پردازش تصویر ناهنجاریهای میدان پتانسیل بهمنظور تعیین مرز و محدودهٔ ناهنجاری با استفاده از تجزیهٔ شبکهٔ منظم مربوطه به طیف فرکانسهای اصلی رنگی

اکو علیپورا*، محمدحسن محمدیان سروندانی و حمید آقاجانی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران ۲. استادیار، دانشکدهٔ معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

(دریافت: ۹۳/۱۲/۳، پذیرش نهایی: ۹۴/۷/۱۴)

چکیدہ

در این مقاله پیشنهاد بر این است که ابتدا تصویری سه طیفی (تصویری که دارای سه طیف فرکانس اصلی قرمز، آبی و سبز است.) از شبکهٔ منظم تهیه شود، چون هر طیف فرکانس رنگی یک محدودهٔ تعریف شده با طول موج و فرکانس خاص خود را دارد. طول موجهای ناهنجاری مورد مطالعه بر اساس طیف رنگی خود به سه بازه از طول موجها تفکیک خواهند شد و سپس روی هر طیف فیلتر مورد نظر جداگانه اعمال خواهد شد. هنگامی که نتایج اعمال فیلتر روی هر سه طیف فرکانسی به یک فرمت تصویری RGB بازگردانده شود، نوفه ها و سایر عوامل ناخواسته که قاعدهٔ خاصی ندارند و تنها در یک طیف خاص تقویت شده اند با نتایج حاصل از طیفهای دیگر تداخل ویرانگر خواهند داشت (یک کد رنگی بی مفهوم برای ذخیره در یک سلول، پیکسلی خاص از تصویر را تولید می کند) و به رنگ سیاه نشان داده خواهند داشت (یک کد رنگی بی مفهوم برای ذخیره در یک سلول، پیکسلی خاص از تصویر را تولید مرز لبهٔ ناهنجاریها تداخل سازنده می کنند و به صورت دقیق لبهها و محدودهٔ ناهنجاری را نشان می دهند که از دقت زیادی مرز لبهٔ ناهنجاریها تداخل سازنده می کنند و به صورت دقیق لبهها و محدودهٔ ناهنجاری را نشان می دهند که از دقت زیادی برخوردار است. در این مقاله ابتدا این روش روی مدل مصنوعی با درصدهای متفاوت از نوفه به کار می و و سپس روی داده هری

واژه هاي كليدي: تعيين لبه، تجزيهٔ طيف فركانس رنگي، كانسار آهن اجت آباد، ميدان پتانسيل، مغناطيس سنجي.

۱. مقدمه

در برداشتهای میدان پتانسیل به ویژه مغناطیس سنجی، تعیین مرز ساختارهای زیر سطحی روش متداولی در تفسیر دادهها به شمار می آید. مشتقهای افقی و قائم ابزارهای مفیدی برای تعیین مرز تغییرات ناگهانی ناهنجاری یا همان لبههای ساختار مورد مطالعه هستند. استفاده از مشتق افقی کل و سیگنال تحلیلی دو روش بسیار مؤثر در استفاده از مشتقات هستند (پلینگتون و کیتینگ، ۲۰۰۴؛ کوپر و کاوان، ۲۰۰۸؛ کوپر، مطالعه، تعداد زیادی از عوامل ناخواسته نوفه را تقویت میکنند و گاه نتایج بسیار پیچیدهای دارند، در سالهای اخیر در سطح وسیع به کار رفتهاند و بهبود یافتهاند؛ به گونهای که در نرمافزارهای تجاری استفاده شدهاند (کوپر و کاوان، ۲۰۰۶). در این مقاله هشت روش متداول تعیین لبه مقایسه شدهاند و با ارائه روشی کارامد بر پایهٔ تجزیهٔ طیف رنگی

تصویر RGB به صورت رضایت بخشی اثر عوامل ناخواسته حذف شده و علاوه بر این دقت این روش بسیار افزایش یافته است.

۲. روشها

۲. ۱. مشتقات افقی کل(THDR)

ماکزیمم مقادیر گرادیان افقی ناهنجاری مغناطیسی یا گرانی ناشی از یک تودهٔ آنومال با لبههای عمودی و با فاصلهٔ زیاد از منابع دیگر، بر روی لبههای آن قرار می گیرد. این ویژگی برای اولین بار توسط کوردل در سال ۱۹۷۹ برای تعیین محل تغییرات ناگهانی چگالی در راستای جانبی مورد استفاده قرار گرفت. سپس این فیلتر روی دادههای مغناطیسی (در تعیین محل تغییرات ناگهانی جانبی مغناطیدگی) نیز به کار برده شد (وردز کو و همکاران، ۲۰۰۴).

