

حاشیہ





دانشگاه هرمزگان

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته ژئوفیزیک گرایش ژئومغناطیس

عنوان:

تحلیل داده های مغناطیس سنجی کانسار سنگ آهن جنگا در شهرستان ساردوئیه

جهت تعیین شکل هندسی کانسار

استاد راهنما:

دکتر محمد حامدپور دارابی

استاد مشاور:

دکتر لقمان نمکی

دانشجو:

ابوالقاسم توکلی

دی ۱۳۹۳

تقدیم به

این پایانامه را به خانواده عزیزم که در تمامی سالهای تحصیل لطف و محبت اشان شامل حالم شد و با وجود تمام سختی های اقتصادی باز هم در ادامه تحصیل از اینجانب حمایت کردند تقدیم می نمایم.

تقدیر و تشکر

ابتدا از شرکت پارس معدن تیراژ که داده های این منطقه را در اختیار من قرار دادند کمال تشکر و قدردانی را دارم و از لطف و احترام آنان در خصوص همکاری های لازم بی نهایت سپاسگذارم. البته مشاوره ها و راهنمایی های اساتید محترم و گرامی من، دکتر محمد حامدپور دارابی و دکتر لقمان نمکی ، در انجام این پایان نامه مهم و حیاتی بود و در اینجا لازم می دانم از زحمات و کمک های بی- دریغ این دو بزرگوار تقدیر و تشکر کنم و از خداوند منان برای این عزیزان آرزوی توفیق الهی و روزافزون دارم. همچنین از دوستان و خانواده ام که در روحیه دادن و ایجاد انگیزش برای انجام این پایان نامه کمک های بسیاری به من کردند تقدیر و قدردانی نمایم.

چکیده

هدف از این مطالعه تحلیل داده های مغناطیس سنجی کانسار سنگ آهن جنگا در شهرستان ساردوئیه است. کانسار جنگا به دلیل بکر بودن و قرار گرفتن در شرایط زمین شناسی خاص هنوز مورد پی جویی و اکتشاف دقیق قرار نگرفته است. در این راستا، اکتشاف مغناطیسی به عنوان یک ابزار قوی می تواند نتایج ارزشمندی از کانسار را در اختیار قرار دهد.

منطقه مورد مطالعه در استان کرمان و در ۶۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان جیرفت واقع شده است. برداشت مغناطیسی در منطقه با کمک دستگاه مغناطیس سنج پروتون انجام شده است. تحلیل داده ها شامل دو بخش کیفی و کمی است، در بخش کیفی شکستگی های کانسار، روند آن، قطب های مثبت و منفی و تأثیر توپوگرافی بر روی این قطب بررسی شده است. روند کانسار در جهت جنوب شرقی-شمال غربی است، در این بخش همچنین بعد از تصحیحات میدان منطقه ای و توپوگرافی، تعداد ده آنومالی مغناطیسی مشاهده می شود. که این ده آنومالی به چهار ناحیه تقسیم می شوند، چهار آنومالی در ناحیه A، دو آنومالی در ناحیه B، یک آنومالی در ناحیه C و سه آنومالی در ناحیه D وجود دارد. در شمال ناحیه A و B دو قطب منفی خیلی بزرگ مشاهده می شود که این شدت منفی بودن به دلیل اثر توپوگرافی است چرا که این دو قطب درون دو آبراهه قرار دارند. شکستگی هایی در روند کانسار ایجاد شده است که در بین ناحیه A و B این شکستگی می تواند یک گسل عمیق باشد. به جز آنومالی A_۱ آنومالی ها اکثراً عمیق هستند. در مرحله بعد داده ها از لحاظ کمی تحلیل شده است، به منظور به دست آوردن پارامترهای دقیقی از کانسار مانند خودپذیری^۱ مغناطیسی، ضخامت و عمق از نرم افزارهای مدل ویژن^۲ و کوئیک مگ^۳ استفاده شده است. هفت آنومالی موجود در ناحیه های A، B و C دارای خودپذیری مغناطیسی بالایی هستند و ضخامتی حدود ۱۰ متر تا ۲۲ متر دارند، و سه آنومالی عمیق موجود در ناحیه D از جنس آندزیت هستند و نسبت به بقیه آنومالی ها ضخیم تر هستند، با روندی شرقی-غربی گرفته اند و دارای خودپذیری مغناطیسی خیلی کمتری نسبت به بقیه آنومالی ها هستند. بطور کلی با توجه به خودپذیری مغناطیسی این کانسار می توان گفت مقدار مگنتیت موجود در توده ها بالا بوده است. پارامترهای به دست آمده کمک بسیاری به تصمیم گیری صحیح در مورد نقاط حفاری نموده است.

