

# مدلسازی و تفسیر یکی از آنومالیهای مغناطیسی منطقه اکتشافی ساغند یزد

دکتر غلامحسین نوروزی

استادیار گروه مهندسی معدن دانشکده فنی - دانشگاه تهران

## چکیده

به دنبال برداشتهای مغناطیسی در منطقه اکتشافی ساغند یزد و وجود یک آنومالی نسبتاً گسترده و مشخص در قسمتی از وزن مورد برداشت با استفاده از روشهای دکنولوشن ورنر و منحنیهای استاندارد پارکر، آنومالی مذکور مورد تفسیر قرار گرفته است.

روند مطالعه به این ترتیب می باشد که، ابتدا با استفاده از روش ورنر محل و عمق سردایک از طریق مقاطع مختلفی که عمود بر دایک مغناطیسی در نظر گرفته شده، محاسبه گردیده است. پس از آن با برازش منحنی تغییرات حاصل از یکی از مقاطع (مقطع  $BB'$ ) با منحنیهای استاندارد پارکر، شیب دایک تعیین شده است. پس از این مرحله، مقادیر آنومالی در امتداد مقطع  $BB'$  برای چند مقدار از ضخامتهای محتمل برای دایک مغناطیسی بطور مستقیم محاسبه و از بین آنها ضخامتی که منحنی تغییرات آنومالی حاصل از آن بهترین برازش را با منحنی تجربی بدست می دهد، به عنوان ضخامت مناسب دایک مغناطیسی انتخاب شده است.

## ۱- مقدمه

بدنبال گسترش برداشتهای میدان مغناطیسی کلی از طریق هوا و زمین در بعد از جنگ جهانی دوم، تفسیر این داده ها از سال ۱۹۶۰ شتاب بیشتری به خود گرفت و حجم نوشته ها در این زمینه افزایش یافت.

در این مطالعات به دلیل اهمیت شکلهای دایک مانند، روشهای مختلفی برای تفسیر آنها ارائه شده است. از جمله روش "دکنولوشن ورنر"<sup>(۱)</sup> است که از طریق رابطه ساده ای می توان با استفاده از مقادیر میدان در چهار نقطه واقع روی یک مقطع عمود بر امتداد دایک مورد مطالعه، عمق و

محل سردایک را مشخص کرد.<sup>(۲)</sup> روش دیگر، تهیه آبکهای استاندارد برای اینگونه دایکها می باشد که توسط پارکر در سال ۱۹۶۳ ارائه شده است. در نوشته حاضر سعی شده است که یکی از آنومالیهای مغناطیسی که از برداشتهای زمینی در منطقه ساغند یزد بدست آمده است، با استفاده از دو روش فوق الذکر مورد مطالعه کمی قرار بگیرد.

### ۱- تهیه نقشه آنومالیهای مغناطیسی حاصل از برداشتهای زمینی در منطقه ساغند.

به دنبال نیاز به داده‌های مغناطیسی در منطقه اکتشافی ساغند در ارتباط با تجسسه‌های مواد رادیو اکتیو، روش مغناطیسی بعنوان یک روش ژئوفیزیکی غیر مستقیم برای تجسس مواد رادیو اکتیو مورد توجه قرار گرفت. قسمتی از آنومالی پنج، واقع در شمال شرقی منطقه بافق (چادرملو) در سالهای ۶۴-۱۳۶۳ توسط یک مگنتومتر پرتون برداشت گردید.

در طی این مطالعات، آنومالی مشخصی در جنوب و جنوب غربی محدوده مورد برداشت مشخص گردید که در

شکل ۱ نشان داده شده است.