۲. ۲. سیگنال تحلیلی

سیگنال تحلیلی سهبعدی یا گرادیان کامل به صورت ترکیب مشتقات افقی و قائم دادههای میدان پتانسیل تعریف میشود. ماکزیمم مقدار سیگنال تحلیلی بر روی لبههای توده قرار می گیرد. یکی از نکات این روش این است که مشتقات افقی و قائم یک تابع پتانسیل، تبدیل هیلبرت یکدیگرند. تبدیل هیلبرت دامنهٔ تابع ورودی را تغییر نمی دهد ولی فاز آن را به اندازهٔ ۹۰ درجه تغییر می دهد. در نتیجه، تبدیل هیلبرت مشتق افقی دادههای میدان پتانسیل، مشتق قائم دادهها را نتیجه می دهد (نبیقیان، میدان پتانسیل، مشتق قائم دادهها را نتیجه می دهد (نبیقیان، در حالت دو بعدی به صورت زیر تعریف می شود (لی، ۲۰۰۶).

 $A(x) = f(x) - i H[f(x)] \tag{1}$

که در آن، (A(x سیگنال تحلیلی و [f(x)] تبدیل هیلبرت تابع (f(x است. در حالت کلی می توان سیگنال تحلیلی را به صورت زیر تعریف کرد.

$$A(x) = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial z}\right)^2} \quad (\Upsilon)$$

۲. ۳. فیلتر مشتق افقی کل زاویهٔ تمایل (تیلت TA) یکی از فیلترهای فاز پایهٔ متداول جهت برجستهسازی ساختارهای موجود در نقشههای میدان پتانسیل، فیلتر زاویهٔ تمایل است. زاویهٔ تمایل برای تعیین لبهٔ ناهنجاریهای دادههای میدان پتانسیل در توسط میلر و سینگ مشابه با فاز محلی تعریف شد، اما در مخرج به جای مشتقات افقی از مقدار قدر مطلق آنها استفاده میشود (میلر و سینگ، ۱۹۹۴).

زاویهٔ تمایل ویژگیهای درخور توجهی دارد و به دلیل ماهیت تابع مثلثاتی تانژانت معکوس، مقدار آن صرفنظر از مقادیر مشتقات افقی و قائم در بازهٔ [$\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}$] قرار میگیرد. با کمی دقت در رابطهٔ بالا مشخص است که زاویهٔ تمایل، نرمالشدهٔ گرادیان قائم دادههای میدان پتانسیل است. اگرچه مشتق قائم و افقی، هر دو برای منابع عمیقتر کوچکئتر است، اما زاویهٔ تمایل با استفاده از نسبت مشتق قائم به گرادیان افقی بر

این مشکل غلبه کرده است. بنابراین فیلتر تیلت نسبت به عمق منبع، غیرحساس است و منابع عمیق و کمعمق را بهطور یکسان تفکیک میکند.

برای افزایش قدرت تفکیک ناهنجاریها، وردوزکو و همکاران در سال ۲۰۰۴ مشتق افقی کل زاویهٔ تمایل را پیشنهاد کردند.

از کاربردهای مهم این فیلتر تعیین مرز تودههاست، با توجه به شدت تغییرات در دادههای برداشتشده، ممکن است، تصویر فیلترشده با نوفهٔ زیادی همراه باشد؛ به عبارت دیگر این فیلتر به نوفه حساس است.

۲. ۲. نقشهٔ تتا ((cos($m{ heta})$)

این فیلتر به صورت نسبت اندازهٔ گرادیان افقی به اندازهٔ سیگنال تحلیلی دادههای میدان پتانسیل تعریف میشود. بر همین اساس ویجنز و همکاران در سال ۲۰۰۵ فیلتر تتا را معرفی کردند.

بنابراین نقشهٔ تتا را می توان نرمال شدهٔ گرادیان افقی نیز در نظر گرفت. این فیلتر به تخمین مرز تودههای مولد آنومالی میدان پتانسیل میانجامد. محدودیت استفاده از این فیلتر در مورد دادههای مغناطیسی است که ابتدا دادهها باید به قطب منتقل شوند تا ماهیت دوقطبی دادهها حذف شود.

