک را به وسعت حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع (شکل ۱) شامل می‌شود. نقشهٔزمین‌شناسی مذکور در سال ۱۹۷۱ به وسیله انستیتو زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی و تحقیقات هسته‌ای بلگراد یوگوسلاوی سابق بر اساس قراردادی برای سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه و در سال ۱۳۷۱ از تلفیق نقشهٔمذکور و پنج

شکل ۱- نقشهٔ زمین‌شناسی رفسنجان یک (گرفته شده از نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰۰ رفسنجان)

نقشهٔ‌دیگر، وسیله ف. وحدتی نقشهٔ ۱:۲۵۰،۰۰۰ رفسنجان منتشر گردید. آنچه در شکل ۱ نشان داده شده گسترهٔ‌نقشهٔ‌رفسنجان یک براساس نقشهٔ‌وحدتی، است.

همان طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، بیش‌ترین سنگ‌های بیرون‌زده در گسترهٔ‌رفسنجان مربوط به زمان ائوسن است و بخشی نیز در نئوژن تشکیل شده است.

سنگ‌های ائوسن با رسوبات تیپ فلیش در محیط دریایی آغاز و نهشته‌هایی از سنگ آهک نومولیت‌دار، کنگلومرا، سنگ ماسه، و مارن آن را می‌پوشانند. سنگ‌های آذر-آواری و گدازه، که از تناوب آگلومرا، توف، گدازهٔ‌آندزیتی- بازالتی، ایگنیمبریت، افق‌های سنگ آهک فسیل‌دار، سنگ ماسه آهکی، گدازه‌های تراکیتی، و پیروکلاستیک‌های وابسته تشکیل شده‌اند، رسوبات آغازی را با دگرشیبی می‌پوشانند. این مجموعهٔ‌سنگی، با همبری فرسایشی، در زیر تناوبی از سنگ ماسه آرکوزی، توف آندزیتی- داسیتی، توف ماسه‌ای- کنگلومرایی، گدازهٔ‌تراکی آندزیت- تراکی بازالت و آگلومرا قرار می‌گیرد.

سنگ‌های نئوژن به دو بخش آذرین و رسوبی تقسیم شده‌اند. ولکانیک‌های نئوژن با ترکیب داسیتوئیدی به شکل گدازه و توف‌های وابسته گزارش شده‌اند و رسوبات تخریبی نئوژن را در بخش زیرین سنگ ماسه و میکروکنگلومرا، و یک افق توف داسیتی مشخص در قاعده، که چین‌خوردگی پیدا کرده‌اند، تشکیل می‌دهد. قسمت فوقانی شامل سنگ ماسه با قلوه‌های ولکانیکی و چین‌خوردگی ملایم‌تری نسبت به سنگ‌های زیرین است.

توده‌های نفوذی ترشیری را سنگ‌هایی با ترکیب مونزونیتی گاه گرانوسینیتی- سینیتی تشکیل می‌دهند. آثار آلتراسیون حرارتی در این توده‌ها و سنگ‌های اطراف آن‌ها دیده شده است.

نهشته‌های کواترنر به دو بخش با درفت‌ها، که از تپه‌های ماسه‌ای تشکیل شده و آبرفت‌ها به شکل تراس‌های قدیمی Qt1 و مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های جدید Qt2 و آبرفت‌های عهد حاضر Qal در نقشه نشان داده شده‌اند.

## مطالعات دورسنجی (Remote Sensing Study)

### تفسیر تصویر (Image Interpretation)

تصویر رنگی مجازی ۱:۵۰۰،۰۰۰ برای رسیدن به دید کلی از زمین‌شناسی منطقه، نحوهٔ‌چین‌خوردگی و ساختار آن و پیدا نمودن Sub-Scene موردنظر بسیار مفید بود. در این تصویر رسوبات کواترنری دارای تن خاکستری، کرم قهوه‌ای و سیاه هستند و سه واحد مختلف قابل تشخیص‌است. واحدهای سنگی به خوبی مشخص نبوده و شاید چهار واحد مختلف بتوان در آن تفکیک نمود (تصویر ۱). در تصویر رنگی مجازی ۱:۱۰۰،۰۰۰ منطقه پنج واحد سنگی مختلف و پنج واحد کواترنر براساس رنگ‌شان دیده می‌شود؛ لازم به ذکر است که این تصویر غیر از داشتن مقیاس بزرگ‌تر، اطلاعات جامع‌تری نسبت به تصویر ۱:۵۰۰،۰۰۰ ندارد.