¹ Susceptibility

² Modelvision

³ Quickmag

فهرست مطالب

فصل ۱: مبانی مغناطیس سنجی.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ مراحل اکتشاف مغناطیسی.....	۲
۳-۱ میدان مغناطیسی زمین.....	۳
۱-۳-۱ منشأ میدان مغناطیسی زمین.....	۳
۲-۳-۱ خطوط میدان مغناطیسی زمین.....	۳
۳-۳-۱ تغییرات میدان مغناطیس زمین.....	۵
۴-۳-۱ مؤلفه‌های میدان مغناطیسی زمین.....	۶
۴-۱ خواص مغناطیسی مواد.....	۷
۱-۴-۱ مغناطیدگی.....	۹
۲-۴-۱ خود پذیری مغناطیسی.....	۱۰
۵-۱ اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین.....	۱۱
۱-۵-۱ اصول کار مغناطیس سنج پروتون.....	۱۲
۶-۱ ناهنجاری میدان کل.....	۱۳
فصل ۲: مبانی مدل سازی مغناطیسی.....	۱۶
۱-۲ پتانسیل مغناطیسی برداری و نرده ای.....	۱۷
۲-۲ پتانسیل مغناطیسی دو قطبی.....	۱۹
۳-۲ میدان مغناطیسی دو قطبی.....	۲۰
۴-۲ میدان القایی.....	۲۰
۵-۲ پخش مغناطیدگی.....	۲۱
۶-۲ پخش جریان های الکتریکی.....	۲۱

۲۳	۷-۲ بخش بارهای مغناطیسی.....
۲۳	۸-۲ رابطه پواسون.....
۲۵	۹-۲ پتانسیل کره.....
۲۶	۱۰-۲ پتانسیل لایه بی نهایت.....
۲۷	۱۱-۲ پتانسیل و میدان یک استوانه افقی.....
۲۸	۱۲-۲ انتخاب مدل ها.....
۲۹	۱-۱۲-۲ حجم مغناطیدگی.....
۳۰	۲-۱۲-۲ مدل جریان سطحی.....
۳۰	۳-۱۲-۲ مدل بارهای سطحی.....
۳۱	۴-۱۲-۲ رابطه پواسون.....
۳۱	۱۳-۲ روش پیشرو.....
۳۱	۱-۱۳-۲ دوقطبی.....
۳۲	۲-۱۳-۲ منشور چهار وجهی.....
۳۳	۳-۱۳-۲ ساختار دو بعدی با سطح مقطع چند بعدی.....
۳۵	۱۴-۲ مبانی وارون سازی.....
۳۷	۱-۱۴-۲ بد شرطی مسأله.....
۳۷	۲-۱۴-۲ روش SVD.....
۳۸	فصل ۳: پردازش و تفسیر داده های مغناطیس سنجی.....
۳۹	۱-۳ پردازش داده های مغناطیسی.....
۳۹	۱-۱-۳ تصحیحات روزانه.....
۳۹	۲-۱-۳ تصحیح توپوگرافی.....
۳۹	۳-۱-۳ تصحیح عرض جغرافیایی.....
۴۰	۴-۱-۳ تصحیح ارتفاع.....

۴۰	۲-۳ تفسیر کیفی داده‌های مغناطیسی
۴۰	۱-۲-۳ تهیه نقشه تغییرات شدت آنومالی میدان کل
۴۰	۲-۲-۳ روش برگردان به قطب
۴۱	۳-۲-۳ مشتق قائم
۴۱	۴-۲-۳ مشتق افقی
۴۱	۵-۲-۳ روش ادامه فراسو
۴۲	۶-۲-۳ مرز چشمه‌ها و خطواره‌ها
۴۳	۳-۳ تفسیر کمی داده‌های مغناطیسی
۴۴	۱-۳-۳ روش دی کانولوشن اوپلر سه بعدی جهت تعیین عمق و محل منابع مغناطیسی
۴۵	۲-۳-۳ تخمین مرز منشأ بی‌هنجاری
۴۸	فصل ۴: معرفی منطقه و معرفی داده‌ها
۴۹	۱-۴ موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه جنگا
۵۰	۲-۴ زمین‌شناسی منطقه
۵۴	۳-۴ معرفی و برداشت داده‌ها
۵۶	فصل ۵: تفسیر کیفی و کمی
۵۷	۱-۵ پردازش داده‌ها و تهیه نقشه‌ها و تفسیر کیفی
۶۷	۲-۵ تفسیر کمی
۶۸	۱-۲-۵ تعیین عمق به روش اوپلر
۶۹	۲-۲-۵ تعیین ضخامت و لبه‌های چشمه
۷۱	۳-۲-۵ مدل سازی توده‌های مغناطیسی منطقه
۸۲	فصل ۶: بحث و نتیجه‌گیری
۹۰	منابع

