بررسی عوامل موثر بر شکل آنومالی های مغناطیسی

کمال علمدار[۱] و عبدالحمید انصاری[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، یزد، ایران
[۲] عضو هیات علمی دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده

آنومالی های مغناطیسی به دلیل ماهیت برداری خود از آنومالی های گرانی که فقط دارای اندازه می باشندپیچیده تر هستند.لذا عوامل مؤثر برشکل آنومالی های مغناطیسی از آنومالی های گرانی بیشتر است که باعث دشواری تعبیر و تفسیر آنها خواهد شد.
برای بررسی نقش عوامل مختلف برشکل آنومالی های مغناطیسی از مدل سازی دو بعدی استفاده و این کار توسط نرم افزار Mag2dc انجام شده است. از عوامل مؤثر بر آنومالی های مغناطیسی می توان زاویه میل و انحراف بردار میدان مغناطیسی، مغناطیس باقیمانده توده،امتداد خط برداشت،شکل توده، عمق توده و ساسبلیته را نام بردکه در بین عوامل ذکر شده سه عامل ابتدایی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

Abstract

Magnetic anomalies are more complex than gravity anomalies due to their vectorical nature.thus parameters controlling the shape of magnetic anomalies are more than in respect to gravity anomalies.2D modelling using Mag2dc software was used in order to investigate the role of different parameters on shape of magnetic anomalies.parameters controlling the shape of magnetic anomalies are:Declination,Inclination.remanent magnetization,direction of traverse,body shape,body depth and Susceptibility.in which the first three parameters are more important than others.

مقدمه

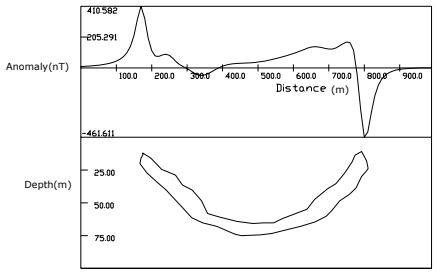
شدت مغناطیس شدن سنگها (j) یک کمیت برداری است. بدین معنی که وقتی یک توده پارامغناطیس در معرض میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرد، در توده پارامغناطیس میدان مغناطیسی القا می شود که این مغناطیس القایی فقط دارای اندازه نیست، بلکه موازی با میدان مغناطیسی خارجی بوجود آمده و دارای جهت نیز می باشد. بعلاوه اینکه پارامترهای دیگر میدان مغناطیس نظیر D,I که تأثیر مهمی بر شکل آنومالی های مغناطیسی دارد، نیز برداری است و لذا باعث پیچیده بودن اشکال آنومالی مغناطیسی و در نتیجه دشواری تفسیرآنها می‌شود.در این بررسی عوامل مؤثر بر شکل آنومالی های مغناطیسی مطالعه می شود.آگاهی از این عوامل سبب می شود تا مفسر نمودارها و نقشه های مغناطیس سنجی،با بینش وسیعتری پدیده های ژئوفیزیکی را به عوامل زمین شناسی نسبت دهد.در این راستا ابتدا عوامل مؤثر بر شکل آنومالی های مغناطیسی معرفی و اثر هر یک بررسی می شود. برای مطالعه نقش عوامل مؤثر بر شکل آنومالی های مغناطیسی از مدل سازی دو بعدی استفاده شده و این کار توسط نرم افزار Mag2dc انجام شده است.در این نرم افزار با رسم مدل دلخواه(در این مورد مدل دایک شکل) و وارد کردن پارامترها و اطلاعات لازم آنومالی مغناطیسی مربوطه مشاهده وبا تغییر هر کدام از پارامترها اثر آنها بر شکل آنومالی ها بررسی می گردد.