۲. گرادیان افقی کل نرمالیزه شده

استفاده از فیلترهای مشتق افقی در مواردی که توزیع ناهنجاریها در سرتاسر نقشه یکسان نیست یا به عبارت دیگر هنگامی که دامنهٔ تغییرات شدت ناهنجاریهای موجود در نقشه زیاد است، باعث حذف ناخواستهٔ ناهنجاریهای با شدت متوسط و کم خواهد شد. در این صورت میتوان از گرادیان افقی کل نرمالیزه شده استفاده کرد. این فیلتر با TDX نمایش داده میشود (کوپرو کاوان، ۲۰۰۴).

فیلتر TDX، شکل نرمال شدهٔ مشتق افقی کل نسبت به مشتق قائم است که در مقایسه با فیلتر زاویهٔ تمایل جای صورت و مخرج کسر عوض شده است. حداکثر اندازهٔ گرادیان افقی مرزهای ناهنجاری را در تمام جهات برجسته میکند.

۲. ۶. فیلتر تانژانت معکوس مشتق قائم بر مشتق کل سیگنال تحلیلی (*Etilt*) در این فیلتر با استفاده از مشتق کامل افقی سیگنال تحلیلی و مشتق قائم که طبق رابطۀ زیر از آنها استفاده می شود، می توان محدودۀ ناهنجاری را به صورت دقیق تعیین کرد. Etilt = tan⁻¹ $\left[k \frac{\partial f(x,y)}{\sqrt{\left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial A}{\partial y}\right)^2}}\right]$ (۳)

در این رابطه، A سیگنال تحلیلی است وضریب k به صورت رابطه (۳–۱) تعیین می شود: $k = \frac{1}{\sqrt{dx^2 + dy^2}}$ (۱–۳)

که درآن، dx و dy فواصل نمونهبرداری در جهات محورهایx, yهستند.

برای استفاده از رابطهٔ (۳) به عنوان ابزاری دقیق که تنها لبه های ناهنجاری را نشان دهد، می توان از آن مشتق افقی گرفت. این روش، روش دقیقی در تعیین لبه هاست، اما به نوفه حساسیت بسیار زیادی دارد (ارایسوی و دایکمن، ۲۰۱۳). $Ethdr = \sqrt{\left(\frac{\partial Etilt}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial Etilt}{\partial y}\right)} = (4)$

۳. بهبود کارایی روش های متداول با استفاده از تفکیک طیف رنگی

در این روش ابتدا تصویری که از سه ماتریس دوبعدی بر اساس مؤلفههای طیفی رنگهای اصلی (RGB) تولید شده باشد، به سه ماتریس دوبعدی سازندهٔ آن تفکیک خواهد شد (سه ماتریس دوبعدی که طیفهای رنگی اصلی تولید یک تصویر (RGB) هستند، در این روش استفاده خواهد شد). در شکل ۱ میتوان تغییرات طیفهای رنگی را براساس طول موج، فرکانس و انرژی مشاهده کرد.

با توجه به این نکته که طول موج، فرکانس و انرژی طیف رنگی بهصورت پیوستهای تغییر میکند، میتوان با تجزیهٔ یک تصویر یا ساخت سه عنصر اصلی تولید یک تصویر، به سه دسته فرکانس با سه طول موج مخصوص در هر طیف رنگی دست یافت. در شکل ۲-ب مشاهده میشود تنها طول موجهای مربوط به طیف قرمز مقادیر حداکثری را تشکیل میدهند و برای مقادیر مربوط به طیف آبی شدت

