

پردازش و تفسیر داده‌های مغناطیسی هوابرد برای تعیین مرز ساختارهای مغناطیسی و محل گسل‌های مدفون ایران

امیر امیرپور اصل میان‌دو آب^۱ و قهرمان سهرابی^۲

^۱ دانشجوی دکترا، گروه معدن، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

^۲ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

چکیده

در این مطالعه نتایج استفاده از دو روش مشتق افقی و سیگنال تحلیلی روی داده‌های مغناطیسی هوابرد کاهیده به قطب محدوده ایران برای تشخیص ساختارهای زیرسطحی در منطقه ارائه شده است. استفاده از این روش‌ها امکان ارائه نقشه‌ای از ساختارهای مغناطیسی زمین‌شناسی اصلی به ویژه گسل‌های بزرگ مقیاس دارای سیگنال مغناطیسی موجود در محدوده مورد مطالعه را فراهم می‌سازد. نتایج کیفی و کمی این مطالعه به صورت نقشه‌هایی ارائه، با مطالعات مرتبط پیشین مقایسه و در مورد همخوانی یا عدم همخوانی موردی با برخی مطالعات پیشین توضیحاتی ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: داده‌های مغناطیسی هوابرد، ایران، گسل، ساختار مغناطیسی، مشتق افقی، سیگنال تحلیلی.

*نویسنده مسئول: امیر امیرپور اصل میان‌دو آب

E-mail: amirpour_geophysics@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

تعیین محل برخورد یا مرز ساختارهای زمین‌شناسی یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین مسائلی است که همواره در زیرشاخه‌های مختلف مجموعه علوم زمین، از جمله ژئوفیزیک مطرح بوده است. این مرزها در بیشتر موارد ولی نه همیشه گسلی هستند. گسل‌ها شکستگی‌هایی در پوسته زمین با تغییر شکل‌های قابل توجه هستند و حضور گسل در یک منطقه نشانگر وجود جابه‌جایی‌هایی است که به صورت آرام یا ناگهانی در طول آن رخ داده است. گسل‌ها نشانگر نواحی فعال زمین‌ساختی نیز هستند؛ بنابراین مطالعه آنها در مواردی مانند بررسی لرزه‌خیزی (در ارتباط با طرح‌های شهرسازی و عمرانی)، بررسی پتانسیل‌های معدنی (کانی‌زایی‌های مرتبط با شکستگی‌ها و نواحی گسل)، شناخت دقیق روندهای زمین‌ساختی و ... اهمیت دارد. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های مختلف مانند مطالعه عکس‌های ماهواره‌ای (برای گسل‌های آشکار) و ژئوفیزیک هوابرد برای ساختارهای گسلی پنهان، به منظور تهیه نقشه‌های سامانه گسلی مناطق مختلف متداول شده است. در این میان یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای تشخیص ساختارهای پنهان از جمله گسل‌ها، مغناطیسی‌های هوایی است که تفسیر و مدل‌سازی حاصل از آن در شناسایی گسل‌های زیرسطحی و گسل‌های مدفون احتمالی کمک می‌کند. البته همان‌گونه که اشاره شد مرز ساختارهای زمین‌شناسی بیشتر گسلی است ولی این امر برای همه موارد قابل تعمیم نیست و ممکن است در مواردی مرز ساختارها با گسل همراه نشده باشد. همچنین این احتمال وجود دارد که یک ساختار گسلی دارای سیگنال مغناطیسی محسوس نباشد. بنابراین نتایج این پژوهش لزوماً همه گسل‌های پنهان را آشکار نمی‌کند و همچنین همه ساختارهایی هم که در نتیجه این پژوهش به نقشه درآمده‌اند گسل نیستند؛ بلکه برخی از آنها نشانگر عوارضی مانند توده‌های نفوذی و ساختارهای بزرگ مقیاسی با خاصیت مغناطیسی هستند.

تفسیر و مدل‌سازی داده‌های ژئوفیزیکی عبارت است از تعیین منبع بی‌هنجاری‌های دیده شده و ویژگی‌های آنها با توجه به تغییراتی که در داده‌ها دیده می‌شود (Sharma, 1998). از آنجایی که شدت میدان مغناطیسی کل در هر نقطه متأثر از مواد و ساختارهای مغناطیسی موجود در آن نقطه است، بر پایه تفسیر این نقشه و اعمال فیلترهای بالاگذر می‌توان به وجود ناهنجاری‌های ساختاری زیرسطحی پی برد (Grauch & Johnston, 2002). از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه در ایران می‌توان به نقشه گسل‌های فعال اصلی ایران تهیه شده توسط (Berberian, 1981) نقشه

خطواره‌های مغناطیسی ایران با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط یوسفی (۱۳۷۳)، نقشه گسل‌های فعال ایران تهیه شده توسط حسامی و همکاران (۱۳۸۲) و نقشه گسل‌های فعال ایران تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور) (شکل‌های ۱ تا ۴) اشاره کرد. البته در بیشتر این مطالعات (به جز مورد دوم) از روش‌هایی غیر از مغناطیسی‌سنجی هوایی استفاده شده است. در مطالعه حاضر با اعمال دو روش مختلف (مشتق افقی و سیگنال تحلیلی) روی داده‌های مغناطیسی هوابرد، نقشه خطواره‌های مغناطیسی ایران تهیه و انطباق آن با نقشه‌های پیشین موجود در این زمینه و نقشه گسل‌های ایران و نقشه لرزه‌خیزی بررسی شده است. بررسی و استفاده از روش‌های یادشده در بسیاری از نقاط جهان متداول شده است که از آن جمله می‌توان استفاده از داده‌های مغناطیسی هوایی برای به نقشه درآوردن گسل‌های پنهان محلی در جنوب خاوری کامرون (Mbraga et al., 2012)، پردازش و تفسیر داده‌های مغناطیسی هوایی حوزه سانتاکروز و نواحی کوهستانی پاتاگونیا در جنوب آرژونتا (Philips, 2002) و مطالعه گسل‌های پنهان استان قم با استفاده از تفسیر داده‌های ژئوفیزیک هوایی (آریامنش و همکاران، ۱۳۸۸) را نام برد.