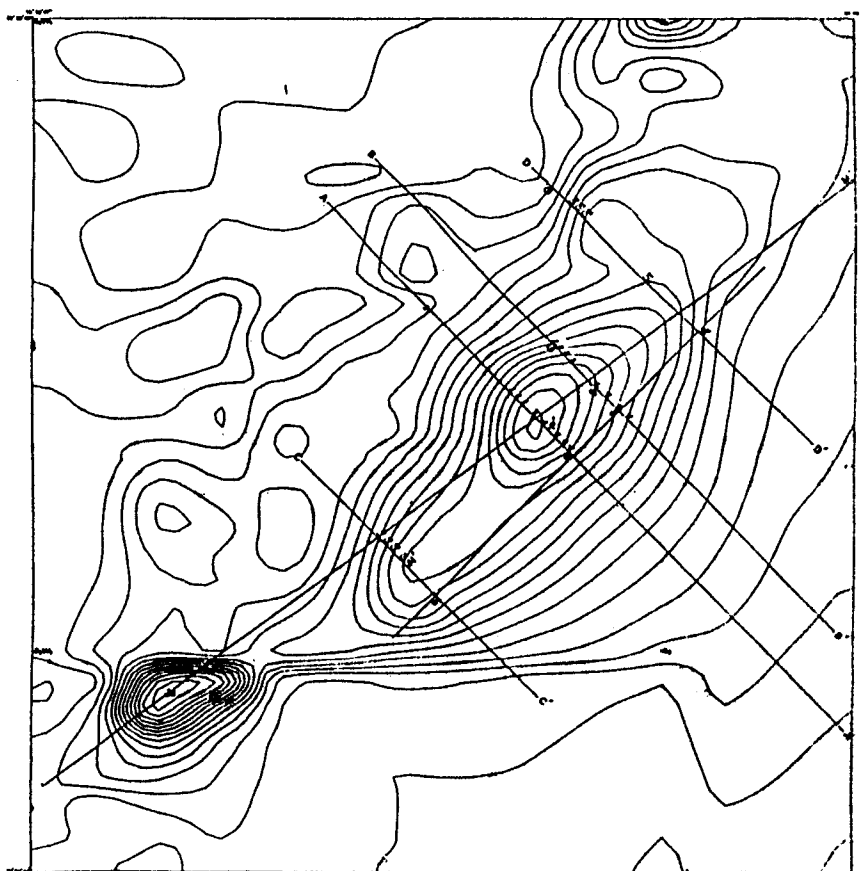
در اینجا کوشش بر این است که این آنومالی از طریق مدلسازی با یک شکل دایک مانند تفسیر شده او اطلاعات کمی مورد نیاز از این مدل بدست آید.

### ۲- موقعیت آنومالی مغناطیسی روی زمین:

آنومالی مورد نظر در زیر یک توده رسوبی (دولومیت و ژپس) قرار گرفته و در محدوده بسیار کوچکی نزدیک به قله توده رسوبی دارای رخنمون می‌باشد (تصویر ۱).

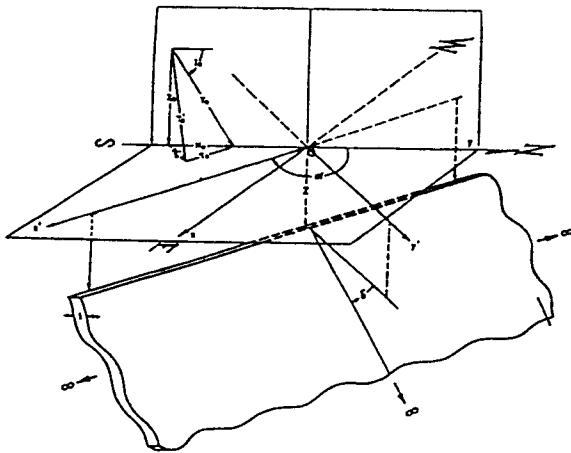
این رخنمون روی نقشه آنومالی مغناطیسی (شکل ۱) با

M نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه آنومالی مغناطیسی

که صفحه دایک با جهت مثبت محور  $OY'$  می‌سازد. میدان مغناطیسی زمین توسط بردار  $T_0$  نشان داده شده است و زاویه میل در نقطه اندازه‌گیری  $I_0$  می‌باشد. بردار  $T_0$  را می‌توان به دو مؤلفه تجزیه کرد،  $T_s$  در امتداد دایک (محور  $OX'$ ) و  $T'_0$  در صفحه  $Y'Z$  قرار دارد. از اثر مؤلفه  $T_s$  می‌توان صرف‌نظر کرد. زیرا قطبهایی که روی دو سطح کناری دایک ایجاد میکنند، در فاصله بینهایت قرار دارند.