صفر است که به صورت اتفاقي در شکل به رنگ قرمز و آبي نشان داده شده است. در قسمت ۲-ج، مقادیر مرزی بین دو طیف آبی و قرمز حداکثر شدت را دارند که این مقدار با رنگ قرمز در شکل مشخص می شود و در قسمت ۲-د، حداکثر شدت طیف در زمینهٔ تصویر با رنگ قرمز مشخص می شود. توجه شود که رنگ بندی های شکل های نشان داده شده در هر طیف رنگی صرفاً جنبهٔ بصری دارد و مکان هایی که مقدار ماکزیمم به آن ها نسبت داده شده است، پاسخهای مورد نظرند. با تفکیک طیفهای سه گانه از هم و اعمال هریک از فیلترها، بسته به نوع فیلتر اعمالی، مرز و محدودهٔ تغییر فرکانسها تعیین میشود. در نهایت با ذخیرهسازی نتایج اعمال فیلترها روی سه طیف، در یک سلول یا پیکسل از تصویر خروجی تنها مرزهای مشتر ک بین سه طیف فرکانسی با هم تقویت می شوند و به رنگ سفید مشاهده خواهند شد؛ در سایر نقاط تصویر، کدهای بیمعنی رنگی به وجود می آیند که به رنگ سیاه نشان داده خواهند شد. اعمال این روش در آشکارسازی مرز و محدودهٔ آنومالي دو مزيت دارد؛ اول اينكه عوامل ناخواسته مانند نوفه که پیوستگی طیفی ندارند، خود به خود حذف میشوند و دوم اینکه در مرزهایی که طیفهای رنگی رفتار پیوسته دارند (مانند ناهنجاریهای مورد مطالعه) در فصل مشتر ک هر سه طیف که بسته به فیلتر استفاده شده می تواند مرز یا محدودهٔ آنومالی باشد، این طیفها یکدیگر را تقویت مي کنند و بهطور بارز مرز و محدودهٔ آنومالي با رنگ روشن نشان داده می شو د.

در شکل ۳ بهصورت شماتیک مراحل مورد نیاز برای تجزیهٔ طیفی رنگی و اعمال فیلترها روی هر طیف خاص نشان داده شده است. شایان به ذکر است که کدهای مربوط به تمامی فیلترها در محیط متلب برنامهنویسی شده است. برای ذخیرهٔ نتایج هر سه طیف، در یک سلول یا پیکسل از تصویر خروجی بهتر است از دستور (Double) استفاده شود. توجه شود که خروجی بهصورت سه ماتریس دو بعدی خواهد بود که هر ماتریس یک مؤلفهٔ رنگی از تصویر RGB را تشکیل میدهد. نویزها و عوامل ناخواسته تنها در یک طیف خاص تقویت میشوند، نتایج این طیف با نتایج حاصل



شکل ۲.(الف) تصویر سهبعدی از ناهنجاری مغناطیسی که انتقال به قطب یافته است. (ب) طیف رنگی قرمز، (ج) طیف رنگی سبز و (د) طیف رنگی آبی می،باشد



شکل ۳. فلوچارت مرحله به مرحلهٔ اعمال فیلترهای مختلف با بهرهگیری از روش تجزیهٔ طیف رنگی

 ۲. اعمال روش پیشنهادی روی مدل مصنوعی با درصد نوفه های متفاوت

مدل مصنوعي تهيهشده، مدلي متشكل از چهار مكعب با ابعاد یکسان است که در عمق های مختلف قرار گرفتهاند. ضخامت مکعب ها ۲۰ متر است و عمق قرار گیری سطح بالايي و پاييني مكعب هادر شكل ۴ نشان داده شده است. مدل مصنوعی به گونهای در نظر گرفته شده است که عمق قرار گیری مکعبها بهصورت پلهای افزایش یابد و در قسمتی از مدل ناهنجاری حاصل، قسمتی از مکعب شمارهٔ ۲ و۳ هم يوشاني كنند. داخل اين مجموعهٔ مكعب یک فضای خالی وجود دارد که می تواند تفکیک مرزها را در روش های تعیین مرز و محدوده دشوار سازد. مکعب ۱ دارای عرض ۱۰ متر و طول ۶۰ متر است. مکعب ۲ دارای عرض ۱۲۰ متر و طول ۲۰ متر است. مکعب ۳ دارای عرض ۴۰متر و طول ۸۰ متر است. مکعب ۴ دارای عرض ۱۲۰ متر و طول ۴۰ متر است. مکعبها به ترتیب در عمقهای ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ متر با ضخامت ۲۰ متر و خودپذیری J=1 (A/m) در شکل ۴ نشان داده شده است. داده ها یمغناطیس سنجی با انتقال به قطب رفتار مشابه دادههای گرانی خواهند داشت. چون هدف تعیین مرز و محدودهٔ جسم آنومال است، بهتر است از دادههای تبدیل

به قطب يافته استفاده شود.