عوامل مؤثر بر شکل آنومالی های مغناطیسی

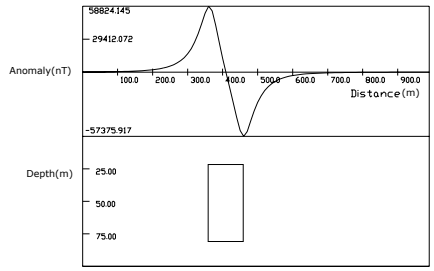
بر خلاف آنومالی های گرانی سنجی،عوامل متعددی در شکل آنومالی های مغناطیسی تأثیر دارد که می توان آنها را به سه دسته عوامل مربوط به برداشت داده ها،موقعیت و ویژگی های توده مغناطیده و عوامل مربوط به پارامترهای میدان مغناطیس زمین تقسیم‌بندی کرد.

Archive of SID

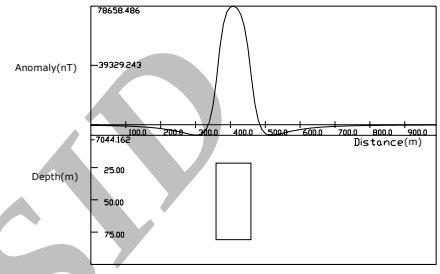
www.SID.ir



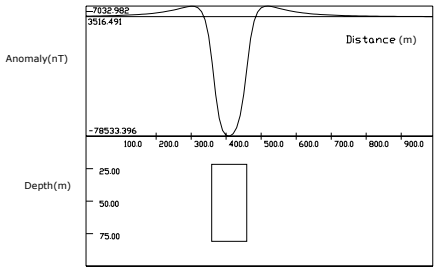
شکل ۱. آنومالی مغناطیسی توده ناودیس مانند



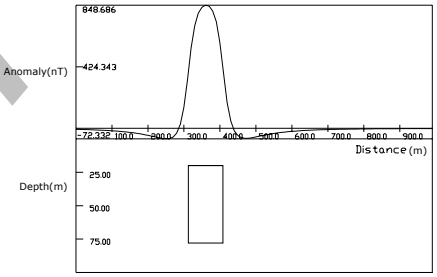
شکل ۲. آنومالی مغناطیسی دایک با $I_r = 0^\circ$



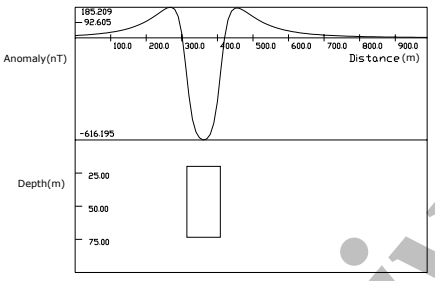
شکل ۳. آنومالی مغناطیسی دایک با $I_r = 90^\circ$



شکل ۴. آنومالی مغناطیسی دایک $I_r = -90^\circ$



شکل ۵. آنومالی مغناطیسی دایک $I = 90^\circ$



شکل ۶. آنومالی مغناطیسی دایک $I = 0^\circ$

عوامل مربوط به برداشت داده ها(عملیات صحرایی)

اگر یک برداشت مغناطیس سنجی هوایی در چند ارتفاع مختلف از سطح زمین صورت گیرد، یافته های حاصله از ارتفاع های پایین‌تر، آنومالی های واضح تر و قابل تفکیک تری را ایجاد می کنند. وقتی ارتفاع پرواز افزایش می یابد، دامنه آنومالی حاصله از هر جسم مغناطیسی مدفون کاهش می یابد و خود آنومالی نیز یک حالت پهن شدگی نشان می دهد. در واقع با افزایش ارتفاع پرواز گویی عمق توده مغنا طیس مدفون افزایش می یابد. به طور مثال اگر یک توده مغناطیسی در زیر یک سری رسوبات در عمق Z مدفون شده باشد در این حالت آنومالی میدان کل حاصله، از یک پروفیل هوایی (ارتفاع h) از روی این جسم همانند آنومالی میدان کل حاصله از یک پروفیل زمینی از روی همان جسم ولی مدفون شده در عمق $z + h$ است.