## پردازش تصویر (Image Processing)

به منظور انجام عملیات پردازش تصویر، اطلاعات رقومی Sub- Scene رفسنجان از روی نوارهای مغناطیسی مربوطه، خوانده و به صورت فایل تصویری ذخیره شد. از هفت باند طول موجی فقط باندهای ۱، ۲، ۳، ٤، ۵ و ۷، که محدوده طول موج آن‌ها بین ۰/٤ تا ۲/۵ میکرومتر را شامل می‌شود و می‌توان تا مقیاس ۱:۵۰،۰۰۰ آن‌ها را بزرگ کرد، مورد استفاده قرار گرفتند.

باندهای تصویر به تنهایی دارای تن خاکستری وابسته به بازتاب طیفی پدیده‌های مختلف در محدودهٔ‌طول موج ویژهٔ‌همان باند هستند. از آن‌جا که قابلیت تفکیک تن‌های خاکستری مختلف با چشم انسان محدود است؛ تصاویر رنگی (Colour Composite) که در نتیجهٔ‌نشان دادن همزمان سه باند تصویری از یک منطقه بر روی صفحه نمایش و به کار بردن سه فیلتر رنگی قرمز، سبز و آبی برای این باندها به وجود می‌آیند، کارآیی بیش‌تری در تفکیک پدیده‌های مختلف دارند. حال اگر انتخاب باندها براساس شناخت بازتاب طیفی سنگ‌ها و خاک‌ها در باندهای مختلف باشد، تصویر رنگی کیفیت بهتری خواهد داشت و به کارگیری برنامه‌های آشکارساز نتیجهٔ‌بهتری را ارائه خواهد کرد؛ و سرانجام، آشنایی با پدیده‌های تصویری مانند تن، رنگ، اندازه، شکل، بافت و طرح می‌تواند در تشخیص پدیده‌های مختلف و تفسیر تصویرنهایی کمک بسیاری به مفسر بنماید.

در منطقهٔ‌رفسنجان، برای ساختن تصویر رنگی مجازی با کیفیت خوب به دو روش زیر عمل شد:

الف - به کارگیری برنامهٔ آشکارسازی با افزایش کنتراست (Contrast Enhancement) برای هر باند به طور جداگانه، قبل از ساختن تصویر رنگی.

ب - به کارگیری برنامهٔ آشکارسازی با افزایش کنتراست باندها پس از ساختن تصویر رنگی.

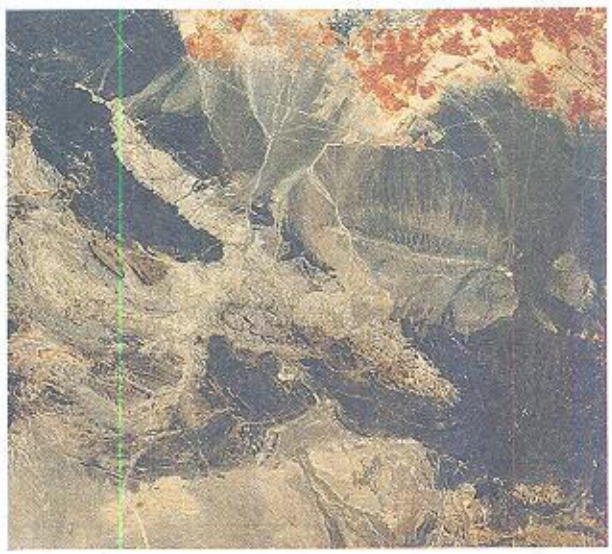
در روش «الف» دو برنامهٔ‌متفاوت، یکی Equalization Contrast Enhancement و دیگری Linear Contrast Enhancement، به منظور افزایش کنتراست باندهای مختلف اجرا شد و تصاویر رنگی مجازی مختلفی با فیلترهای گوناگون از ترکیب سه باند به دست آمد.