به منظور نشاندادن دقت و پایداری روشها در این بخش کارایی هرکدام از فیلترها بهصورت مجزا و بدون اعمال نوفه در شکلهای ۵ و ۶ و با اعمال نوفهٔ تصادفی نسبتاً بالایی در شکلهای ۷ و ۸ نشان داده شده است. با توجه به نتایج بهدست آمده از اعمال فیلترها به روش مستقیم در مقایسه با روش تجزیهٔ طیف رنگی و به کارگیری این روشها برای تعیین مرز و محدودهٔ دادههای واقعی، نتایج در ادامه به بحث و بررسی گذاشته می شوند.



شکل ۴. مدل مصنوعی مغناطیسی حاوی ۱۰ درصد نوفهٔ تصادفی، متشکل از چهار مکعب که محدوده و عمق قرارگیری از سطح تا کف مکعبها با خودپذیری (J = 1 A/m) روی ناهنجاریها نمایش داده شده است.



THDR شکل ۵. نتایج اعمال مستقیم فیلترهای مختلف روی مدل مصنوعی بدون نوفه. نتیجهٔ اعمال فیلترها، AS یا سیگنال تحلیلی،COSTETA یا نقشهٔ تنا، TD یا مشتق کامل افقی، THDR_TA ،Etilt ،ETHDR یا مشتق افقی زاویهٔ تمایل، TA یا زاویهٔ تمایل، TDX یا گرادیان افقی کل نرمال شده، T or G ناهنجاری حاصل از مدل مصنوعی.



شکل 9.نتایج اعمال فیلترها از روش تجزیهٔ طیف رنگی روی مدل مصنوعی بدون نوفه. نتیجهٔ اعمال فیلترها، AS یا سیگنال تحلیلی، COSTETA یا نقشهٔ تتا، THDR یا مشتق کامل افقی، THDR د ETHDR یا مشتق افقی زاویهٔ تمایل،TA یا زاویهٔ تمایل، TDX یا گرادیان افقی کل نرمال شده، T or G ناهنجاری حاصل از مدل مصنوعی.



AS شکل ۷. نتایج حاصل از اعمال مستقیم فیلترهای مختلف روی مدل مصنوعی با ۲۰ درصد نوفهٔ وارون گاوسی و ۵ درصد نوفهٔ گاوسی. نتیجهٔ اعمال فیلترها، AS یا سیگنال تحلیلی، COSTETA یا نقشهٔ تنا، THDR یا مشتق کامل افقی، THDR_TA Etilt ETHDR یا مشتق افقی زاویهٔ تمایل، TA یا زاویهٔ تمایل، TDX یا گرادیان افقی کل نرمالشده، T or G آنومالی حاصل از مدل مصنوعی.



شکل ۸ نتایج اعمال فیلترهای مختلف از روش تجزیهٔ طیف رنگی روی مدل مصنوعی با ۲۰ درصد نوفهٔ وارون گاوسی و ۵ درصد نوفهٔ گاوسی. نتیجهٔ اعمال فیلترها، AS یا سیگنال تحلیلی، COSTETA یا نقشهٔ تنا، THDR یا مشتق کامل افقی، THDR_TA ،Etilt ،ETHDR یا مشتق افقی زاویهٔ تمایل، TA یا زاویهٔ تمایل، TDX یا گرادیان افقی کل نرمالشده، T or G آنومالی حاصل از مدل مصنوعی.

۵. استفاده از دادههای واقعی مغناطیسسنجی اجت آباد استان سمنان

کانسار آهن اجت آباد در ۶۳ کیلومتری شمال شرق سمنان، جنوب شرق روستای اجت آباد و بین طول جغرافیایی "۴۲ ۴۲ ۳۵ تا "۴۱ ۴۳ ۵۵ و عرض جغرافیایی "۴۲ ۴۸ ۵۳ تا "۴۸٬۴۶ در بخش جنوبی جادهٔ سـمنان – دامغان قرار دارد. بخش موردمطالعه در داخل نقشــــهٔزمین شـــناســـی ۱/۱۰۰۰۰ جام قرار می گیرد و محدودهای به وسعت ۳۶ هکتار را شــامل میشـود. از نظر زمین شــناســی منطقهٔ کانی سازی شده از ماسه سنگها و آهکهای دونین تشکیل شده و در اطراف آن سنگهای سازند کرج شامل توف و آندزیت و سایر سنگهای آتشفشانی و رسوبیهای وابسته به ائو سن رخنمون دارند. بیشتر کانی سازی آهن در این منطقه از جنس هماتیت و در صد کمتری مگنتیت است که احتمالاً در اثر فعالیت های گرمایی ناشبی از نفوذ سـنگیهای آندزیت – داسیت به داخل رسوبات آهکی و کنگلومرائی و همچنین سیلیسهای با سن ائوسن شکل گرفته است (مرادزاده و همکاران، ۱۳۸۵).