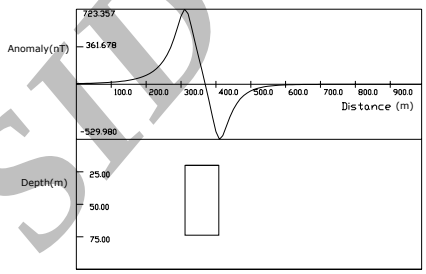
در اکثر موارد سعی می شود امتداد پروفیل برداشت (خطوط برداشت) بر امتداد ساختمان های زمین شناسی منطقه تحت بررسی عمود باشد چرا که بیشترین اطلاعات را در اختیار می گذارد. برای توده هایی که در قطب مغناطیده شده اند امتداد پروفیل برداشت تأثیری بر شکل آنومالی حاصله ندارد.در مورد توده هایی که در استوا مغناطیده شده اند هنگامی که امتداد پروفیل بر امتداد توده عمود باشد مینیمم آنومالی دقیقاً بر روی توده و دو دنباله مثبت در طرفین آن قرار خواهد گرفت.هنگامی که امتداد پروفیل برداشت موازی با توده باشد دو دنباله مثبت طرفین آنومالی از بین رفته ولی همچنان مینیمم آنومالی بر روی توده است و در واقع شکل آنومالی به زنگوله ای وارونه تبدیل

Archive of SID

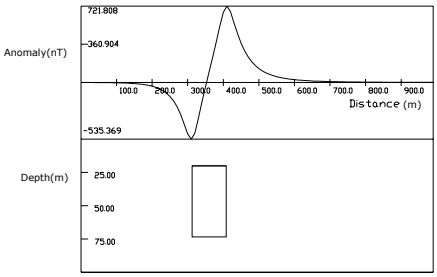
www.SID.ir

می‌شود. برای توده هایی که در دیگر مقادیر I مغناطیده شده اند هنگامی که امتداد پروفیل بر امتداد توده عمود باشد آنومالی از یک دنباله مثبت در طرف چپ توده و یک دنباله منفی در طرف راست توده تشکیل می شود و صفر آنومالی بر روی توده قرار می گیرد. در مواردی که امتداد پروفیل برداشت موازی با امتداد توده باشد ماکزیمم مقدار آنومالی مستقیماًبر روی توده قرار می گیرد و شکل آنومالی متقارن تر خواهد بود.هنگامی که خط برداشت عمود بر امتداد توده و در نیمکره جنوبی مغناطیسی قرار گیرد جای دو دنباله مثبت و منفی طرفین توده عوض می شود.

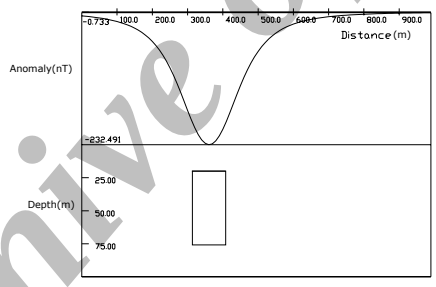
هر چه فاصله ایستگاه های اندازه گیری کمتر و در نتیجه تعداد ایستگاه ها بیشتر باشد شکل آنومالی هموارتر خواهد بود و در نتیجه اطلاعات بهتری از تفسیر این آنومالی حاصل می شودو هر چه فاصله ایستگاه ها بیشتر و تعداد ایستگاه ها کمتر باشد شکل آنومالی دارای گوشه‌های تیز خواهد بود ولی از لحاظ شکل کلی آنومالی، تغییری در آن ایجاد نمی شود.