در روش Linear Contrast Enhancement محدودهٔ‌ویژه درجات روشنایی پیکسل‌های هر باند بین مینیمم و ماکزیمم صفر تا ۲۵۵ به صورت خطی پخش شدند. پس از افزایش کنتراست برای شش باند مختلف، تصاویررنگی گوناگونی با ترکیب سه باند ساخته شد که مناسب‌ترین آن‌ها عبارت بودند از:

۱- تصویر رنگی مجازی حاصل از ترکیب باندهای ۲، ۳ و ٤ با نور قرمز، سبز و آبی "RGB" که در آن حدود هشت نوع آبرفت مختلف قابل تفکیک بودند.

۲- تصویر رنگی مجازی حاصل از باندهای ۱، ٤ و ۷ "RGB" که حدود دوازده تیپ آبرفت را نشان می‌داد.

۳- در تصویری که از ترکیب باندهای ۱، ٤ و ۵ یا ۳،۱ و ۵ "RGB" به دست آمد واحدهای سنگی مختلف به خوبی قابل تفکیک بودند و رسوبات آبرفتی منشاگرفته از آن‌ها نیز به وضوح دیده می‌شدند. در این تصاویر، پس از به کارگیری فیلتر Average از نوع low Pass به ابعاد ۳×۳ پیکسل، حدود چهارده نوع آبرفت تفکیک شدند. در شکل ۲، هیستوگرام باندهای ۳،۱ و ۵ پیش از افزایش کنتراست، و در شکل



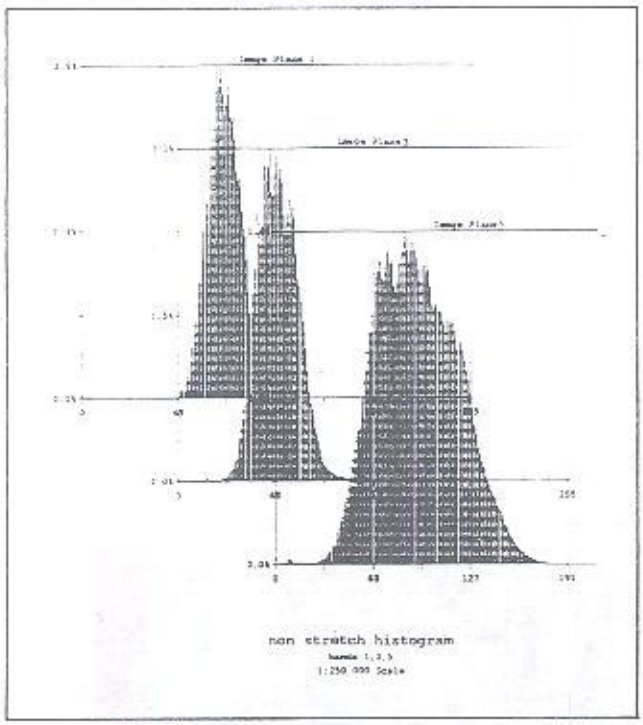
تصویر۱- تصویر رنگی مجازی ۱:۵۰۰،۰۰۰ منطقه رفسنجان

۳، هیستوگرام همین باندها پس از افزایش کنتراست خطی بین محدودهٔصفر تا ۲۵۵ نشان داده شده است.