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه ص
جدول ۱-۱: خودپذیری مغناطیسی تعدادی از کانی‌های آهن دار.....	۱۱
جدول ۱-۵: نتایج روش اویلر بر روی داده‌های مغناطیسی سنگ آهن جنگا.....	۶۹
جدول ۲-۵: نتایج مدل‌سازی کانسار سنگ آهن جنگا با نرم افزار مدل ویژن.....	۷۷
جدول ۳-۵: نتایج حاصل از مدل‌سازی کانسار سنگ آهن جنگا به وسیله نرم افزار کوئیک مگ.....	۸۱
جدول ۱-۶: مختصات نقاط حفاری پیشنهاد شده.....	۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: برآیند خطوط میدان القا شده از طرف زمین و میدان توده باعث ایجاد یک پاسخ در سطح زمین می‌شود.....	۵
شکل ۱-۲: نمای شماتیکی از مؤلفه‌های میدان مغناطیسی زمین.....	۷
شکل ۱-۳: القای مغناطیسی یک جسم در میدان خارجی H	۹
شکل ۱-۴: مغناطیس سنج چرخش پروتون.....	۱۲
شکل ۱-۵: نمایش برداری ناهنجاری‌های میدان کلی.....	۱۴
شکل ۱-۲: انتگرال مؤلفه‌های نرمال B بر روی هر سطح بسته برابر صفر است.....	۱۷
شکل ۲-۲: مؤلفه‌های نرمال تمام جریان‌های I_t که از سطح S عبور می‌کنند متناسب است با انتگرال $B \cdot dl$ در اطراف سطح بسته S	۱۸
شکل ۲-۳: پتانسیل یک حلقه جریان از نقطه P به فاصله r از مرکز حلقه.....	۱۹
شکل ۲-۴: مغناطیدگی M حجمی از ماده جمع برداری تمام ممان‌های دوقطبی m است تقسیم بر حجم. مغناطیدگی را می‌توان همچنین بر حسب تمام جریان‌های اصلی وابسته به دوقطبی‌ها در نظر گرفت. جریان‌های اصلی به دو مؤلفه تجزیه می‌شوند: یک جریان حجمی و یک جریان سطحی.....	۲۲
شکل ۲-۵: یک پخش از مغناطیدگی را می‌توان به صورت یک پخش سطحی و یک پخش حجمی از بارهای مغناطیسی توصیف کرد.....	۲۳
شکل ۲-۶: رابطه پواسون برای یک جسم با مغناطیدگی و چگالی یکنواخت. پتانسیل در هر نقطه متناسب است با مؤلفه گرانی در جهت مغناطیدگی.....	۲۴
شکل ۲-۷: پتانسیل مغناطیسی در نقطه P ناشی از یک کره که به طور یکنواخت مغناطیس شده.....	۲۶
شکل ۲-۸: پتانسیل مغناطیسی در نقطه p یک لایه گسترده که به طور قائم مغناطیس شده است.....	۲۷
شکل ۲-۹: میدان مغناطیسی یک حفره کروی در یک لایه مغناطیس شده، مساوی است با میدان یک کره با مغناطیدگی در جهت مخالف.....	۲۷

- شکل ۲-۱۰: میدان در نقطه p ایجاد شده توسط یک استوانه با مغناطیدگی یکنواخت. ۲۶.....
- شکل ۲-۱۱: چهار روش در نظر گرفتن پخش مغناطیدگی ۲۹.....
- شکل ۲-۱۲: جریان الکتریکی چرخشی مربوط به مغناطیدگی جسمی که به طور یکنواخت مغناطیس شده، با جریان های در روی سطح جسم، معادل است. ۳۰.....
- شکل ۲-۱۳: برآورد یک جسم دو بعدی با نوارهایی از بارهای مغناطیسی که تا بی نهایت گسترش دارند. ۳۴.....
- شکل ۴-۱: مسیر دسترسی به منطقه مورد مطالعه ۵۰.....
- شکل ۴-۲: تصویر ماهواره ای از منطقه مورد مطالعه ۵۰.....
- شکل ۴-۳: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۵۲.....
- شکل ۴-۴: برون زد کانسار مس در منطقه ۵۳.....
- شکل ۴-۵: لایه های مگنتیت اپیدوت به صورت متوالی ۵۳.....
- شکل ۴-۶: نمایی از توپوگرافی خشن منطقه ۵۴.....
- شکل ۴-۷: نقشه توپوگرافی کل و محدوده های مورد نظر E_1 منطقه مورد مطالعه ۵۵.....
- شکل ۵-۱: نقشه میدان آنومالی کل (TMA) ۵۷.....
- شکل ۵-۲: تصحیح توپوگرافی منطقه ۵۸.....
- شکل ۵-۳: فیلتر برگردان به قطب ۶۰.....
- شکل ۵-۴: فیلتر مشتق قائم ۶۱.....
- شکل ۴-۵: نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۱۰ متر از سطح برداشت ۶۲.....
- شکل ۵-۶: نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۲۰ متر از سطح برداشت ۶۳.....
- شکل ۵-۷: نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۳۰ متر از سطح برداشت ۶۴.....
- شکل ۵-۸: نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۴۰ متر از سطح برداشت ۶۵.....
- شکل ۵-۹: نقشه ادامه فراسو به ارتفاع ۵۰ متر از سطح برداشت ۶۶.....
- شکل ۵-۱۰: نقشه TMA همراه با خطواره های سطحی، عمیق و آبراهه ها و روند ها و ناحیه ها ۶۷.....