۲- مختصری از زمین‌شناسی ایران

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش کل پهنه کشور ایران به جز حاشیه جنوب باختری آن است که اطلاعات مغناطیسی هوابرد آن در دسترس نیست. بخش‌های مختلف ایران ویژگی‌های زمین‌شناسی متفاوتی نسبت به هم دارند. علت این اختلاف‌ها رویدادهای زمین‌شناسی مختلفی مانند قطعه‌قطعه شدن پی سنگ، حرکت متفاوت قطعات نسبت به هم و عملکرد نیروهای مؤثر در زمین‌ساخت در سواها و با شدت‌های مختلف (حرکات آفریقا نسبت به آسیا، عربستان نسبت به ایران و ...) هستند که در اثر آنها ایران به پهنه‌هایی تقسیم شده است (پهنه زاگرس، پهنه سندج- سیرجان، پهنه ایران مرکزی، پهنه خاور و جنوب خاور ایران و پهنه البرز) که هر یک با اختصاصات ویژه‌ای مشخص می‌شوند. در بیشتر موارد، مرز این پهنه‌ها با یکدیگر گسلی است (شکل ۵).

۳- داده‌های مغناطیسی هوابرد ایران

داده‌های شبکه‌ای ۷/۵ کیلومتر مغناطیسی هوابرد ایران در فاصله سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۵

۱۶۰۰ کیلومتر و گسترش طولی ۱۸ درجه یا حدود ۲۰۰۰ کیلومتر) تأثیر محسوسی در نتیجه کلی کار نخواهد داشت. پس از این مرحله و با توجه به عدم وجود فیلتر تعریف شده مشتق افقی مطابق رابطه بالا در نرم‌افزار مورد استفاده، عملگر مورد نظر به صورت فرابندی از اعمال فیلترهای مشتق افقی در راستای x ، مشتق افقی در راستای y ، محاسبه مربع هر کدام از توابع و در پایان محاسبه تابع مجذور مربعات روی داده‌های کاهیده به قطب اعمال و نتیجه به صورت نقشه مشتق افقی میدان مغناطیسی ارائه شده است. در پژوهش‌های مشابه معمولاً برای حذف بی‌هنجاری‌های غیر مرتبط از نقشه مشتق افقی، یک فیلتر بالاگذر روی داده‌های مشتق افقی اعمال می‌شود تا تنها مقادیر بیشتر از یک مقدار معین در روی نقشه باقی بمانند. در این پژوهش به جای اعمال این فیلتر از روش تغییر در الگوی توزیع رنگ‌ها در نقشه استفاده شد؛ به گونه‌ای که به جای توزیع ناحیه یکسان (equal area distribution) از روش توزیع عادی یا گاوسی برای الگوی رنگی استفاده شده است. این نقشه در شکل ۴ ارائه شده است. همان گونه که در شکل ۷ دیده می‌شود، ساختارهای خطی بزرگ مقیاس مانند گسل درونه در خراسان، مرز مکران در سیستان (منطبق بر رخنمون‌های افیولیتی) و پهنه آتشفشانی به خوبی در نقشه مشتق افقی ظاهر شده است ولی در زاگرس، با توجه به این که گسل‌های بسیاری در آن وجود دارد، نتایج خوبی به دست نیامده است (شکل ۲). به این ترتیب به نظر می‌رسد نتایج به دست آمده، بیشتر توده‌های نفوذی و پهنه آتشفشانی ایران را مشخص کرده است. مهم‌ترین دلیل این امر شاید خاصیت مغناطیسی ضعیف در ساختارهای بزرگ مقیاس زاگرس باشد.

۴-۲. روش سیگنال تحلیلی

عملگر سیگنال تحلیلی بر پایه میدان مغناطیسی کل و تبدیل هیلبرت آن و یا بر پایه مشتق‌های افقی و عمودی میدان کل تعریف می‌شود (Nabighian, 1972). دامنه سیگنال تحلیلی مختلط (Amplitude of Analytic Signal) بر پایه مشتق‌های افقی و عمودی میدان کل با رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$|AAS(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)^2} \quad (2)$$

دامنه سیگنال تحلیلی سه‌بعدی در موقعیت (x, y) را می‌توان از گرادیان‌های عمود بر هم میدان مغناطیسی کل یا بی‌هنجاری میدان کل به دست آورد. در این رابطه $|AAS(x,y)|$ دامنه سیگنال تحلیلی در نقطه (x, y) است. برای محاسبه سیگنال تحلیلی ابتدا گرادیان افقی تعیین و سپس از تبدیل هیلبرت برای تعیین گرادیان قائم استفاده می‌شود. تبدیل هیلبرت بدون تغییر در مقدار تابع، روی طیف فاز تغییری ۹۰ درجه ایجاد می‌کند و به عبارت دیگر گرادیان افقی به قائم تبدیل می‌شود و لبه‌های بی‌هنجاری مغناطیسی را با محدوده محیطی کانسار تطابق می‌دهد و بدین ترتیب گسترش طولی و عرضی کانسار را روی سطح زمین با دقت بیشتری نسبت به نقشه بی‌هنجاری مغناطیسی نشان می‌دهد. در هر حال یکی از ویژگی‌های مهم سیگنال تحلیلی این است که برای یک جسم دوبعدی باریک مانند دایک، دامنه، مستقل از سوی بردار میدان مغناطیسی القایی است که منحنی مقارنی به شکل زنگ دارد و درست در بالای چشمه مغناطیسی جای گرفته است. ایراد وارد به روش سیگنال تحلیلی این است که برای یک جسم ستر هنگامی که ابعاد افقی جسم از ژرفای بالایی توده بیشتر می‌شود، به دلیل اثرهای تداخلی، تعیین مرزهای چشمه مغناطیسی از دامنه بیشینه سیگنال تحلیلی دقت کافی ندارد (Roest, 1993). اعمال روش سیگنال تحلیلی روی داده‌های مغناطیس هوابرد کاهیده به قطب ایران به تهیه نقشه‌ای انجامیده است (شکل ۸). همان گونه که دیده می‌شود شکل‌های ۷ و ۸ از دید روندهای کلی شبیه به هم هستند ولی در جزئیات تفاوت محسوسی میان آنها وجود دارد. به نظر می‌رسد روش مشتق افقی، مرزها را به صورت تیزتری نسبت به روش سیگنال تحلیلی مشخص کرده است. همانند نقشه مشتق افقی، در این نقشه نیز گسل‌های منطقه زاگرس به خوبی مشخص نشده‌اند.