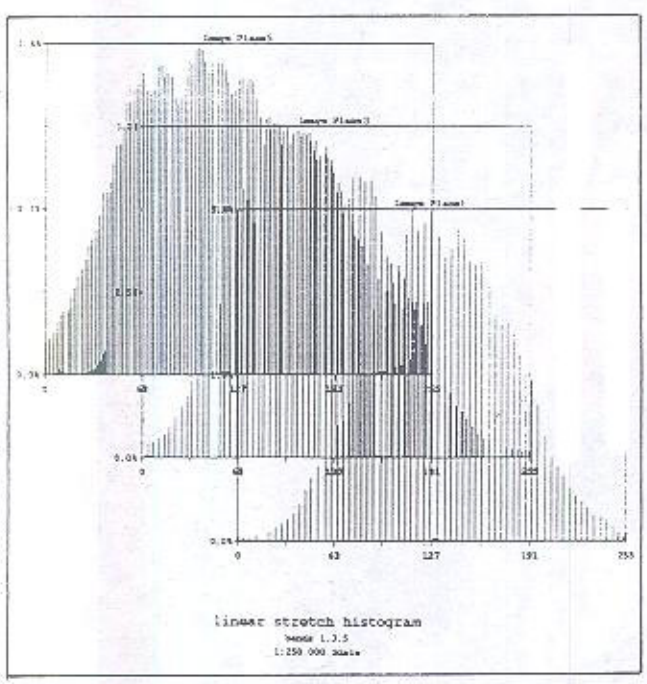
در روش Equalization Contrast Enhancement برای هر باند محدوده بیش‌ترین تمرکز درجات روشنایی پیکسل‌ها بین صفر تا ۲۵۵ پخش می‌شود و در نتیجه با تغییر شکل هیستوگرام اولیه، اطلاعات بیش‌تری برای هرباند می‌توان به دست آورد. پس از به کارگیری این برنامه، تصاویر رنگی مجازی مختلفی با ترکیب سه باند تصویری (RGB) ساخته شد که بهترین آن‌ها ترکیب باندهای ۱، ٤ و ۵ یا ۱، ۳ و ۵ (RGB) پس از به کارگیری فیلتر Average به ابعاد ۳×۳ پیکسل بود. در تصویر حاصل از باندهای ۱، ۳ و ۵ (تصویر ۲)، بخشی از عوارض توپوگرافی حذف شد، ولی واحدهای کواترنر تا حدود بیست تیپ مختلف تفکیک شدند. در شکل ٤، هیستوگرام باندهای ۱، ۳ و ۵ پس از به کارگیری برنامهٔ Equalize نشان داده شده است.

در روش «ب» برنامهٔافزایش کنتراست، پس از ساختن تصویر رنگی و انتخاب بیش‌ترین درجات روشنایی به دست آمده از مجموع سه باند به‌کار گرفته شد. از آن‌جا که از ترکیب سه باند با محدودهٔروشنایی و میانگین مساوی، یا شدت روشنایی نزدیک هم، تصویر رنگی مجازی با کیفیت بهتری به دست می‌آید، با استفاده از توابع مکعبی (Cubic) و سهمی (Parabulic) می‌توان درجات روشنایی پیکسل‌ها را بدون تغییر شکل هیستوگرام اولیه کشش (Stretch) داد و یا فشرده (Compression) کرد و میانگین و محدودهٔمساوی روشنایی برای هر سه باند به دست آورد. این روش Enhancement Technique "BCET" Balance Contrast نامیده می‌شود که به وسیلهٔ Liu Jian Guo در سال ۱۹۹۱ توسعه یافته است.

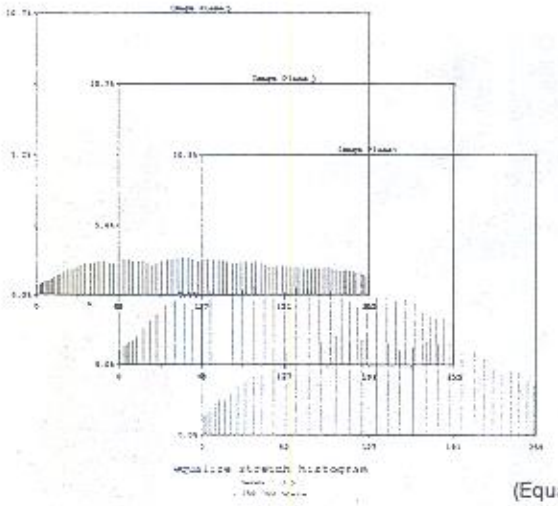
در منطقهٔرفسنجان تصاویر رنگی مختلفی با ترکیب سه باند و با به کارگیری روش "BCET" ساخته شد و به منظور مطالعهٔرسوبات آبرفتی کواترنر مورد استفاده قرار گرفت.




شکل ۲- هیستوگرام باندهای ۱، ۳ و ۵ پیش از افزایش کنتراست.




شکل ۳- هیستوگرام باندهای ۱، ۳ و ۵ پس از افزایش کنتراست (linear).