- شکل ۵-۱۱: نمایش نقاط حل به دست آمده از روش اویلر بر روی نقشه TMA ۶۹
- شکل ۵-۱۲: تعیین لبه های منشأ آنومالی و ضخامت توده ها ۷۱
- شکل ۵-۱۳: مدل های ساخته شده بر روی نقشه TMA ۷۳
- شکل ۵-۱۴: مدل ساخته شده برای آنومالی A1 ۷۴
- شکل ۵-۱۵: مدل ساخته شده برای آنومالی A2 ۷۴
- شکل ۵-۱۶: مدل ساخته شده از آنومالی A3 ۷۴
- شکل ۵-۱۷: مدل ساخته از آنومالی A4 ۷۵
- شکل ۵-۱۸: مدل ساخته از آنومالی B1 ۷۵
- شکل ۵-۱۹: مدل ساخته از آنومالی B2 ۷۵
- شکل ۵-۲۰: مدل ساخته از آنومالی C1 ۷۶
- شکل ۵-۲۱: مدل ساخته از آنومالی D1 ۷۶
- شکل ۵-۲۲: مدل ساخته از آنومالی D2 ۷۶
- شکل ۵-۲۳: مدل ساخته از آنومالی D3 ۷۷
- شکل ۵-۲۴: مدل ساخته شده از آنومالی A1 ۷۸
- شکل ۵-۲۵: مدل ساخته شده از آنومالی A3 ۷۸
- شکل ۵-۲۶: مدل ساخته شده از آنومالی A4 ۷۹
- شکل ۵-۲۷: مدل ساخته شده از آنومالی B1 ۷۹
- شکل ۵-۲۸: مدل ساخته شده از آنومالی B2 ۸۰
- شکل ۵-۲۹: مدل ساخته شده از آنومالی C1 ۸۰
- شکل ۶-۱: تاثیر بسزای شیب کانسار در انتخاب نقاط حفاری ۸۴
- شکل ۶-۲: مدل ها و نقاط حفاری پیشنهاد شده بر روی نقشه توپوگرافی منطقه ۸۶
- شکل ۶-۳: شکل سه بعدی توپوگرافی به همراه مدل ها و نقاط حفاری ۸۷

فصل ۱: مبانی مغناطیس سنجی

۱-۱ مقدمه

یکی از رایج‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی برای شناسایی بی‌هنجاری‌های زیرزمین در یک محدوده بزرگ، اکتشاف به روش مغناطیسی است. دلیل کاربرد زیاد این روش سریع بودن کم هزینه بودن و امکان استفاده زمینی و هوایی آن است و به همین خاطر حجم کاری آن زیاد است. منشأ این روش طبیعی است و ناشی از تأثیر میدان مغناطیسی زمین بر روی سنگ‌ها است. در داده برداری مغناطیس، عمدتاً تغییرات میدان مغناطیسی کل و یا گرادیان میدان مغناطیسی مدنظر است. هدف از تفسیر بی‌هنجاری‌های مغناطیسی، به دست آوردن خود پذیری مغناطیسی، شکل و عمق منشأ بی‌هنجاری مدفون درون زمین است (کوپر و کاون^۱، ۲۰۰۶). در روش اکتشاف مغناطیسی، رسیدن به نتایج دقیق و قابل اعتماد مهم است و هدف این است که بتوان با برآورد مناسبی، عمق، شکل و همچنین ماهیت منشأ بی‌هنجاری مدفون درون زمین را به دست آورد. اکتشاف به روش مغناطیسی را می‌توان ترکیبی از علوم ریاضی و فیزیک و زمین‌شناسی دانست.