به سفارش سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی وقت ایران و توسط شرکت آمریکایی Aero service، از بزرگ‌ترین شرکت‌های فعال در زمینه ژئوفیزیک هوابرد در آن زمان انجام گرفته است. فاصله خطوط پرواز ۷/۵ کیلومتر و ارتفاع پرواز ثابت ۳۰۰ متر از سطح زمین بوده است. این داده برداری در ۶۲ بلوک پروازی مجزا انجام گرفته و از دید کیفیت در حد قابل قبولی ارائه شده است. پردازش‌های یکپارچه‌سازی و تبدیل بانک‌های داده‌ای مجزا به شبکه منظم داده‌ای، تصحیح هم‌ترازی و ریزهم‌ترازی طی یک پروژه کارشناسی ارشد در مرکز تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان روی داده‌ها انجام گرفت (صالح، ۱۳۸۷) که خروجی پایان‌نامه یادشده به عنوان داده‌های ورودی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین داده‌های ورودی این مطالعه، نسبت به داده‌های اولیه و خام پیشین کیفیت و هماهنگی بسیار بالاتری دارد و انتظار می‌رود این موضوع سبب بهبود کیفی نقشه‌های تولید شده در این پژوهش نسبت به موارد پیشین باشد.

۴- روش‌های مورد استفاده برای تعیین محل و ژرفای گسل‌ها و ساختارهای مغناطیسی

برای تعیین ژرفای یک ساختار مغناطیسی با استفاده از داده‌های مغناطیسی شبکه‌ای، اولین شرط لازم تعیین محل برخورد مرز توده‌های مغناطیسی است که این امر با تعریف یک تابع میدان مغناطیسی انجام می‌شود که در محل برخورد ساختارهای مغناطیسی بیشترین مقدار را داشته باشد. برای حل این مسئله توابع بسیاری تعریف شده‌اند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) روش مشتق افقی (Cordell & Grauch, 1985; Blakely & Simpson, 1986)

ب) روش دامنه سیگنال تحلیلی (Nabighian, 1972; Roest & Pilkington, 1993)

۴-۱. روش مشتق افقی

روش مشتق افقی یکی از روش‌های تعیین تقریبی مرزها یا محل برخورد لبه‌های چشمه‌های میدان پتانسیل است. مهم‌ترین مزیت این روش حساسیت کم آن نسبت به نوفه موجود در داده‌هاست. زیرا این روش تنها به دو مشتق افقی مرتبه اول میدان بستگی دارد (Phillips, 1997). اگر T میدان مغناطیسی کل باشد، اندازه مشتق افقی آن با رابطه ۱ به دست می‌آید:

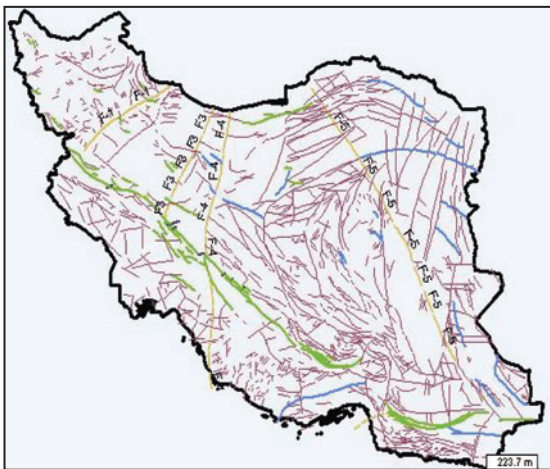
$$HGM(x,y) = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

این تابع یک پیک ناهنجاری روی محل برخورد توده مغناطیسی در صورت برقراری شرایط زیر ارائه می‌دهد: ۱) میدان منطقه‌ای قائم باشد؛ ۲) مغناطیس‌شدگی‌ها قائم باشند؛ ۳) مرز توده‌ها قائم باشد؛ ۴) توده‌ها یزوله باشند؛ ۵) توده‌ها به اندازه کافی ستر باشند (Phillips, 1998). عدم برقراری چهار شرط اول موجب شیفت مکانی پیک بی‌هنجاری از محل واقعی آن در بالای چشمه خواهد شد و نبود شرط پنجم سبب ظاهر شدن پیک غیر واقعی ثانویه موازی با پیک اصلی می‌شود (Mbarga et al., 2012). برای ارضای دو شرط اول کافی است فیلتر کاهش به قطب مغناطیسی (Reduction to magnetic pole) روی داده‌های اولیه اعمال شود. با توجه به مقیاس داده‌های مورد استفاده شرط پنجم نیز خود به خود ارضا می‌شود. در این پژوهش از نرم‌افزار Oasis montaj برای اعمال فیلترهای مورد نیاز روی داده‌های اولیه استفاده شده است. داده‌ها به صورت یک بانک داده‌ای یکپارچه وارد نرم‌افزار و یک فیلتر ادامه به فراسوی ۲ کیلومتر اعمال شده است تا از نوفه‌های احتمالی کاسته شود. در ادامه فیلتر کاهش به قطب مغناطیسی با در نظر گرفتن مختصات متوسط یا همان مختصات مرکز ایران به عنوان مختصات ورودی فیلتر کاهش به قطب استفاده شد که این امر مسلماً موجب پیدایش مقداری خطای مکانی غیر قابل اجتناب در محل واقعی خطواره‌ها در نواحی دور از مختصات مرکزی می‌شود. البته با بررسی و محاسبه در چند منطقه مختلف، بیشترین میزان این انحراف ۱ کیلومتر به دست آمد که با توجه به گسترش منطقه مورد مطالعه (گسترش عرضی ۱۴ درجه یا حدود