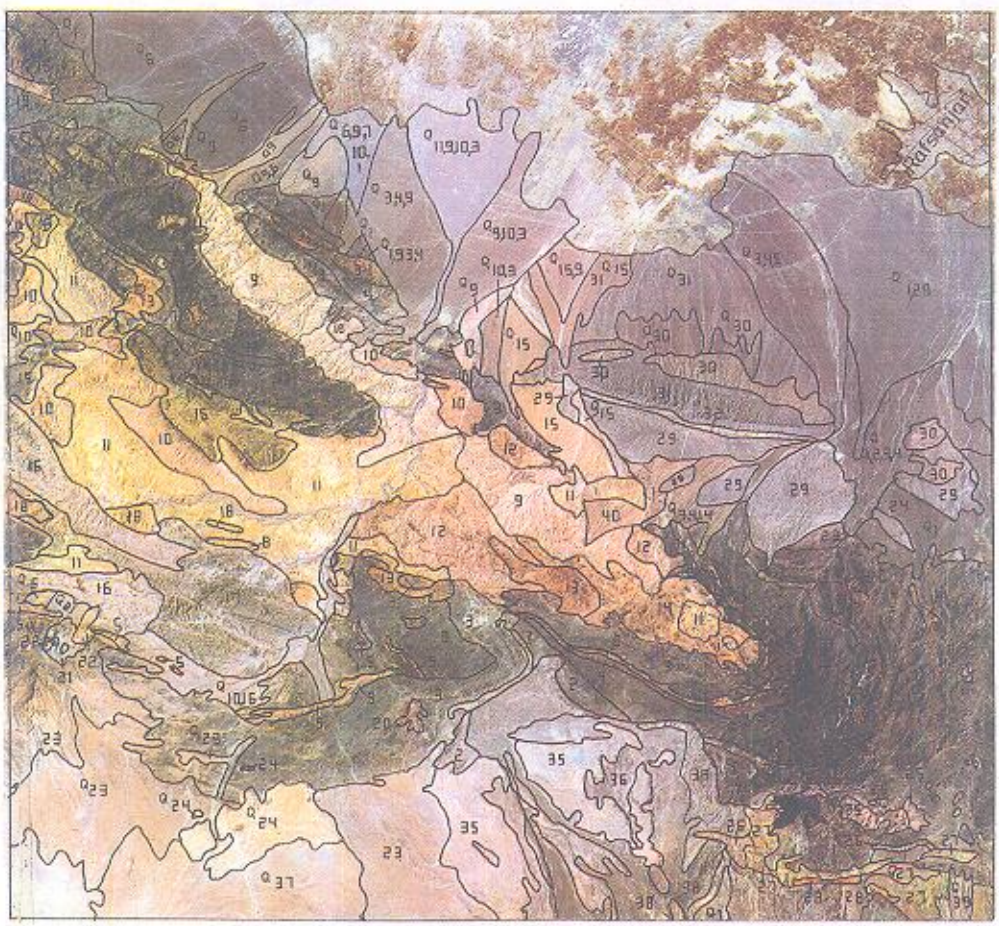


شکل ٤- هیستوگرام باندهای ۱، ۳ و ۵ پس از افزایش کنتراست (Equalization)

Pixels 100 0 100 200 300 400 500 600 700

تصویر ۲- تصویر پردازش شدهٔ منطقه رفسنجان به روش Equalization

تصویر۳- تصویر پردازش شدهٔ منطقهٔ رفسنجان به روش BCET




تصویر٤- نقشهٔ رسوبات کواترنر با توجه خاستگاه آن‌ها

۱- تصویر رنگی مجازی استاندارد که از ترکیب باندهای ۲، ۳، و ٤ (RGB) پس از پردازش (BCET) به وجود آمد، کنتراست زیادی نداشت و واحدهای سنگی مختلف به خوبی در این تصویر قابل تفکیک نبودند.
۲- در تصویری که از ترکیب باندهای ۱، ٤ و ۷ (RGB) و روش "BCET" به دست آمد، واحدهای سنگی غیر از سنگ‌های آتش‌فشانی بازیک به خوبی قابل تفکیک بودند و واحدهای کواترنر وابسته به آن‌ها نیز دیده می‌شدند.
۳- تصویر حاصل از باندهای ۱، ۳ و ۵ (RGB) پس از استفاده از روش "BCET"، بهترین کنتراست و بیش‌ترین اختلاف بین واحدهای مختلف سنگی و آبرفت‌های وابسته را نشان داد (تصویر ۳).

