المان دون دهم، شماره ۷۶، مفحه ۳ تا ۸ کارون دهم، شماره ۷۶، مفحه ۳ تا

کاربرد سنجش از دور در پیجویی پومیس در پیرامون قله دماوند

سیدمسعود مسعودی^۱، فاطمه فریدونی^{۲*} و علی اکبر متکان^۱ دانشکده علومزمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۲۹

تاريخ پذيرش: ١٣٨٨/١١/٠۴

چکیدہ

در این پژوهش برای نخستین بار پومیس.های پیرامون قله دماوند با استفاده از دادههای ماهوارهای +IRS، Aster، ETM و مدل رقومی ارتفاع (DEM) مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا تصحیحات اتمسفری، توپو گرافی و هندسی بر روی دادههای ماهوارهای انجام شد. پس از عملیات پیش پردازش (Preprocessing) روش های تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)، تبدیل رنگ IHS، ترکیبات رنگی دروغین (FCC)، عامل شاخص بهینه(OIF) و طبقهبندی نظارت شده (IHS، ترکیبات رنگی به کارگرفته شد. ترکیب باندهای +ETM در آشکارسازی معادن پومیس توانایی بالایی دارد. توانایی تصویر PAN در تشخیص جادهها و سینه کارهای معدنی و نیز در ترکیب دقت مکانی با محدوده مرئی و فراسرخ(مادون قرمز) نزدیک (VNIR) سنجنده Aster بهتر از سنجنده +ETM بوده است. روش های IHS و PCA تقریبا" به طور یکسان نواحی پومیسی و تراکی آندزیتی را آشکارسازی مینماید. محدوده طیفی VNIR با توجه به شدت روشنایی بیشتر و تغییرات توپو گرافی و پوشش گیاهی، مناسب نبوده و باعث تداخل کلاس ها می شوند. در مجموع، برای بیشتر سنگ ها محدوده طیفی فراسرخ متوسط (SWIR) بیشترین کار آیی را در مقایسه با محدوده طیفی NIR دارد. استفاده از DEM برای جداسازی زمینهای کم شیب که محل انباشت پومیسهای ریزشی هستند، در مناطق شمالی و خاوری و برخی از نواحی جنوبی قله مؤثر بوده است. به علت محدود بودن تعداد پیکسل های نمونهبرداری، الگوریتم مورداستفاده در طبقهبندی نظارت شده، روش زاویه طیفی(SAM) است. در نهایت، پراکنش پومیس در چارچوب نقشه پتانسیل پومیس ارائه شد. با محاسبه سطوح همپوشانی لایه سازند زمین شناسی مؤثر با محدودههای سینه کارهای معدنی استخراج شده از تصویر PAN مقدار این همپوشانی ۹۳ در صد به دست آمد.

> **کلیدواژهها:** زاویه طیفی، پومیس، سنجش از دور، سنجنده ASTER، مدل رقومی ارتفاع، سنجنده +ETM. ***نویسنده مسئول:** فاطمه فریدونی