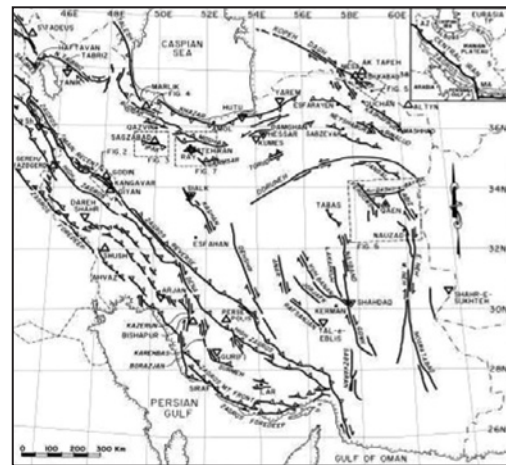
۵- نتیجه گیری

در شکل ۹ همخوانی نتایج به دست آمده در هر کدام از روش های این مطالعه با نقشه ارائه شده توسط سازمان زمین شناسی در مورد گسل ها (شکل ۴) نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل دیده می شود، در برخی موارد مانند گسل درونه، گسل نایبند، گسل دهشیر بافت، گسل شمال تبریز، گسل سیزواران، همخوانی خوبی میان نتایج این پژوهش و گسل های معرفی شده وجود دارد. مهم ترین عدم همخوانی در این زمینه مربوط به گسل زاگرس است که تنها در بخش شمال باختری همخوانی وجود دارد و در عرض های پایین تر هیچ پاسخی از اعمال دو روش یاد شده بر نقشه داده های مغناطیسی دیده نمی شود. یک دلیل احتمالی شاید این باشد که لزوماً در محل همه مرزهای برخورد زمین شناسی، سنگ های آذرین تولید کننده سیگنال مغناطیسی وجود ندارد و روش های به کار گرفته شده زمانی به نتیجه خواهند رسید که در محل برخوردها چشمه تولید کننده سیگنال مغناطیسی وجود داشته باشد. با توجه به نتایج به دست آمده می توان ادعا کرد در هر دو

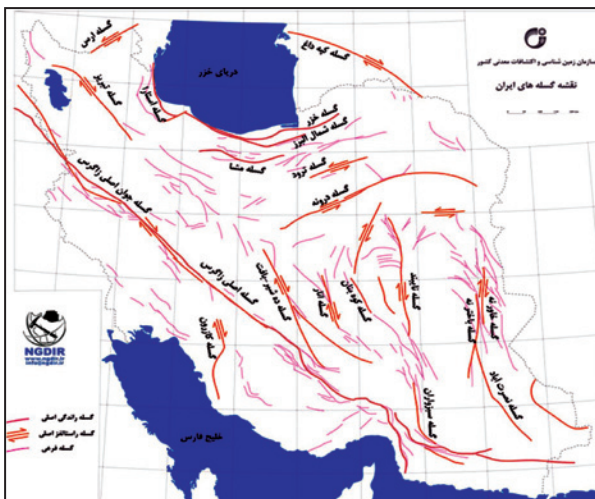
روش بیشتر روندهای اصلی و بزرگ مقیاس ساختاری به خوبی مشخص شده اند. همچنین با مقایسه نقشه های به دست آمده از این مطالعه با نقشه خطواره های مغناطیسی ایران (یوسفی، ۱۳۷۳) چند نکته قابل توجه است: در مورد ساختارهای اصلی مانند پهنه سنندج- سیرجان، پهنه ارومیه- دختر و یا گسل درونه، به روشنی انطباق قابل قبولی میان نتایج این پژوهش (هر دو روش) و شکل یاد شده وجود دارد. در مورد منطقه زاگرس (هر دو سوی گسل اصلی زاگرس) بر خلاف آنچه در نقشه یوسفی (۱۳۷۳) نشان داده شده است، هیچ گونه خطواره مشخصی در نقشه های حاصل از این پژوهش دیده نمی شود. در منطقه شمال خاور ایران نیز شمار بسیاری خطواره مغناطیسی با روند تقریبی شمالی- جنوبی در نقشه یوسفی (۱۳۷۳) نشان داده شده است که این خطواره ها نیز در دو نقشه پایانی پژوهش حاضر دیده نمی شود.



شکل ۲- نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ خطواره های مغناطیسی ایران (یوسفی، ۱۳۷۳).