۲-۱ مراحل اکتشاف مغناطیسی

به طور کلی به منظور اکتشاف یک توده دارای خود پذیری مغناطیسی زیرزمین باید پاسخ میدان اطراف توده ثبت شود تا بتوان با انجام محاسبات شکل و گسترش آن توده به دست آید. میدان اطراف توده به دو عامل بستگی دارد: ۱- میدان زمین ۲- ممان هادی مغناطیسی توده

مراحل اکتشاف مغناطیسی به طور خلاصه به شرح زیر است:

- ۱- مبانی فیزیک مغناطیسی
- ۲- مقدماتی از میدان زمین
- ۳- ایجاد آنومالی مغناطیسی
- ۴- فیزیک سنگ
- ۵- پردازش سیگنال

بعد از مراحل بالا نوبت به تفسیر و تحلیل داده‌ها می‌رسد که شامل دو مرحله است:

- ۱- تفسیر کیفی: چگونگی ارتباط آنومالی و بافت آن‌ها و قطع شدگی آن‌ها

¹ Cooper-Cowon

۲- تفسیر کمی: تخمین لبه‌ها و عمق منشأ آنومالی، مدل سازی و تخمین شکل تقریبی آنومالی

پس از اتمام این مراحل از طریق تجربه یک سری نتایج زمین شناسی از شکل گرفته می شود.