E-mail: sfereidoni@gmail.com

1- مقدمه

اکتشاف مواد معدنی در کشور با استفاده از فن آوریهای جدید و پیشرفته در جهت برنامهریزیهای خرد و کلان اقتصادی از اهمیت ویژهای برخوردار است. پوکه معدنی اگر چه از مواد معدنی طبقه یک بوده و اهمیت موادمعدنی طبقه دو مانند فلزات با ارزش نیست، اما در جای خود تأثیر اقتصادی مهمی در صنعت ساختمان بویژه در تهران بزرگ دارد. این ماده معدنی برای تولید مصالح و بتن سبک به کار رفته و نسبت به مواد مشابه طبيعي مانند پرليت و يا مصنوعي مانند ليكا نياز به حرارت بالا و مصرف سوخت زیاد برای پف کردن و متخلخل شدن ندارد (قربانی، ۱۳۸۲). اکتشاف پوکههای معدنی که نام علمی آن همان پومیس یا پومیست (شیشههای سیلیسی آ تشفشانی به طور عمده به رنگ روشن) است (Davidson et al., 2004) ، به طور کلی به روش پیگردی و پیجویی براساس اطلاعات محلی (اکتشاف چوپانی) و به ندرت با استفاده از نقشههای زمین شناسی و در مرحله تکمیلی با حفر چاهک و چاه در نقاط مناسب انجام می گیرد (مسعودی، ۱۳۷۱). نقشه زمین شناسی دماوند فقط گسترش سنگهای خروجی گدازهای آتشفشان دماوند در منطقه و همچنین محدوده کم وسعتی از آذرآوریها را در پیرامون دره هراز نشان میدهد(آلنباخ، ۱۹۶۳). برروی نقشه یاد شده حتی معادن موجود و یا اندیس.های شناخته شده پوکه معدنی نشانه گذاری نشدهاند. بنابراین در این پژوهش از دادههای ماهوارهای برای پی*جو*یی این ماده معدنی استفاده میشود. در سطح جهانی و حتی در کشورمان اکتشافات مواد معدنی با استفاده از دادههای ماهوارهای انجام پذیرفته است که از آن جمله می توان به مواردی چون تهیه نقشه سنگشناسی Mordor در استرالیا با استفاده از سنجنده Aster توسط(2005) Rowan et al و همچنين (2004) Martines & Khan به تهيه نقشههای زمینشناسی و زمین ساختمانی با استفاده از دادههای ماهوارهای چندطیفی و فراطیفی در کوهستانهای Idalho اشاره داشت و یا (I999) Ramsey به بر آورد میزاد ما گلما با استفاده از سنجش از دور حرارتی پرداختند.

۲- محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات کشوری در استان مازندران و بر اساس مختصات متریک (UTM) در محدوده ۵۸۸۰۰۰ متر تا ۶۲۰۰۰۰ متر طول خاوری و ۳۹۶۵۰۰۰ متر تا ۳۹۹۳۰۰۰ متر عرض شمالی واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در شمال ایران و تصویر سه بعدی که با استفاده از DEM و محدوده طیفی VNIR سنجنده ASTER تهیه و نشان داده شده است.

۳- روش مطالعه

در این پژوهش، پردازش دادههای ماهوارهای و نقشهای با استفاده از نرمافزارهای Microstation و Erdas, ArcVeiw , Envi, Mapsource, Idrisi, ArcGIS, Pci صورت گرفت. عملیات میدانی نسبت به شناسایی و پیجویی پومیس دماوند انجام شد. روش ها و تکنیک های به کار گرفته شده به ترتیب به شرح زیر است:

۱–زمین مرجع نمودن دادههای نقشهای: با استفاده از نرم افزارهای Microstation و ArcVeiw عملیات زمین مرجع نمودن داده های تو پو گرافی و زمین شناسی انجام گرفت. ۲–تصحیح هندسی تصاویر ماهوارهای و هم مختصات کردن آنها با یکدیگر و با نقشههای توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ : در ابتدا تصویر سنجنده PAN ماهواره IRS با استفاده از نقشههای توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در نرم افزار Pci تصحیح شد و سپس تصویر سنجنده +ETM بر مبنای آن در نرم افزار Envi تصحیح شد.

۳-تصحیحات اتمسفری و موازنه دادههای سنجندههای +ETM و Aster: بهمنظور اعمال تصحیحات اتمسفری و موازنه های تابش (Radiance) و بازتاب (Reflectance) تصاویر از نرمافزار Erdas استفاده شد. دادههای سنجنده Aster مورد استفاده شامل Digital Number) DN) هایی هستند که در سطح هشت بیت موازنه نیستند، بنابراین با استفاده از ضرایب Unit Conversions Cofficients) UCC) به رادیانس تبدیل شد .(Abrams & Ramachandran, 2004)

اللي المحافظ محافظ المحافظ محافظ المحافظ محافظ محافظ محافظ المحافظ المحافظ المحافظ المحافظ المحافظ المحافظ محافظ محافي محافظ محماض محافض محاف محماض محمم محاف محماض محمم محاف