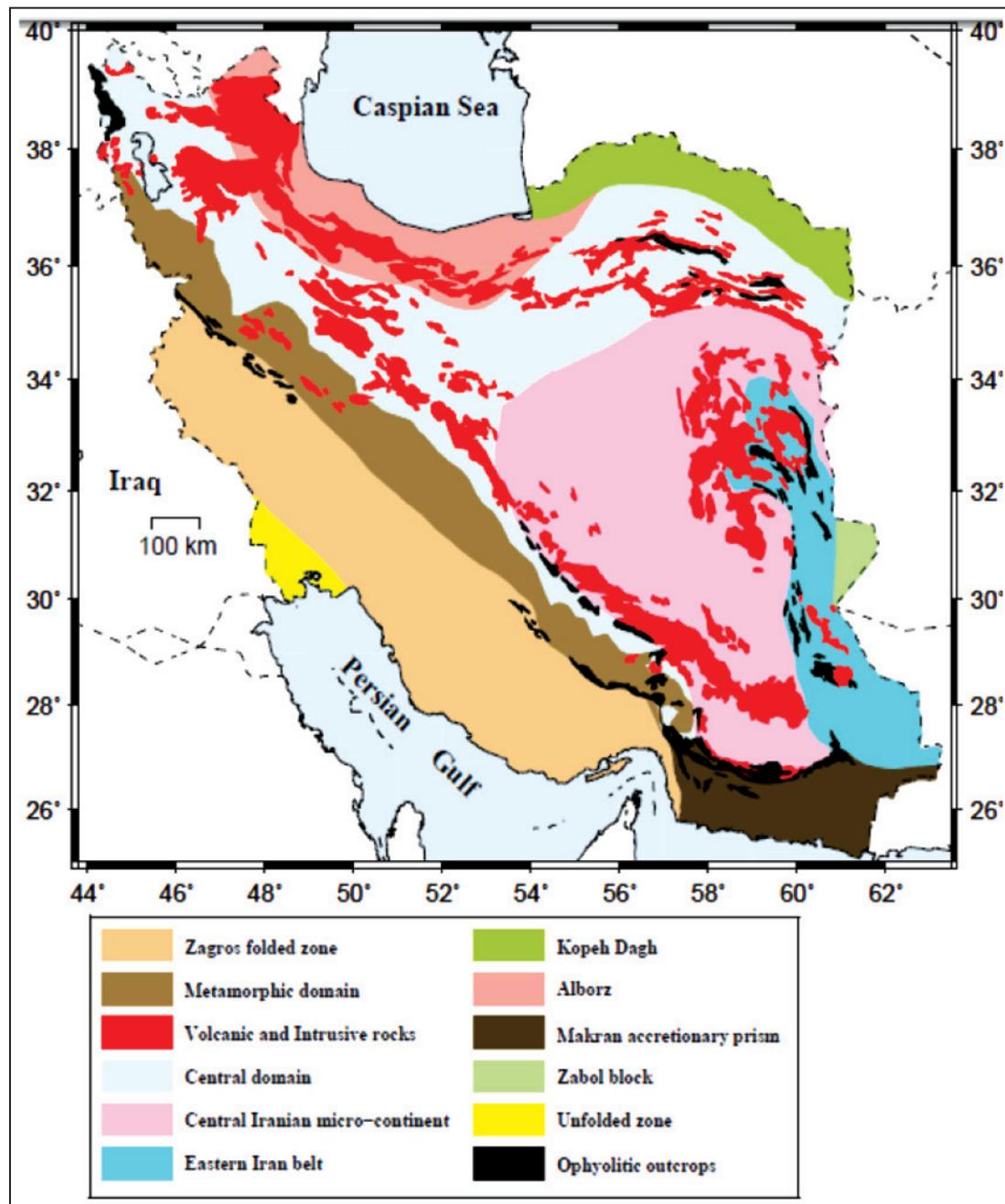
شکل ۱- نقشه گسل های فعال ایران (Berberian, 1981).



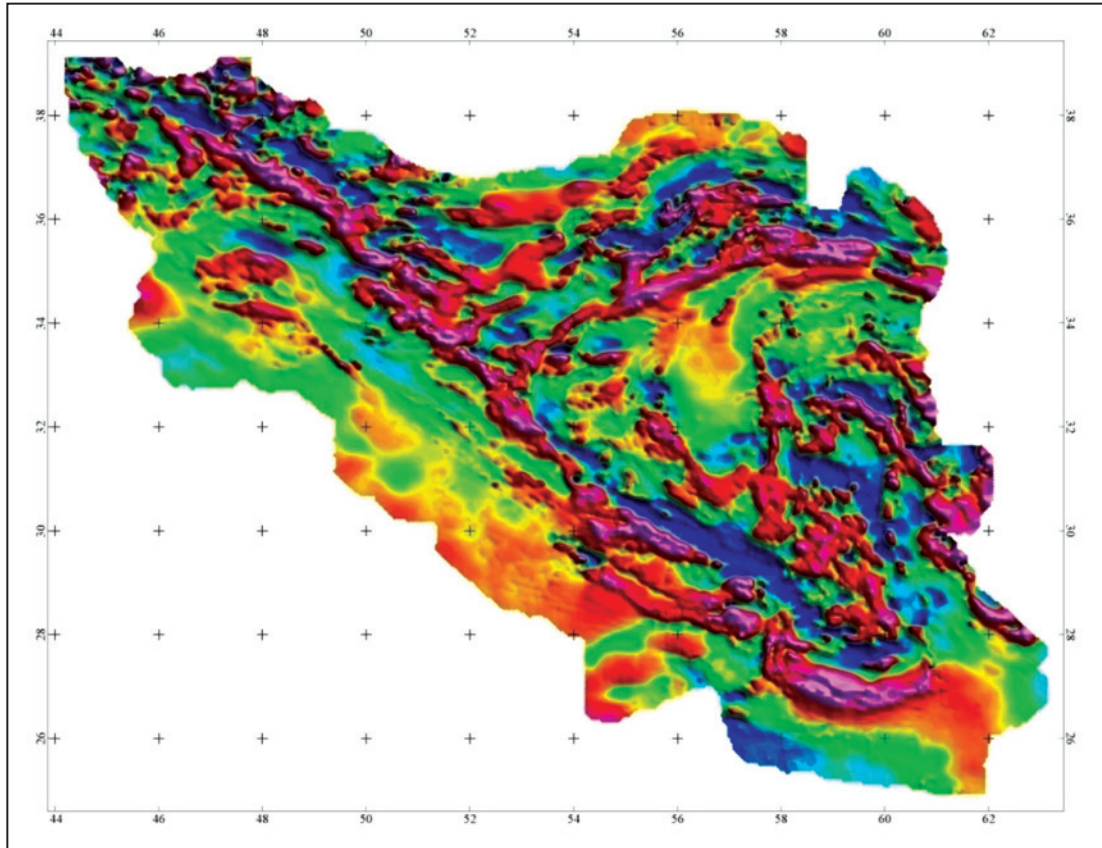
شکل ۴- نقشه گسل های ایران (پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور).