شکل ۷. آنومالی مغناطیسی دایک $I = +45^{\circ}$



شکل ۸. آنومالی مغناطیسی دایک $I = -45^{\circ}$



شکل ۹. آنومالی مغناطیسی دایک $I = 0^{\circ}, D = 90^{\circ}$

عوامل مربوط به موقعیت و ویژگی های توده مغناطیده

با عوض شدن شکل توده مغناطیسی زیر سطحی در روند کلی شکل آنومالی مغناطیسی منتجه تغییری ایجاد نخواهد شد، بلکه به واسطه شکل خاص توده فقط تغییراتی جزئی در آنومالی ایجاد می شود. شکل ۱ مربوط به آنومالی مغناطیسی توده ای ناودیس مانند با خودپذیری مغناطیسی ۰/۰۱ است که در عمق ۲۰ متر قرار گرفته و دارای مغناطیس القایی $I = 45^{\circ}$ است . همانطور که مشاهده می شود آنومالی از دو قسمت مثبت و منفی تشکیل و فقط به خاطر شکل خاص توده تغییراتی در آن ایجاد شده است .

با افزایش ضریب خودپذیری مغناطیسی توده زیر سطحی (k) شدت آنومالی مغناطیسی نیز افزایش خواهد یافت یعنی با افزایش ساسبلیته دامنه آنومالی افزایش خواهد یافت.

اثر عرض جغرافیایی که از عوامل مؤثر در شکل آنومالی های مغناطیسی است باعث می شود که یک توده با سایر پارامتر های مشخص و ثابت درعرض های جغرافیایی مختلف آنومالی های مغناطیسی مختلفی را ایجاد کند و این یکی از عوامل پیچیدگی تفسیر آنومالی های مغناطیسی به حساب می آید . از آنجائی که توده مغناطیس شده در قطب دارای $I = 90^{\circ}$ و در استوا $I = 0^{\circ}$ و در عرض

Archive of SID

www.SID.ir

جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی دارای $I=+61^{\circ}$ (برطبق سیستم IGRF) است، لذا اثر عرض جغرافیایی مشابه اثر زاویه میل است که در قسمتهای بعدی بررسی خواهد شد.

با افزایش عمق توده دامنه آنومالی مغناطیسی کاهش و نصف عرض آنومالی افزایش می یابد.

برای توده هایی که دارای مغناطیس شدگی القایی هستند بردار مغناطیس شدگی کل (j) تعریف می شود که شکل و دامنه آنومالی‌های مغناطیسی منتجه را کنترل می کند در این صورت پیچیدگی شکل آنومالی مغناطیسی بیشتر خواهد شد. هنگامی که از مغناطیس باقیمانده صحبت می شود در نظر گرفتن ۲ پارامتر الزامی است یکی شدت مغناطیس شدگی با قیمانده بر حسب nT و دیگری زاویه میل بردار مغناطیس باقیمانده (I_r) بر حسب درجه که هر دو تواماً در شکل آنومالی مغناطیسی منتجه از توده تاثیر دارد.

اثر مغناطیس باقیمانده بر شکل آنومالی های مغناطیسی را می توان در حالت های زیر بررسی کرد:

۱) $I_r = 0^{\circ}$ در این حالت آنومالی از دو قسمت مثبت و منفی تشکیل می شود (شکل ۲).

۲) $0^{\circ} < I_r \leq 90^{\circ}$ در این حالت با افزایش مقادیر I_r به سمت $(+90^{\circ})$ دنباله مثبت آنومالی افزایش یافته تا اینکه در $I_r = +90^{\circ}$ ماکزیمم مقدار مثبت آنومالی روی توده قرارمی گیرد(شکل ۳).

۳) $-90^{\circ} \leq I_r < 0$ در این حالت با کاهش مقادیر I_r به سمت (-90°) دنباله منفی آنومالی افزایش یافته تا اینکه در $I_r = -90^{\circ}$ ماکزیمم مقدار منفی آنومالی روی توده قرار می گیرد (شکل ۴).

– سه حالت فوق الذکر برای توده های با مغناطیس القایی در مقادیر دیگر I نیز صادق است . (تذکر: در تمام حالات بررسی شده شدت میدان مغناطیسی گذشته ثابت و برابر 28000nT در نظر گرفته شده است.)