۱-۳ میدان مغناطیسی زمین

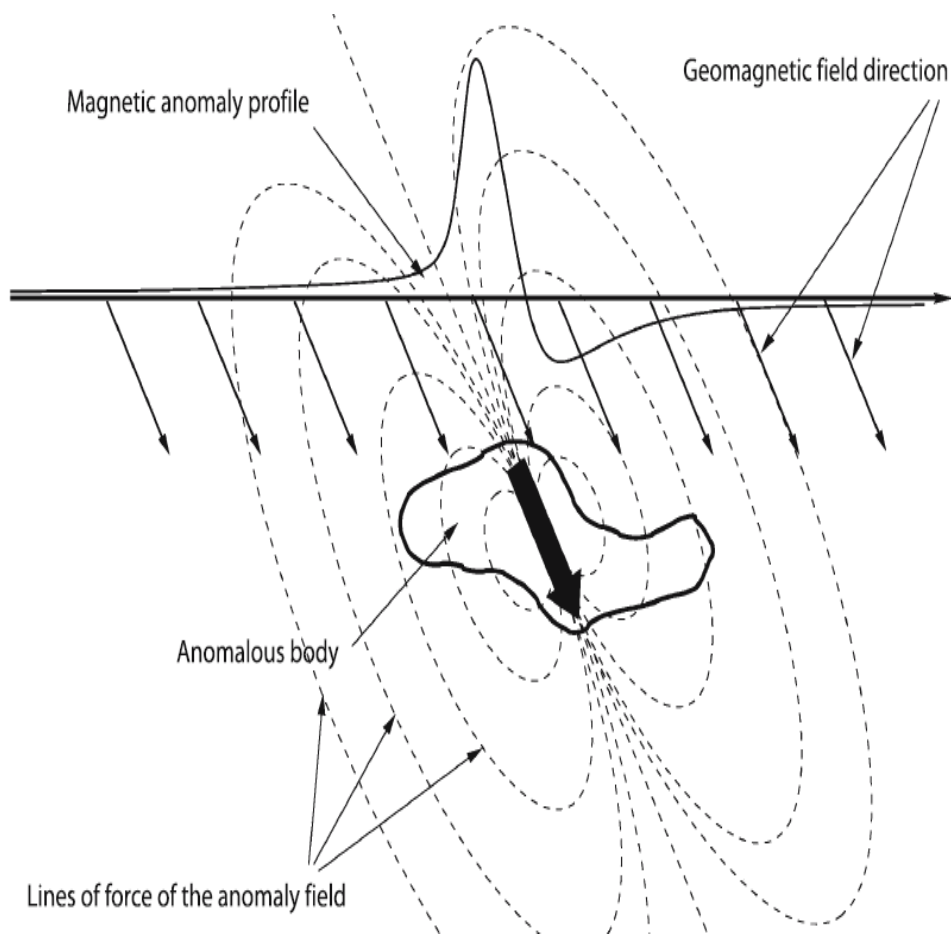
۱-۳-۱ منشأ میدان مغناطیسی زمین

درباره چگونگی ایجاد و منشأ خاصیت مغناطیسی زمین، نظریات مختلفی ارائه شده است که آخرین آن‌ها این خاصیت را در ساختمان زمین جستجو و معرفی می‌کند. می دانیم که در ساختمان کره زمین ۴ لایه وجود دارد: پوسته، جبه (گوشته)، هسته خارجی، هسته درونی. محققان منشأ میدان مغناطیسی زمین را هسته خارجی می‌دانند. هسته درونی زمین گلوله سخت و یکپارچه‌ای از آهن است که دمای آن به اندازه دمای سطح خورشید داغ است. جنس هسته خارجی از آلیاژ نیکل و آهن است که با حرکت وضعی زمین به دور هسته درونی می‌چرخد. در دمای بسیار زیاد هسته درونی متحمل واکنش‌های شیمیایی شده و تبدیل به یک مولد جریان الکتریکی می‌شود و مانند یک باتری عمل می‌کند و چون مواد مذاب هسته خارجی در حال چرخش است، می‌توان آن را شبیه یک سیم‌لوله (القا گر) تصور نمود. به این ترتیب در درون زمین مداری متشکل از یک باتری و یک القا گر داریم. طبق قانون لنز در اطراف سیم‌لوله فرضی درون زمین میدان مغناطیسی شبیه میدان در سیم‌لوله ایجاد می‌شود، و چون هسته خارجی مانند القا گر است، می‌تواند در آن پدیده خودالقای نیز رخ دهد؛ یعنی هرگاه جریان الکتریکی در هسته درونی در اثر واکنش‌های شیمیایی در حال کاهش بود جهت خطوط میدان را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که نیروی محرکه‌ای هم جهت با نیروی مولد و سبب تقویت شدت میدان مغناطیسی در زمین می‌گردد و بر عکس. علاوه بر پدیده‌های داخلی، پدیده خارجی به نام بادهای خورشیدی نیز بر رفتار میدان مغناطیسی زمین مؤثر است. ولی در اکتشافات مغناطیسی میدان پوسته زمین مورد توجه است، بنابراین در هنگام پردازش داده‌ها از میدان‌های مغناطیسی با منشأ خارجی که تأثیر زیادی بر میدان اندازه‌گیری شده در سطح زمین دارد صرف‌نظر می‌شود.

۱-۳-۲ خطوط میدان مغناطیسی زمین

قطب شمال مغناطیسی در جنوب کره زمین است، خطوط میدان از جنوب بیرون می‌آیند و به شمال

وارد می‌شوند. در گوشته زمین به علت دمای بالایی که دارد هیچ میدانی ثبت نمی‌شود چون هیچ جهت‌گیری در ممان‌ها اتفاق نمی‌افتد. تراکم خطوط در جنوب و شمال بیشتر است، در قطب میدان حدود ۶۹ هزار گاما و در استوا حدود ۲۵ هزار گاما است، این مسئله در اکتشاف مشکل‌ساز است و باعث می‌شود یک آنومالی در عرض جغرافیایی پایین میدان ضعیفی از خود نشان دهد در حالی که همان آنومالی در عرض جغرافیایی بالا میدان قوی از خود نشان دهد. جهت خطوط میدان در اکتشاف مهم است، در قطب‌های مغناطیسی میدان قائم است ولی در استوا خطوط میدان مغناطیسی کاملاً افقی است و دامنه هم ضعیف می‌شود. خطوط میدان هرچقدر که به شمال نزدیک تر شویم قائم تر می‌شوند. در عرض جغرافیایی که در ایران کار می‌شود، خطوط میدان با شیبی به زاویه I وارد زمین می‌شوند که میل مغناطیسی نامیده می‌شود. میدان مغناطیسی که با دستگاه مگنتومتر اندازه‌گیری می‌شود ترکیبی از میدان زمین و میدان توده است، اگر خطوط میدان توده در جهت میدان زمین باشد میدان کل تقویت می‌شود و عکس آن اگر خطوط میدان توده خلاف جهت میدان زمین باشد میدان کل تضعیف می‌شود. در قطب شمال بیش‌ترین تقویت و در قطب جنوب بیش‌ترین تضعیف را داریم، چون در قطب شمال خطوط میدان توده در جهت میدان زمین و در قطب جنوب خلاف جهت میدان زمین است.



شکل ۱-۱: برآیند خطوط میدان القا شده از طرف زمین و میدان توده باعث ایجاد یک پاسخ در سطح زمین می شود

۳-۳-۱ تغییرات میدان مغناطیسی زمین

شدت میدان مغناطیسی زمین در تمام نقاط یکنواخت نیست و حتی در یک نقطه نیز متغیر است. این تغییرات شامل زوایای میل و انحراف مغناطیسی نیز است. این تغییرات را می توان به چهار دسته اصلی زیر تقسیم کرد:

۱- تغییرات با زمان تناوب طولانی: در زمانه ای طولانی معادل با دوران زمین شناسی صورت می گیرد که از آن جمله تغییر مکان قطب های مغناطیسی و حتی معکوس شدن آن ها را نیز می توان ذکر کرد.

۲- تغییرات قرنی: دوره تناوب این تغییرات در حدود صد سال است و شامل تغییر در شدت میدان و محل زوایای انحراف و میل مغناطیسی هست.