با استفاده از این تصویر، پس از به کارگیری فیلتر "Sharpen" از نوع (High Pass) به اندازهٔ ۱۱×۱۱ پیکسل، توانستیم حدود سی‌و پنج واحد سنگی و سی واحد رسوبات آبرفتی را تفکیک کنیم (تصویر ٤).

همان طور که در این تصویر دیده می‌شود، مرز آبرفت‌ها و رخ‌نمون‌های سنگی بسیار مشخص، و هر واحد آبرفتی به رنگ سنگ خاستگاهش به خوبی آشکار شده است.

کنترل زمینی این تصویر واحدهای تفکیک شده را تائید کرده است.

## نتیجه

مطالعات دورسنجی با روش‌های مختلف، از جمله تعبیر و تفسیر داده‌های تصویری و پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌های منابع زمینی (لندست و اسپات)، در گروه دورسنجی سازمان زمین‌شناسی کشور، که همراه با کنترل زمینی، به منظور مطالعات زمین‌شناسی برای اکتشافات معدنی، تفکیک واحدهای سنگی، شناسایی رسوبات آبرفتی مختلف، و ردیابی گسل‌هابوده، نشان داده است که استفاده از تصاویر استاندارد ماهواره لندست که محصول ترکیب باندهای ۲، ۳ و ٤ با مقیاس‌های ۱:۵۰۰،۰۰۰، ۱:۲۵۰،۰۰۰ و ۱:۱۰۰،۰۰۰ است کارآیی لازم را ندارد و همان طور که در متن این نوشتار نشان داده شد، بیش از ۱۰ درصد اطلاعات را نمی‌توان از این نوع تصاویر استخراج نمود.

برای تفکیک رسوبات آبرفتی که موردنظر این مقاله بوده هیچ روشی غیر از پردازش تصاویر رقومی مورد اعتماد نیست و سرعت این روش را ندارد. تجربه‌های به دست آمده از مطالعهٔ حدود هشت نوار CCT در نواحی مختلف ایران نشان می‌دهد که استفاده از یک روش مشخص و یک سری برنامه‌های نرم‌افزاری معین برای همه جا به نتیجهٔ مطلوب نمی‌رسد و برای هر منطقه باید روش مناسب خاص آن را انتخاب کرد و این بستگی به تجربه و آشنایی مفسر با محیط نرم‌افزاری و تجارب زمین‌شناسی او دارد.

در کشور پهناوری مانند ایران و با توجه به کمبود نیروی انسانی متخصص و بالابودن دستمزد، عدم شناخت کافی از توان بالقوهٔ معدنی کشور و نیاز روزافزون صنایع به مواد اولیهٔ معدنی، با جرئت می‌توان گفت تنها تکنولوژی پردازش تصویر می‌تواند جواب‌گوی این نیاز فزاینده باشد.

## References


Drury S. A. (1993), Image Interpretation in Geology. LOndon, Allen and Unwin Publisher.

GSI Rep. No. Yu/53- 1973. Mineral Exploration in Kerman Region;

Huang Xianfang et al. (1993). Interpretation of Remote Sensing Information related to Uranium Mineralization in Quaternary Covering area. Ninth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing Pasadena, Calif. U. S. A. 8- 11 Feb. 1993P. 815- 820 of Proceeding.

Liu. J. G. (1991). Balance Contrast Enhancement Technique and its Application in Image Color Composition. Inter, Journal of Remote Sensing. Vol- 12. No. 10P. 2133- 2151.

Srdic. A. et al. (1971). Geological Map of Rafsanjan1, 1:100,000.

Vahdati, F. Compiler (1992) Geological Map of Rafsanjan quadrangle. 1:250,000.


## کتاب نگاری


کوثری. س (۱۳۷۳)- مقدمه‌ای بر اکتشاف کانسارهای آبرفتی حوضه‌های بین کوهستانی با توجه به شرایط مرفولوژیکی مناطق کویری ایران (مقاله در دست انتشار).



* سازمان زمین‌شناسی کشور- گروه دورسنجی

* Geological Survey of Iran- Remote Sensing Group