عوامل مربوط به پارامترهای میدان مغناطیس زمین

زاویه میل تاثیر مهمی بر شکل آنومالی های مغناطیسی دارد. در واقع بردار شدت کل میدان مغناطیسی زمین و زاویه میل آن تابعی از عرض جغرافیایی منطقه است . به عنوان مثال در قطب شمال بردار شدت کل میدان مغناطیسی زمین به طور قائم ($I=90^0$) و جهت آن به سمت پایین است ودر استوا بطور افقی (I=0) قرار می گیرد.

هنگامی که مقدار I مساوی ۹۰ درجه باشدآنومالی از یک قسمت و ماکزیمم مقدار آنومالی مستقیماً برروی توده قرار خواهد گرفت (شکل ۵).

هنگامی که مقدار I برابر صفر درجه باشدآنومالی از یک قسمت و مینیمم مقدار آنومالی بر روی توده قرارخواهد گرفت (شکل ۶).

هنگامی $0^0 \leq I \leq +90^0$ آنومالی دارای یک دنباله مثبت در سمت چپ و یک دنباله منفی در راست می باشد و هنگامی $0^0 \leq I \leq -90^0$ جای قسمت مثبت و منفی آنومالی عوض می شود.(شکل۷و۸).

زاویه انحراف (زاویه بین شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی) ازجمله عوامل دیگر است. در ایران تغییرات D در حد ۶– ۵ درجه است لذا تاثیر چشمگیری بر روی شکل آنومالی های مغناطیسی ثبت شده ندارد ولی بطور کلی D باعث تغییر شکل آنومالی های مغناطیسی می شود.برای توده هایی که در قطب مغناطیده شده اند تغییرات D تأثیری بر شکل آنومالی ها ندارد. برای توده ای که در استوا به طور افقی مغناطیده شده است با افزایش D از 0 درجه به سمت 90 درجه ماکزیمم مقدار منفی آنومالی که روی توده قرار دارد کاهش می‌یابد و گوشه‌های تیز و مثبت آنومالی از بین می‌رود بطوریکه در $D=90^0$ شکل آنومالی به شکل منحنی زنگوله‌ای وارونه تبدیل می‌شود (شکل ۹).

شدت میدان مغناطیسی باعث تغییر در شکل کلی آنومالی نمی‌شود بلکه با افزایش شدت میدان مغناطیسی فقط دامنه آنومالی افزایش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

به دلیل برداری بودن ماهیت میدان مغناطیس زمین، آنومالی‌های مغناطیسی ازآنومالی‌های گرانی که در جهت قائم می‌باشد از پیچیدگی بیشتری برخوردار بوده و همچنین عوامل مؤثر بر شکل آنها نیز بیشتر می باشد که این امر دشواری تفسیر آنها را به دنبال خواهد داشت. در بین عوامل ذکر شده در این مقاله سه عامل زاویه میل و انحراف میدان مغناطیسی،مغناطیس باقیمانده توده و امتداد خط برداشت ار اهمیت بیشتری برخوردار است. برای توده هایی که در قطب مغناطیده شده اند ماکزیمم مقدار آنومالی و توده‌هایی که در استوا مغناطیده شده‌اند مینیمم مقدار آنومالی بر روی توده قرار می گیرد. در توده هایی که در دیگر مقادیر I مغناطیده شده اند آنومالی از دو قسمت مثبت و منفی تشکیل می شود که رابطه مشخصی بین موقعیت توده و ماکزیمم و مینیمم آنومالی وجود ندارد.در مورد توده هایی که در قطب مغناطیس شده اند تغییرات امتداد پروفیل و D تاثیری بر شکل آنومالی حاصله ندارد.

منابع

ای. اس. رابینسون، س.کورو ، مبانی اکتشافات ژئو فیزیک،ترجمه دکتر محمد رضا حیدریان شهری، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد ـ ۱۳۸۴.

علمدار ، کمال ، بررسی عوامل موثر بر شکل آنومالی های مغناطیسی با استفاده از مدل سازی دو بعدی، پروژه کارشناسی، دانشگاه یزد، دانشکده مهندسی معدن و متالورژی، ۱۳۸۶

Archive of SID

www.SID.ir