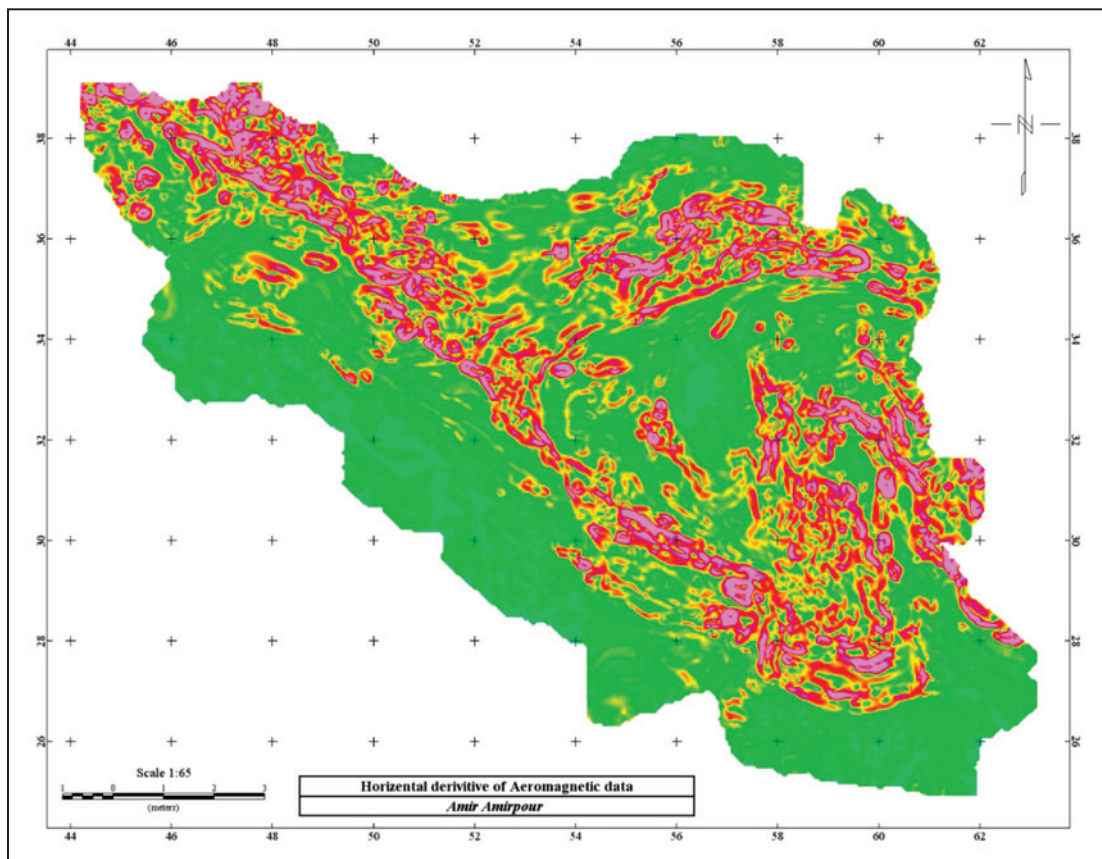
شکل ۳- نقشه گسل های فعال ایران (حسامی و همکاران، ۱۳۸۲).



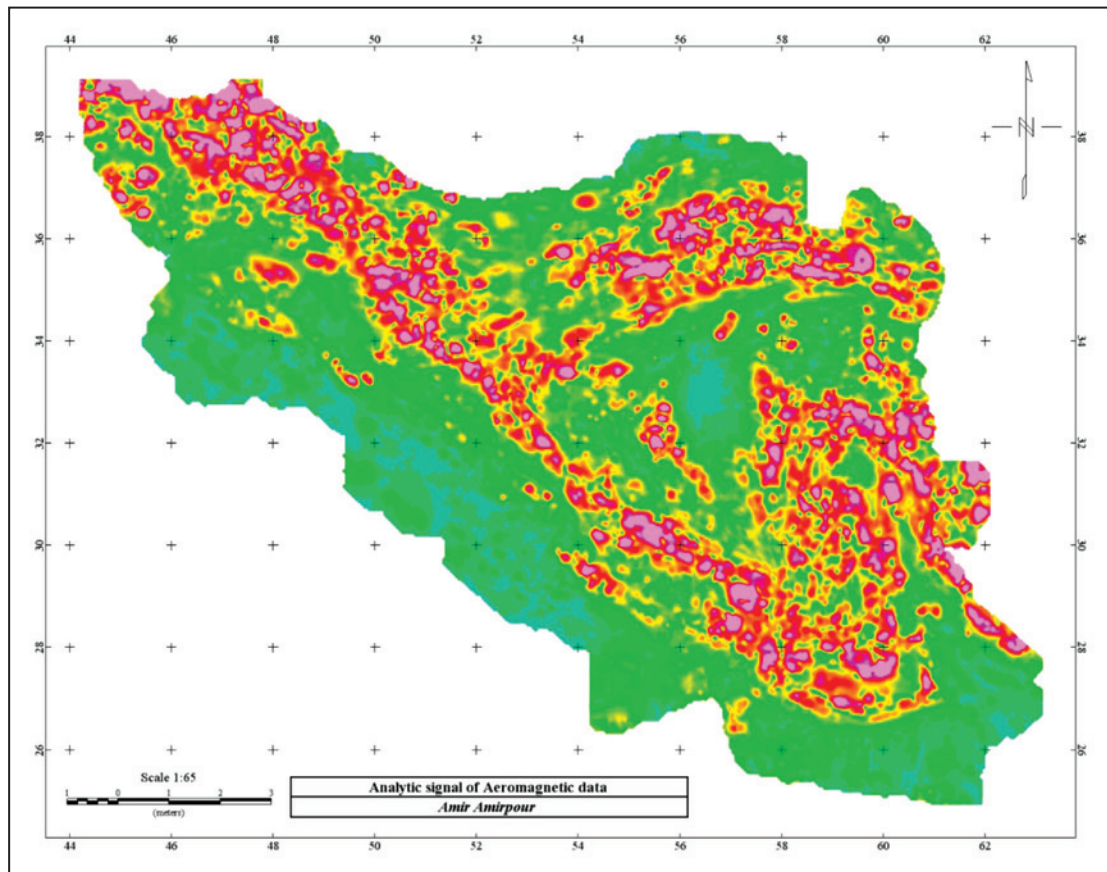
شکل ۵- ساختارهای اصلی زمین‌شناسی ایران (آفانباتی، ۱۳۸۰).