۳- تغییرات روزانه: ممکن است در یک روز در یک مکان شدت میدان متغیر شود که عامل این دسته تغییرات را می‌توان در تغییرات خورشید جستجو کرد.

۴- تغییرات ناگهانی: تقریباً هر ۲۷ روز یک‌بار صورت می‌گیرد که توفان‌های مغناطیسی از جمله این تغییرات محسوب می‌شوند

۴-۳-۱ مؤلفه‌های میدان مغناطیسی زمین

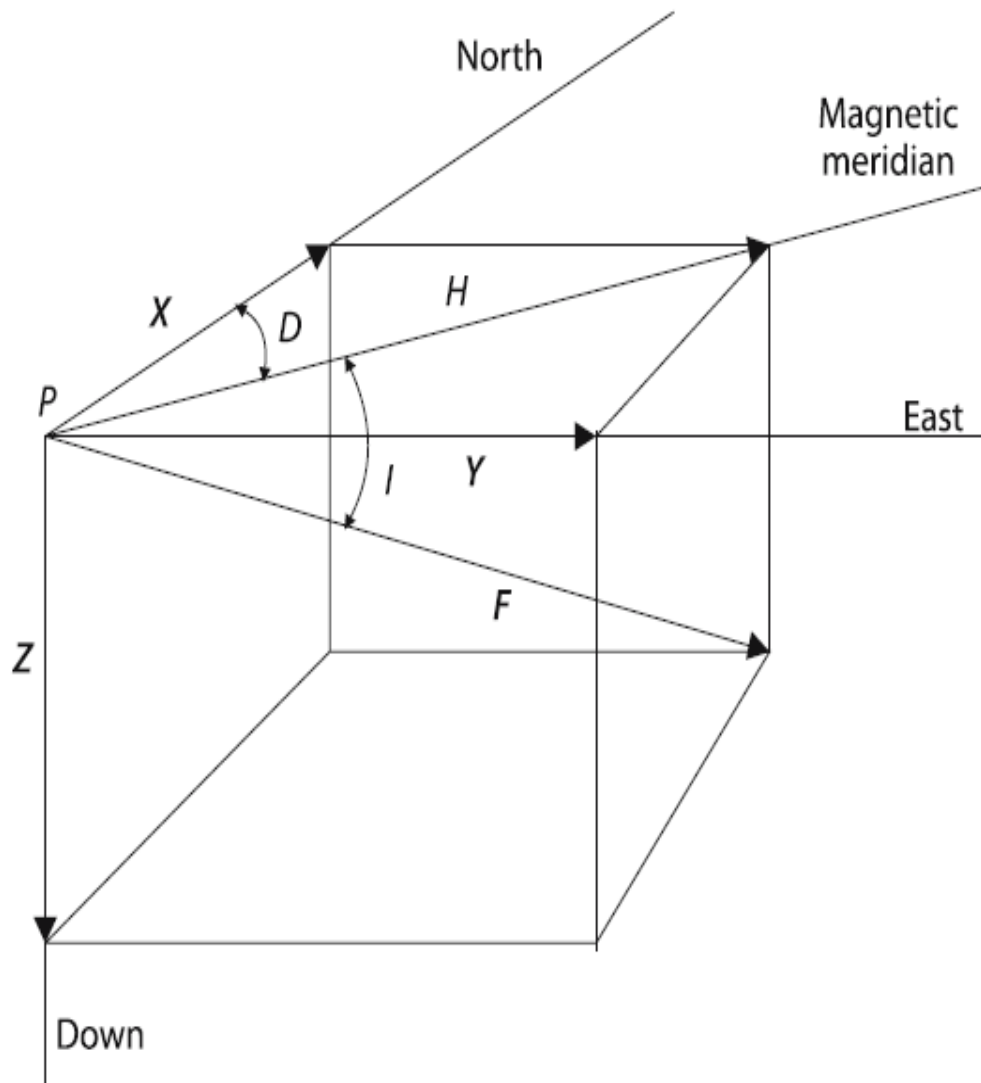
برای اندازه‌گیری بردار میدان مغناطیسی اصلی F در هر نقطه از دستگاه مختصات محلی استفاده می‌شود. اگر محور X به سمت شمال، محور Y به سمت شرق و Z به سمت پایین مثبت باشد در این صورت مؤلفه‌ها و اندازه میدان مغناطیسی با روابط (۱-۱) بیان می‌شود.

$$F_x = \cos(I) \sin(D) \quad 1-1$$

$$F_y = \cos(I) \cos(D)$$

$$F_z = -\sin(I)$$

$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$ میدان کل هست که یکای آن در سیستم SI تسلا است. I و D به ترتیب میل و انحراف مغناطیسی هستند. زاویه‌ای که بردار میدان مغناطیسی با سطح افق می‌سازد زاویه میل مغناطیسی نام دارد و بنا به قرارداد هنگامی که جهت F به سمت پایین باشد زاویه میل مثبت خواهد بود. زاویه‌ای که مؤلفه افقی میدان با شمال جغرافیایی می‌سازد زاویه انحراف نامیده می‌شود و بنا به قرارداد به سمت شرق مثبت و به سمت غرب منفی است.