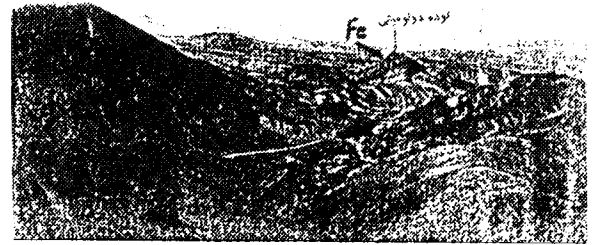


شکل ۲- ژنومتری دایکی که از دو طرف تا بینهایت گسترش دارد. (نقل از مقاله پارکر)

$T'_0$  ایجاد قطبهای مغناطیسی روی سطوح جلویی و عقبی و نیز بالا و پایین دایک می‌کند. مقدار این مؤلفه را "شدت مؤثر میدان کلی مغناطیسی" می‌نامیم. زاویه میل  $T'_0$  در صفحه  $Y'Z$  را با  $I'_0$  نشان داده، آن را "زاویه میل مؤثر" نامگذاری می‌کنیم. روابط ساده‌ای بین  $T_0$  و  $T'_0$  و نیز  $I_0$  و  $I'_0$  وجود دارند:

$$\frac{T'_0}{T_0} = \frac{\sin I_0}{\sin I'_0}, \quad \text{tg} I'_0 = \frac{\text{tg} I_0}{\sin \alpha}$$

آب‌کهای شکل ۳، رابطه بین  $I_0$  و  $I'_0$  را برای مقادیر



عکس ۱- تشکیلات مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه (دید: از شمال شرقی به جنوب غربی)

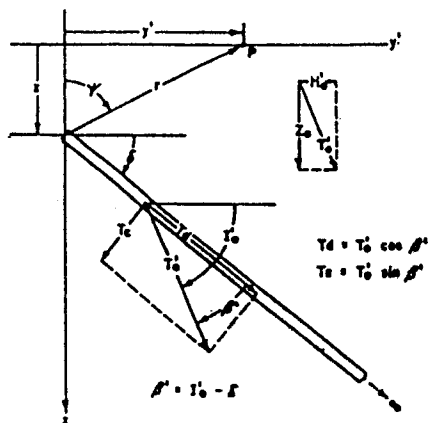
در صورتیکه منحنی  $800$  گاما را محدوده آنومالی مذکور بدانیم، این آنومالی دارای گسترش طولی حدود  $300$  متر و گسترش عرضی بین  $8$  تا  $90$  متر می‌باشد. ارتفاع قله توده رسوبی حدود  $1370$  متر و نقطه  $M$  دارای ارتفاعی برابر  $1338$  متر می‌باشد.

### ۳- شرح مختصر روشهای تفسیر

همانطور که در مقدمه گفته شد برای تفسیر آنومالی مذکور از دو روش ورنر و پارکر استفاده شده است. در اینجا از ذکر روش ورنر که به خوبی شناخته شده است خودداری کرده و به شرح مختصری از روش پارکر می‌پردازیم. قابل ذکر است که نقشه‌های هوابرد مغناطیسی سازمان زمین‌شناسی ایران با استفاده از "روش دکتولوشن ورنر توسط یوسفی و فرید برگ"<sup>(۱)</sup> مورد تفسیر قرار گرفته است.

در روش پارکر اساس کار بر مبنای تهیه آب‌کهای استاندارد قرار دارد که برای دایکهای باریک با گسترش بینهایت (در امتداد و عمق) تهیه شده است. (شکل ۲).

مطابق شکل، محور  $OZ$ ، قائم و به طرف پایین مثبت در نظر گرفته شده،  $OX'$  در امتداد دایک و  $OY'$  عمود بر آن انتخاب شده است. زاویه سمت یا آزیموت مغناطیسی ( $\alpha$ ) زاویه‌ایست که شمال مغناطیسی با امتداد دایک می‌سازد. این زاویه در جهت عقربه‌های ساعت مثبت و بین صفر تا صد و هشتاد درجه تغییر می‌کند. شیب دایک ( $\delta$ ) زاویه‌ایست



مختلف  $\alpha$  بدست می دهد.

پس از تجزیه  $T'_O$  به دو مؤلفه  $T_d$  (به موازات صفحه دایک) و  $T_e$  (عمود بر صفحه مذکور)، مقدار آنومالی کلی حاصل از دایک در امتداد میدان مغناطیسی زمین  $(\Delta T_1)$  از رابطه زیر بدست می آید (شکل ۴).

$$(1)$$

$$\Delta T_1 = 2kT'_O \frac{\sin I_O}{\sin I} \cos \psi \cos(\psi - 2I'_O + 90 + \delta)$$

$k$ : ضریب خودپذیری مغناطیسی دایک.

$t$ : ضخامت دایک.

$z$ : عمق سردایک.