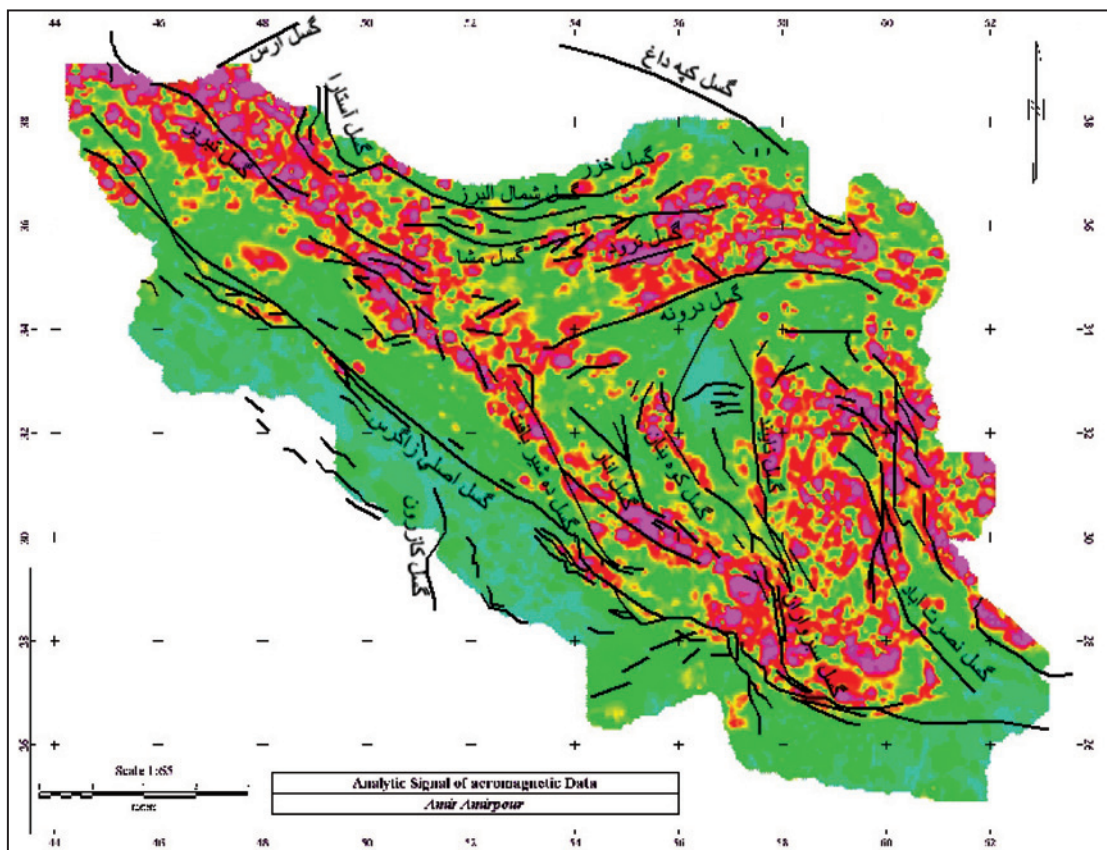
شکل ۶- نقشه داده‌های شبکه‌ای ۷/۵ کیلومتر مغناطیس هوابرد ایران. ارتفاع پرواز ۳۰۰ متر بوده است (صالح، ۱۳۸۷).



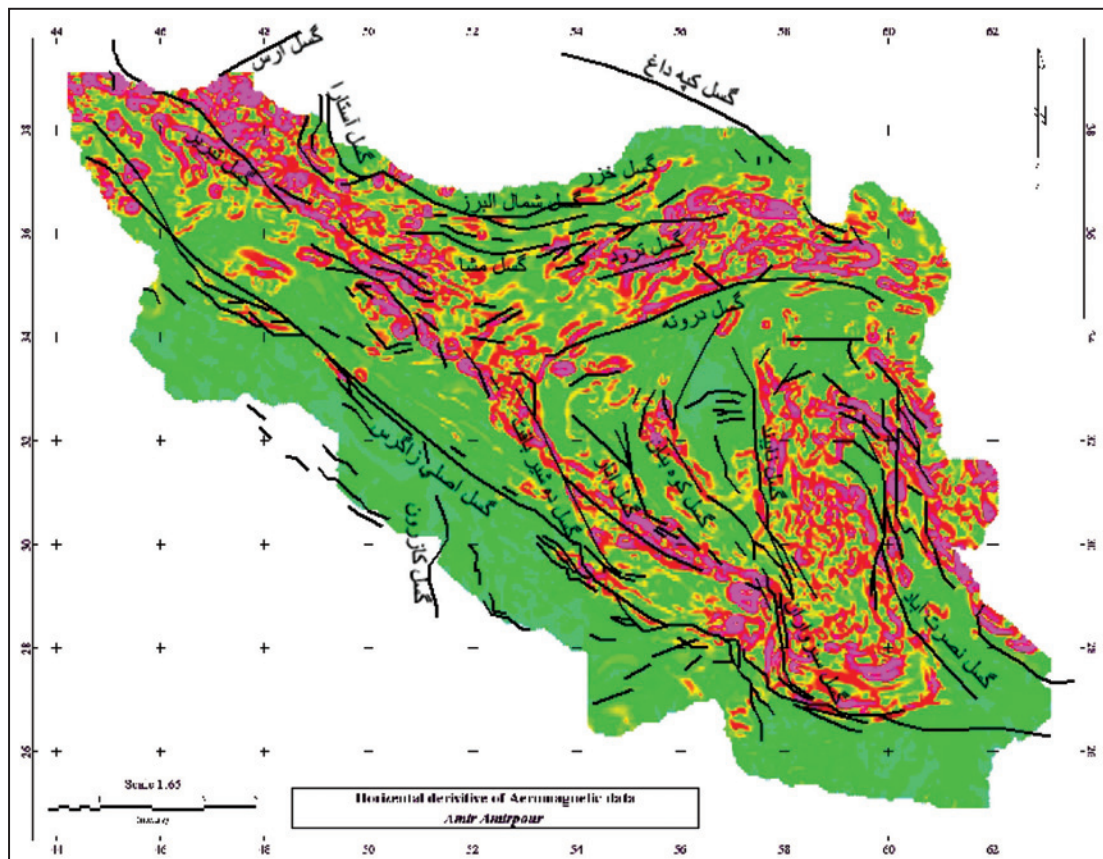
شکل ۷- نقشه مشتق افقی داده‌های کاهیده به قطب مغناطیس هوابرد ایران. برای نمایش نتایج از الگوی رنگی توزیع عادی استفاده شده است.