۴-تصحیح توپو گرافی دادههای ماهوارهای: تصحیح توپو گرافی بر روی تصاویر چند باندی+ ETM و محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster با استفاده از DEM تهیه شده از نقشههای توپو گرافی ۲۵۰۰۰ ۱: رقومی و زوایای آزیموت و ارتفاع خورشیدی، همچنین به کار گیری الگوریتم Law & Nichol,2003) Minnaert در نرمافزار Erdas انجام شد (Law & Nichol,2003) Minnaert) در نرمافزار Imagine spectral Analysis users Guide, Erdas Imagine V8.6., 2002). ۵-تعیین بهترین ترکیب رنگی دروغین: فاکتور شاخص بهینه (OIF) برای سنجندههای Aster و +ETM اجرا شد. این شاخص بر اساس کمترین همبستگی ما بین باندها استوار است(Dianwei & Mohamed, 2001).

۶-ترکیب دقتهای مکانی(Data fusion) تصاویر سنجندههای +ETM و Aster با استفاده از دادههای تصویری سنجنده PAN ماهواره IRS : به منظور افزایش دقت مکانی تصاویر سنجندههای +ETM و Aster عملیات ترکیب دقت مکانی در نرمافزار Envi انجام شد. این روش سبب افزایش دقت مکانی، برای دید بهینه تری می شود. V-تبدیل رنگ IHS برای دادههای +ETM و Aster ، مدل رنگی IHS برای توضیح رنگ از مفاهیم رنگ طیفی Hue) اشباع (Saturation) و شدت I(Intensity) که به آن V(ulue) و Brightness) نیز می گویند، استفاده می کند. این تبدیل قادر است جزئیاتی از پدیدهها را که در مفهوم رنگی RGB نامشخص باشند را آشکارسازی نماید. این دو مدل با رابطههای زیر قابل تبدیل به یکدیگر هستند:

S=V₁+V₂,H = tan(
$$\frac{V_1}{V_2}$$
),V₂= $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (R-G),V₁= $\frac{1}{\sqrt{6}}$ (R+G)- $\frac{2}{\sqrt{6}}$ B, I= $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (R+G+B)

روش یاد شده در نرمافزارهای Idrisi و Envi انجام شده است.

۸-تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) برای داده های Aster : به منظور حذف اطلاعات مشترک و آشکار سازی اطلاعات غیرمشترک در باندهای طیفی داده های سنجنده Aster کو آشکار سازی اعتفاده شد(2002, 2004). این Aster Data processing wizard, 2002). این روش برای داده های +PTA و Aster انجام شد.

۹- طبقهبندی نظارت شده تصاویر: برای طبقهبندی نحوه پراکنش پومیس از روش SAM استفاده شد. روش های بیشترین احتمال و فاصله ماهالانوبیس در صورتی مفید هستند که تعداد پیکسل های نمونه دست کم چندین برابر تعداد باندهای به کار گرفته باشند(2002, Mineral Exploration wizard). در الگوریتم های مبتنی بر زاویه طیفی برخلاف الگوریتم های مبتنی بر درجات روشنایی، شناسه ها برای ردهبندی براساس زاویهبردارهای میانگین طیفی مورد استفاده قرار می گیرند(Richards,1999).

$$a = Cos^{-1} \frac{\sum_{l=1}^{nb} + tri}{(\sum_{l=1}^{nb} + l^{\frac{1}{2}})*(\sum_{l=1}^{nb} rl^{\frac{1}{2}})}$$

nb شماره باند، ti طیف مورد آزمون در باند ri ، i طیف مرجع در باند i و a زاویه بین دو طیف است.

الگوریتم SAM یک روش طبقهبندی سریع است که براساس محاسبه شباهت طیفی میان طیفهای تصویر و طیف مرجع عمل می کند. طیف مرجع را می توان در آزمایشگاه یا با اندازه گیریهای میدانی و یا این که به طور مستقیم از تصویر مورد نظر بهدست آورد. در این پژوهش نمونههای آموزشی سینه کارهای معدنی به عنوان طیفهای مرجع در نظر گرفته شد. روش SAM یک روش ردهبندی کار آمد و قوی است. علت آن از بین بردن نفوذ اثرات سایه ای به وسیله برجسته نمودن ویژگیهای بازتابی هدف است(2004).