در مطالعهٔ حاضر برداشت مغناطیس سنجی جمعاً در طول ۲۳ پروفیل شرقی غربی و ۳ پروفیل شمالی جنوبی در ۱۲۰۰ نقطه در یک شبکهٔ منظم ۱۵×۲۰ متری با مگنتومتر پروتون صورت گرفته و پس از آن تصحیحات اولیه رویداده های شدت میدان اجرا شده است. زاویهٔ میل و انحراف میدان مغناطیسی زمین تابعی از موقعیت جغرافیایی نقاط اندازه گیری است؛ به همین دلیل یک ناهنجاری مغناطیسی، علاوه بر شکل و خود پذیری مغناطیسی ساختمان های زیر سطحی، به جهت القاشوندگی مغناطیسی زمین نیز وابسته است. برای حذف این نامتقارنی های ایجادشده، از فیلتر بر گردان به قطب استفاده می شود. با اعمال این فیلتر آنو مالی ها به مرکز توده های مو لد آن ها انتقال مییابند (مرادزاده و همکاران، ۱۳۸۵).

۶. نتيجه گيري

با توجه به نتایج روش های ذکرشده در این مقاله، در این مرحله به بحث و بررسی نتایج فیلترهای اعمالی با روش

مستقیم و با استفاده از روش تجزیهٔ طیف رنگی می پردازیم. با توجه به شکل ۵ که نتایج اعمال فیلترها از روش معمول و مرسوم است و شکل ۶ که روش تجزیهٔ طیف رنگی است، کارایی این روش ها در حالت بدون نوفه نشان داده شده است. فیلتر سیگنال تحلیلی یا AS در شکل ۵، تنها مرزهای ناهنجاری مورد مطالعه را در عمق های سطحی (۱۰ متری، به ناهنجاری مورد مطالعه را در عمق های سطحی (۱۰ متری، به میکل ۴ مراجعه شود) واضح نشان داده است. با افزایش عمق، در عمق ۵۰ متری این فیلتر کارایی خود را کاملاً از دست داده است. با توجه به شکل ۶ فیلتر سیگنال تحلیلی یا AS تا عمق ۵۰ متری، مرز ناهنجاری مدل مصنوعی را به خوبی نشان داده است.

با توجه به شکل ۵ با فیلتر COSTETA که حساس به عمق نیست، پهنای مرز ناهنجاری مدل مصنوعی موردمطالعه بسیار عریض تر از مقدار واقعی آن تعیین شده است؛ در حالی که در روش تجزیهٔ طیف رنگی حاشیهٔ اطمینان برای تشخیص مرز لبههای ناهنجاری افزایش یافته است (شکل ۶). THDR_TA ، THDR ، ETHDR مالی ۵ و ۶ مقایسه نیز صدق خواهد کرد (این فیلترها در شکل های ۵ و ۶ مقایسه شود).

برای سایر فیلترها که محدودهٔ جسم ناهنجار را نشان میدهند، با استفاده از روش مستقیم اعمال فیلترها، با افزایش عمق محدودهٔ جسم ناهنجار بزرگ تر از اندازهٔ واقعی نتیجه میشود؛ در حالی که با افزایش عمق در روش تجزیهٔ طیف رنگی محدودهٔ این ناهنجاریها از حالت مستطیلی به حالت دایرهای گرایش یافته است. از بررسی شکلهای ۵ و ۶ میتوان نتیجه گرفت که روش تجزیهٔ طیف رنگی با افزایش عمق جسم ناهنجار، موفق تر از اعمال مستقیم فیلترها روی دادهها عمل کرده و حاشیهٔ اطمینان بیشتری را برای تعیین محدوده و مرز جسم ناهنجار ایجاد میکند.