شکل ۲-۱: نمای شماتیکی از مؤلفه‌های میدان مغناطیسی زمین

۴-۱ خواص مغناطیسی مواد

منشأ وجود مغناطیس در اتم‌ها اندازه حرکت زاویه‌ای مداري و اندازه حرکت زاویه‌ای اسپینی الکترون‌ها است ولی تعیین جهت‌گیری مغناطیسی نسبی الکترون‌های واقع در حوزه مواد مغناطیسی به آشنایی هر چند مختصر با منشأ مغناطیس، انواع مواد مغناطیسی و در یک یون که در یک شبکه بلوری قرار گرفته به برهمکنش بین الکترون‌ها بستگی دارد. کلیه موادی که با اعمال میدان مغناطیسی، مغناطیس می‌شوند، مواد مغناطیسی نامیده می‌شوند. با توجه به چگونگی پاسخ به میدان مغناطیسی، مواد مغناطیس به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) فرو مغناطیس: بعضی از مواد فلزی دارای گشتاور مغناطیسی دائمی در غیاب میدان خارجی هستند و مغناطیس‌های خیلی بزرگ و دائمی از خود نشان می‌دهند. این مواد فرو مغناطیس نامیده می‌شوند. فلزات واسطه مثل آهن، کبالت، نیکل و بعضی از فلزات خاکی نادر مانند گادولینیم دارای این خاصیت هستند. این مواد با اعمال یک میدان مغناطیسی کوچک به شدت مغناطیده شده و با حذف میدان مغناطیسی مغناطش خود را به طور کامل از دست نمی‌دهند. در این مواد بردارهای گشتاورهای مغناطیسی مجاور از نظر اندازه برابر هستند و تمایل دارند که با یکدیگر هم جهت شوند.

ب) آنتی فرو مغناطیس: در این مواد بردارهای گشتاورهای مغناطیسی مجاور از نظر اندازه برابر ولی از نظر جهت، عکس یکدیگر هستند؛ بنابراین یکدیگر را خنثی می‌کنند. در صورتیکه چنین ماده‌ای در میدان مغناطیسی قرار گیرد، گشتاورهای هم جهت با میدان تقویت می‌شوند و ماده خاصیت مغناطیسی ضعیفی از خود نشان می‌دهد.

ج) فری مغناطیس: در این مواد جهت بردارهای گشتاورهای مغناطیسی مجاور عکس یکدیگر است ولی اندازه آن‌ها برابر نیست. رفتار این مواد مشابه با مواد فرو مغناطیس است. گروهی از آهنرباهای دائم که به نام فریت شناخته می‌شوند از این دسته هستند.

د) دیا مغناطیس: موادی هستند که مولکول‌ها، اتم‌ها و یا یون‌های آن‌ها به گونه‌ای رفتار می‌کنند که گشتاور مغناطیسی خالص آن‌ها صفر است. اگر میدان مغناطیسی خارجی به این مواد اعمال شود اتم‌های آن دارای گشتاور مغناطیسی القایی می‌شوند (مثل اتم مس) و جهت این گشتاور مغناطیسی خلاف جهت میدان اعمالی است. این دسته از مواد اگر در میدان مغناطیسی قرار گیرند، مغناطش منفی از خود نشان می‌دهند.

ه) پارا مغناطیس: در این مواد، برخلاف مواد دیا مغناطیس در مولکول‌ها، اتم‌ها و یا یون‌ها گشتاور مغناطیسی کوچکی وجود دارد. ولی گشتاورها با جهات اتفاقی توزیع شده و یکدیگر را خنثی می‌کنند و مغناطش خالص برابر صفر می‌شود. اگر این دسته از مواد در یک میدان مغناطیسی قرار گیرند، تعدادی از گشتاورها در جهت میدان می‌چرخند خاصیت مغناطیسی ضعیفی از خود نشان می‌دهد. بعضی از فلزات قلیایی و یا برخی از فلزات واسطه مانند کروم، تیتانیم، تنگستن و پلاتین دارای خاصیت پارا مغناطیس هستند.

مواد فرومغناطیس اهمیت اساسی در اکتشافات مغناطیس سنجی دارند. مهم‌ترین کانی فرومغناطیس مگنتیت است که خود پذیری مغناطیسی آن در حدود 0.3 است. از دیدگاه زمین‌شناسی میزان