۱۰-استخراج لایه زمین شناسی مؤثر: با استفاده از نقشههای زمین شناسی و نیز عملیات میدانی لایگرمین شنالی لمؤثر شامل گدازه ها و سنگ های آذر آوری دماوند به دست آمد.

Mapsource استخراج خطوط منحنی میزان ارتفاعی: با استفاده از نرمافزار Mapsource خطوط منحنی میزان ارتفاعی از نقشههای توپو گرافی رقومی ۱۱:۲۵۰۰۰ استخراج شد. ۱۲- تهیه نقشههای شیب و جهت شیب: پس از استخراج خطوط منحنی میزان، نقشه مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model) بر اساس این خطوط به دست آمد. سپس بر مبنای نقشه یاد شده، نقشههای شیب و جهت شیب در نرمافزار ArcGIS تهیه شد. ۱۳-ارزیابی و کنترل در برداشتهای میدانی: برای ارزیابی برداشتهای میدانی از یک دستگاه گیرنده GPS مدل گارمین – ویستا استفاده شد.

۱۴- تلفیق، مقایسه و همپوشانی اطلاعات به دست آمده در محیط GIS و معرفی مناطق بالقوه. در نمودار ۱ الگوریتم مراحل انجام پژوهش آورده شده است.

۵- بحث

به دلیل ارتفاع بالای منطقه، نبودن رطوبت و صافی آسمان، عوامل جوی (اتمسفری) تأثیر چندانی در کیفیت تصاویر ندارند. بنابراین اعمال روش های مختلف تصحیح جوی و یا استفاده از روش هیستو گرام با توجه به این که نمونههای آموزشی برای ردهبندی از خود تصویر گرفته می شوند، تأثیر چندانی ندارند. اعمال تصحیحات هندسی، تطابق دادههای ماهوارهای با یکدیگر و با نقشه های زمین شناسی و توپو گرافی و برداشتهای GPS مؤثر بوده و بر دقت کار افزوده است. در شکل ۲ همپوشانی تصویر PAN تصحیح هندسی شده با لایه راههای نقشه توپو گرافی ۲۰۵۰ نشان داده شده است. همان طور که در تصویر دیده می شود، انطباق به نسبت کاملی ما بین لایه راهها و تصویر PAN وجود دارد.

در شکل ۳ تبدیل رنگ IHS برای باندهای ۶، ۸ ۹ محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster دیده میشود. در این تبدیل پوکهها و سنگهای همجنس با آنها به رنگ آبی و به خوبی از سنگهای آهکی و پوشش گیاهی تمیز داده میشوند.

روش PCA برای محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster انجام شد. معادن پو که و پومیس ها در مؤلفه اول روشن هستند. در مؤلفه های دوم، سوم و چهارم تیره هستند. مؤلفه های پنجم و ششم، تقریباً کدر و نوفه ای هستند. در شکل ۴ ترکیب باندی مؤلفه های اصلی ۱، ۴، ۲ محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster نشان داده شده است. در این تصویر پوکه ها و سنگ های تراکی آندزیتی به رنگ نشان داده شده است.

به علت ماهیت اکتشافی این پژوهش، طبقهبندیهای انجام شده تک محصولی بوده و بیشتر به دنبال مناطقی که احتمال وجود پومیس در آنها بسیار است، بودهایم. ابعاد نمونههای برداشت شده از تصاویر تقریباً ۳۰ در ۳۰ مترمربع یعنی کمتر از ۱/ ۰ هکتار برای نمونههای تک پیکسلی بوده است. برای محدودههای چند پیکسلی در محوطه سینه کارهای معدنی بیشتر از ۱۲ پیکسل استفاده شد.

در شکل ۵ نقشه پراکندگی پومیسها و تراکی آندزیتها بر اساس نمونههای چهار معدن رینه، کنگرچا، ملار و بهارلو بر روی دادههای شش باند SWIR سنجنده Aster دیده میشود. در این ردهبندی پومیس و تراکی آندزیتها به علت ماهیت شیمیایی یکسان، همزمان ردهبندی میشوند.