با مقایسهٔ شکلهای ۷ و ۸ که نتایج اعمال فیلترهای مختلف از روش تجزیهٔ طیف رنگی روی مدل مصنوعی با ۱۰ درصد نوفهٔ تصادفی است، مشاهده می شود که در شکل ۸ پایداری روش تجزیهٔ طیف رنگی با اعمال نوفه، در تعیین مرز و محدودهٔ آنومالی به مراتب بهتر از اعمال مستقیم فیلترها در شکل ۷ است. ذکر این نکته ضروری است که پایداری

بیشتر در مقابل اعمال نوفه در شکل ۸ ناشی حساسیت این روش به طیفهای پیوسته و همدوس است. همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می شود، با اعمال ۱۰ درصد نوفهٔ تصادفي به مدل مصنوعي كه نوفهٔ زيادي به شمار مي آيد، در بیشتر روشها مرز و محدودهٔ ناهنجاری در مقایسه با شکل ۷ بهطور بارزتری مشخص شده است. یکی از دلایل می تواند دقت کمتر نتایج اعمال مستقیم فیلترها در تعیین مرز و محدودهٔ ناهنجاریها در مدلهای پیچیده باشد. با مقایسهٔ کیفی شکل های ۷ و ۸، دیده می شود که روش های AS ،TA ،THDR-TA ،THDR در شکل ۷ نتایج کاملاً ناواضحی به همراه دارند، در حالی که در شکل ۸ این نتايج رضايتبخش ترند. هرچند در هر دو شكل تأثير نوفه در نتایج تعیین مرز و محدوده قابل مشاهده است، اما نتایج اعمال سایر فیلترها نیز در شکل ۸ دقت بیشتری از نتایج بهدست آمده در شکل ۷ دارد. برای مثال فیلتر COSTETA در شکل ۷ مرز پهن تری را از شکل ۸ نشان میدهد. یکی از فواید استفاده از روشهای تعیین لبه و محدوده، تعيين دقيق مرز و محدودهٔ جسم آنومال است؛ پس روشی مطلوبتر خواهد بود که مرز یا محدودهٔ دقیق تر با گمانهٔ کمتری را تعیین کند.

مدل های مصنوعی حتی حاوی درصد زیاد نوفهٔ تصادفی نیز پیچیدگی های ناهنجاری های صحرایی را ندارند. معمولاً داده های صحرایی تنها تحت تأثیر یک نوع نوفه قرار نمی گیرند؛ علاوه بر آن داده ها از لحاظ تغییرات دامنهٔ ناهنجاری، بازهٔ بسیار گسترده ای را پوشش می دهند. در شکل ۹-ب، ناهنجاری های کانسار آهن منطقهٔ اجت آباد فلش سیاه نشان داده شده است. در این شکل تو ده های آهن با فلش سیاه نشان داده شده است. در این شکل تو ده های آهن با مستقیم فیلتر و فیلتر TLTI که نتیجهٔ اعمال طیف رنگی است، پیچیدگی های زیادی که در اعمال مستقیم فیلتر وجود دارد و تفسیر را دشوار می سازد، در روش مراتب آسان تر از روش معمول و مرسوم است. نکتهٔ شایان توجه دربارهٔ روش این است که تنها محدودهٔ

قوی ترین طیف پیوسته را نتیجه خواهد داد؛ بنابراین پیچیدگیهای مربوط به سایر عوامل که تفسیر را دشوار می سازند، فیلتر می شود. بیان این نکته ضروری است که تمامی این روش ها تنها ابزارهایی برای تفسیر آسان تر مرز و محدودهٔ ناهنجاریهای مورد مطالعه هستند و در نهایت تفسیر به عهدهٔ مفسر خواهد بود؛ تنها روش هایی که مرز و محدوده را مشخص تر نشان می دهند و نتایج آنها پیچیدگی های کمتری دارد، روش های موفقی در این زمینه خواهند بود.

تمامی نتایج این تحقیق توسط نویسندهٔ اول مقاله در محیط برنامهٔ متلب کدنویسی شده است. در این کد از هیچ ابزار آمادهٔ برنامهٔ متلب استفاده نشده است تا بتوان بهعنوان برنامهای کاملاً اتوماتیک از آن استفاده کرد. ورودی این برنامه دادههای گرانیسنجی یا مغناطیس سنجی است و خروجی این برنامه نتایج گرافیکی اعمال روش مستقیم فیلترها و تجزیهٔ طیف رنگی به طور مجزاست.