شکل ۸- نقشه سیگنال تحلیلی داده‌های کاهیده به قطب مغناطیس هوابرد ایران.



شکل ۹- نمایش گسل‌ها روی نقشه سیگنال تحلیلی.



شکل ۱۰- نمایش گسل‌ها روی نقشه مشتق افقی.

کتابنگاری

- آریامنش، م.، منتظری، م. و عکاشه، ب.، ۱۳۸۸- مطالعه گسل‌های پنهان استان قم با استفاده از تفسیر داده‌های ژئوفیزیک هوایی، فصلنامه علوم زمین، سال چهارم، شماره ۲.
- آفانیاتی، س.ع.، ۱۳۸۰- نقشه پهنه‌های رسوبی و ساختارهای عمده زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- حسامی، خ.، جمالی، ف. و طبعی، ه.، ۱۳۸۲- نقشه گسل‌های فعال ایران، گروه لرزه زمین‌ساخت، پژوهشگاه بین‌المللی زمین لرزه‌شناسی و مهندسی زمین لرزه.
- صالح، ر.، ۱۳۸۷- بازپردازش نقشه ناهنجاری مغناطیسی هوابرد ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مرکز تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان.
- یوسفی، ا.، ۱۳۷۳- نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ خطواره‌های مغناطیسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور (www.ngdir.ir)، نقشه گسل‌های ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Berberian, M., 1981- Active faulting and tectonics of Iran. In H.K. Gupta and F.M. Delany (eds.), Zagros-Hindu Kush-Himalaya Geodynamic Evolution, Am. Geophysics. Union, Geodynamics Series, Volume 3, 33-69, Am. Geophysics. Union.
- Blakely, R. J. & Simpson, R.W., 1986- approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies: Geophysics, v.51, no.7, p.1494-1498.
- Cordell, L. & Grauch, V. J. S., 1985- Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan basin, New Mexico, in The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps, edited by W, J. Hinze, Soc. Expl. Geophys., 59, 181-197.
- Grauch, V. J. S. & Johnston, C. S., 2002- Gradient window method: A simple way to isolate regional from local horizontal gradients in potential-field gridded data: 72nd Annual International Meeting, Society of Exploration Geophysicists.

- Mbarga, T. N., Feumoe, A. N. S., Dicoum, E. M. & Fairhead, J. M., 2012- Aeromagnetic data interpretation to locate buried faults in south-east Cameroon: *Geophysica*, (2012), 48(1-2), 49-63.
- Nabighian, M. N., 1972- the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation: *Geophysics*, v.37, no.3, p.507-517.
- Phillips, J. D., 1997- Potential-field geophysical software for the PC, version 2.2: U.S. Geological Survey Open-File Report 97-725, 34p.
- Phillips, J. D., 1998- An interpretation of proprietary aeromagnetic data over the northern Arctic National Wildlife Refuge and adjacent areas, northeastern Alaska, in ANWR Assessment Team, Resource Potential of the 1002 Area, Arctic National Wildlife Refuge, Alaska U.S. Geological Survey Open-File Report 98-34 (CD-ROM), 19p.
- Phillips, J. D., 2002- Processing and Interpretation of Aeromagnetic Data for the Santa Cruz Basin—Patagonia Mountains Area, South-Central Arizona, U.S. Geological Survey Open-File Report 2002-100.
- Roest, W. R. & Pilkington, M., 1993- identifying remnant magnetization effects in magnetic data: *Geophysics*, v.58, no.5, p.653-659.
- Sharma, K. K., 1998- Geological evolution and crustal growth of the Bundelkh and carton and its relict in the surrounding regions, North Indian Shield .In: Ed. Paliwal, B.S. The Indian Precambrian, Scientific Publishers, Jodhpur, India. pp 33-43.

Processing and Interpretation of Aeromagnetic Data for Determination of Magnetic Structures and Buried Faults in Iran

A. Amirpour Asl Miandoab ^{1*} & Q. Sohrabi ²

¹ Ph.D. Student, Department of Mining, Sahand Industrial University, Tabriz, Iran

² Assistant Professor, Department of Geology, Mohaghegh Ardebili University, Ardebil, Iran

Received: 2013 January 30

Accepted: 2015 May 10

Abstract

In this study, horizontal gradient and analytic signal methods have been applied to the reduced aeromagnetic data poled to Iran, to explore subsurface structures in the region. By using these two methods, it is possible to present a map of major geologic-magnetic structures especially large-scale faults displaying magnetic signal in the region. Qualitative and quantitative results of this study were then prepared as maps and compared with previous studies. Finally, the agreements and disagreements observed against the previous studies were explained.

Keywords: Aeromagnetic data, Iran, Fault, Magnetic structure, Horizontal gradient, Analytic signal.

For Persian Version see pages 115 to 122

*Corresponding author: A. Amirpour Asl Miandoab. E-mail: amirpour_geophysics@yahoo.com