در زمینهای کم شیب و به نسبت تخت، چنانچه برشهایی طبیعی یا مصنوعی ایجاد شود (درهها و چالههای طبیعی یا جادههای احداث شده) می توان رخنمونهایی از پومیسها را دید. برای مثال در شمال قله و باختر روستاهای حاجیدلا و ناندل و نیز در منطقه لاله کوه این وضعیت قابل دیدن است. اما این یک نتیجه قابل تعمیم نیست چرا که مناطق کم شیب شمال باختر قله مانند داغ و جنوب باختر آن مانند چال و پایین وزان پوشیده از صخرهها و سنگهای گدازهای هستند. نقشه زمینهای تخت و مسطح (Flat) و با شیب بیشینه ۱۵ درجه از DEM منطقه استخراج شد. در شکل ۶ همپوشانی لایه نقاط معدنی و پومیس با لایه زمینهای دارای شیب کمتر از ۱۵ درجه

All Zurede Connors in the port

U Jojesk

دیده می شود. در بیشتر موارد معادن و پتانسیل های پومیس با این نقشه تطابق دارند. با محاسبه سطوح همپوشانی لایه سازند زمین شناسی مؤثر با لایه محدوده های سینه کارهای معدنی استخراج شده از تصویر PAN مقدار این همپوشانی ۹۳ درصد به دست آمد که در شکل ۷ نشان داده شده است.

۸- نتیجهگیری

با توجه به داده های ماهوار های به کار گرفته شده در این پژوهش، روش های PCA و HIS از نظر مشاهد های، تقریبا" به طور کامل نواحی پومیسی، معادن پومیس و تراکی آندزیت ها، نبود پوشش گیاهی را آشکار می کنند. می توان گفت نتایج به دست آمده از تجزیه مؤلفه های اصلی و تبدیل رنگ IHS در خصوص تشخیص پومیس و گدازه های جوان تر تراکی آندزیتی تقریباً یکسان بوده است. به منظور آشکار سازی مکانی، تصاویری برای شناسایی موقعیت معادن، تفسیر مشاهده ای به همراه برداشت های میدانی و برداشت نمونه های آموزشی با گیرنده GPS و انطباق آنها با تصاویر PAN ماهواره IRS و محدوده NII سنجنده Aster، همچنین ترکیب دقت مکانی آنها بسیار مفید بوده است. با توجه به مقدار بیشینه شاخص بهینه (OIF) بهترین ترکیب باندی برای محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster ترکیب باندهای ۴، ۶۰ ۸ و در مورد سنجنده

ETM ترکیب باندهای ۱، ۵، ۷ است. در خصوص معادن پومیس ترکیب باندهای ۶، ۸، ۹ برای پومیس ها وضوح بیشتری دارند. با مقایسه مشاهدهای تصاویر یاد شده، می توان نتیجه گرفت به علت تغییرات بیشتر در مقادیر انحراف معیار باندهای +ETM نسبت به SWIR و همبستگی کمتر بین باندهای سنجنده ETM نسبت به محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster، ترکیبات رنگی سنجنده ETM وضوح بیشتری در رابطه با پدیدهها و همچنین معادن پومیس دارند. برای دستیابی به نقشه پتانسیل پومیس با توجه به این که سینه کارهای معدنی مناسب دارای وسعت محدودی هستند، گرفتن نمونههای آموزشی از تصاویر با تعداد کمی از پیکسل ها ممکن است. بنابراین از روش زاویه طیفی به علت کار آیی در مواردی که نمونه آموزشی از یک پیکسل تهیه شده باشد، استفاده شد. دقت کلی ردهبندی به روش SAM برای محدوده طیفی SWIR با حد آستانه زاویه ۰/۰۲ رادیان بر ابر ۷۲/۸ در صد و با زاویه ۰/۰۳ رادیان بر ابر ۹۸/۳ در صد به دست آمده است. این دقت در روش بیشترین احتمال ۹۸/۷ درصد و در روش فاصله ماهالانوبیس ۹۹/۵ درصد است. در خصوص تصاویر موازنه شده محدوده طیفی SWIR سنجنده Aster به روش IARR دقت کلی در روش SAM با زاویه ۰/۰۲ رادیان برابر ۷۲/۳ درصد و زاویه ۰/۰۳ رادیان برابر ۹۸/۳ درصد بر آورد شده است. برای روش بیشترین احتمال، دقت ۹۱/۵ درصد و روش فاصله ماهالانوبیس ۹۹/۵ درصد بهدست آمد