مزاياي استفاده از روش،هايي از اين دست مشخص کردن قسمت هایی از ناهنجاری است که تغییرات ناگهانی فرکانس دارد. این تغییرات در روشهای معمول ژئوفیزیکی با اعمال مستقیم فیلترها روی دادهها انجام مي گيرد و مکان هايي را مشخص مي کند که احتمال دارد از دید مفسر مخفی بماند؛ پس به عنوان یک ابزار کمکی می تواند دیدی کلی از منطقهٔ مورد مطالعه با سرعت زیاد فراهم آورد. با علم به اینکه رفتار این فیلترها در عمقهای متفاوت مى تواند چگونه باشد، شيب منطقه نيز قابل تشخيص خواهد بود. مشكل اصلى استفاده از اين روش ها، عامل نوفه و ایجاد پیچیدگی های بسیار زیاد در نتیجه است. یکی از نمونههای آن قسمت TA در شکل ۱۰ است که به جای کمک به تفسیر آسانتر تفسیر را دشوارتر کرده است. در این مقاله با استفاده از روش تجزیهٔ طیف رنگی، سعی در افزایش دقت و پایداری روش های تعیین لبه و محدوده شده است، اما استفاده از این روش باید با احتیاطهایی همراه باشد. اول اینکه تصویری که از آنومالی مغناطیسی یا گرانیسنجی تهیه مي شود، بهتر است از محيط برنامهٔ متلب تنها با تركيب سه

رنگ آبی و قرمز و سبز ساخته شود و هرگز تنها به این دست روشها در تعیین لبه و محدودهٔ آنومالی اکتفا

نشود؛ بهتر است این روشها بهعنوان ابزاری مکمل برای روشهای مستقیم به کار برده شود.



شکل ۹. (الف) نقشهٔ دسترسی به منطقهٔ مورد مطالعه؛ محل مشخص شده با فلش نشاندهندهٔ منطقهٔ اجتآباد سمنان است و (ب) أنومالی مغناطیس سنجی منطقهٔ اجتآباد سمنان؛ فلش های سیاهرنگ محل ۷ تودهٔ کانسار آهن هستند.



شکل ۱۰. نتایج اعمال فیلترهای مختلف روی دادههای مغناطیسسنجی اجتآباد سمنان. شکلهایی که پسوند ASC دارند، نتیجهٔ روش تجزیهٔ طیف رنگی و شکلهای بدون پسوند، نتیجهٔ اعمال مستقیم فیلترها هستند.

آباد سمنان، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین،

- Arisoy, Ö. M. and Dikmen, Ü., 2013, Edge detection of magnetic sources using enhanced totalhorizontal derivative of the Tilt Angle, Yerbilimleri. J., 34, 73-82.
- Cooper, G.R.J., 2009, Balancing images of potential-field data, Geophys. J. Int., 74, 17-20.
- Cooper, G.R.J. and Cowan, D.R., 2006, Enhancing potential field data using filtersbased on the local phase, ComputersandGeosciences, J., 32, 158-159.
- Cooper, G.R.J. and Cowan, D.R., 2008, Edgeenhancement of potential-field datausing normalized statistics, Geophys. J. Int., 73, 1-4.
- Cordell, L., 1979, Gravimetric expression of graben faulting in Santa Fe country and the Espanola Basin, New Mexico Soc. Expl. Geophys., 59-64.
- Li, X., 2006, Understanding 3D analytic signal

تفسیر کیفی دادههای مغناطیسی کانسار آهن اجت

amplitude, Geophys. J. Int., 71, 13-16.

- Miller, H. and Singh V., 1994, Potential field tilt-A new concept for location of potential field sources, Geophys. J. Int., 32, 213-217.
- Nabighian, M. N., 1972, The analytic signal oftwo-dimensional magnetic bodies withpolygonal cross-section: Its properties and usefor automated anomaly interpretation, Geophys. J. Int., 37, 507-517.
- Pilkington, M. and Keating, P., 2004, Contactmapping from gridded magnetic dataa comparison of techniques, Exploration Geophysics, J., 35, 206-311.
- Verduzco, B., Fairhead, J. D., Green, C.M. andMacKenzie, C., 2004, New insights intomagnetic derivatives for structural mapping, The Leading Edge, J., 23, 116-119.
- Wijns, C., Perez, C. and Kowalczyk, P., 2005, edge detection in magneticdata, Geophys. J. Int., 70, 39-43.

مراجع