شکل۱- تصویر سهبعدی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- همپوشانی تصویر IRS-PAN با لایه راههای نقشه توپو گرافی ۱:۲۵۰۰۰ در منطقه سد لار

www.SID.ir



شکل ۳ - تبدیل رنگ IHS ترکیب باندی باندهای ۴، ۸، ۹ محدوده SWIR سنجنده Aster



شکل۴ - ترکیب باندی pcهای ۱، ۴، ۲ محدوده SWIR سنجنده Aster



شکل۵- نقشه پراکندگی پومیسها و تراکی آندزیتها بر اساس نمونههای چهار معدن رینه، کنگرچال، ملار و بهارلو

www.SID.ir

9

المانية



شکل۶– انطباق معادن پومیس و اندیس،های معدنی با زمین،های مسطح کم شیب



WW.SID.ir شاکل ۲ - انطباق معادن پومیس با سازند زمین شناسی مؤثر



نمودار ۱- مراحل مختلف پیجویی ماهوارهای پومیس دامنههای کوه دماوند

کتابنگاری

آلنباخ، پ.۱۹۶۳- زمینشناسی و سنگشناسی دماوند و اطراف آن، ترجمه و تنظیم مهندس علی انتظام و دکتر منوچهر مهرنوش، سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور. قربانی، م.، ۱۳۸۲- آتشفشانشناسی با نگرشی بر آتشفشانهای ایران، انتشارات آرینزمین.

مسعودی، س. م.، ۱۳۷۱ – پیجویی و پتانسیل یابی مواد معدنی در سطح استان مازندران، اداره کل معادن و فلزات مازندران.

References

- Abrams, M. H., Ramachandran, B., 2004- Aster user Hand book version 2.jet propulsion Laboratory, 4800 oak Grove Dr. Pasadena, CA91109.
- Ianwei, R., Mohamed, A. G., 2001- Optimum Index Factor(OIF) for Aster Data :Examples From the Neoproterozoic Allaqi suture, Egypt. Department of Geosciences, university of Texas at Dalas.
- Law, K. H., Nichol, J., 2003- Topographic Correction for Differential Illumination effects on Ikonos Satellite Imagery, Department of Land Surveying and Geo-Information, The Hong kong Polytechnic university, Hunghom, Kowloon, Hong kong.
- Magine spectral Analysis users Guide, Erdas Imagine V8.6.2002- Leica Geosystems, GIS and Mapping Division, 2801 Buford High way NE, Atlanta, Georgia 30329-2137USA.
- Martines,Y., Khan, S., 2004- Mapping Geology and Structure using Multispectral and Hyperspectral Data and Evaluating Topographic Correction Methods: Case Study, Salmon River Mountains of East-central Idaho, university of Houston and Idaho state university. Mineral Exploration wizard, 2002- ER Mapper 603 Release Notes, PP.101-133.
- Ramsey, M. S., Fink, G. H., 1999- Estimating Silicic Lava Vesicularity with Thermal Remote Sensing: A new Technique for Volcanic Mapping and Monitoring, Bull volcanol,61:32-39.Springer-Verlag.
- Richards, J. A., 1999- Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, Berlin and Heidelberg: Spring- Verlag.
- Rourad, G., Bannari, A., Harti, E., Desrochers, A., 2004-Validated Spectral Angle Mapper Algorithm for Geological Mapping: Comparative study between quick bird and Landsat –TM.
- Rowan, L. C., Mars, J. C., Simpson, C. J., 2005- Litholoic Mapping of the Mordor ,Nt,Australia ultramafic complex by using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer(aster),Remote Sensing of Environment.

Aster Data processing wizard, 2002- Ermapper 6.3 Release Notes: PP.57-70.

vidson, J., Hassanzadeh, J., Berzins, R., Stokli, D. F., Bashukooh, B., Turrin, B., Pandamooz, A., 2004- The Geology of Damavand Volcano, Alborz Mountains, northern Iran. GSA Bulletin, january, v.116,no1-2,P.16-29.