$\psi$ : مطابق شکل ۵ بیانگر نقاط مختلف اندازه گیری روی پروفیل عمود بر دایک می باشد ( $\tan \psi = Y'/z$ ). به این ترتیب آنومالی حاصل از دایکها با گسترش بینهایت را می توان به فرم کلی زیر نشان داد:

$$\Delta F = C_f \cos \psi \cos(\psi - \theta_f)$$

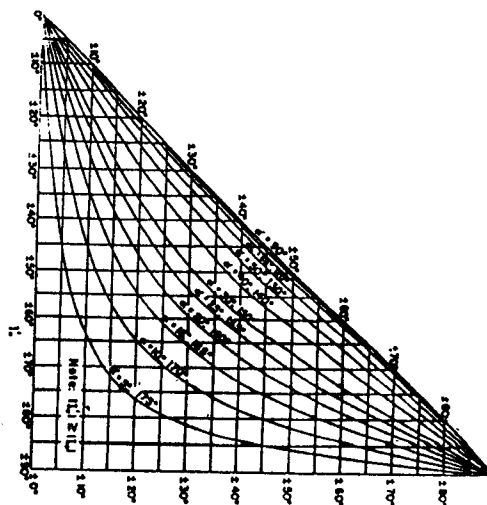
شکل ۴- تجزیه بردار  $T_O$  در صفحه دایک  $(T_d)$  و در امتداد عمود بر صفحه مذکور  $T_e$  (نقل از مقاله پارکر).

$\Delta F$ : آنومالی مغناطیسی کلی دایک.

$C_f$ : ضریبی که تابعی از  $(T_O, I_O, k, t, z, \alpha)$  می باشد.

$\theta_f$ : اندیسی که تابعی از  $(\alpha, \delta, I_O)$  می باشد.

در شکل ۵ یک نمونه از آباکهای استاندارد تهیه شده برای تابع  $f(\theta_f, \psi) = \cos \psi \cos(\psi - \theta_f)$  بر حسب مقادیر مختلف  $y'$  (مقدار  $y'$  بر حسب ضرایبی از  $z$  در نظر گرفته شده است) و به ازاء مقادیر مختلف  $\theta_f$  نشان داده شده است.



شکل ۳- آباک برای محاسبه  $I'_O$  با استفاده از  $I_O$  و  $\alpha$  (نقل از مقاله پارکر).

#### ۴- تفسیر کمی آنومالی مغناطیسی منطقه مورد مطالعه

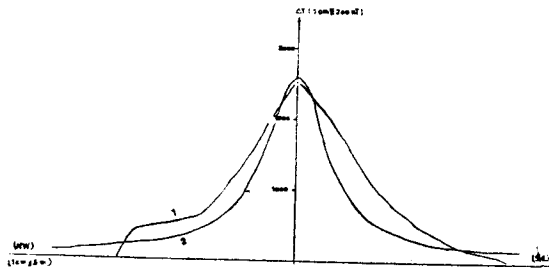
##### ۴-۱- تعیین عمق و وضعیت سردایک با استفاده از روش ورنر

روی آنومالی مورد نظر، و با توجه به نقشه توپوگرافی منطقه، مقاطع  $AA'$  و  $BB'$  و  $CC'$  و  $DD'$  در صفحات افقی و به طور تقریب، عمود بر امتداد دایک مغناطیسی در نظر گرفته شده است (شکل ۱) به این ترتیب می توان با استفاده از مقاطع مذکور و رابطه داده شده توسط هارتمن مقادیر  $z$  عمق سردایک تا هر مقطع و نیز  $X_0$ ، فاصله افقی سردایک تا نقطه مبدأ روی هر مقطع (نقاط  $O_1, O_2, O_3, O_4$ ) را بدست آورد. این مقادیر در جدول زیر داده شده است.

| To<br>(nT) | To'<br>(nT) | Io'<br>(nT) | Io'° | $\alpha^\circ$ | k<br>(c.g.s.)           | z<br>(cm) | t<br>(cm) |
|------------|-------------|-------------|------|----------------|-------------------------|-----------|-----------|
| ۴۶۰۹۳      | ۴۲۷۶۶       | ۲۷/۴        | ۵۲/۵ | ۵۶             | $28.000 \times 10^{-6}$ | ۱۴۰۰-۱۷۰۰ | ۲۵۰۰      |

جدول ۲- پارامترهای مغناطیسی و ژئومتری دایک

اولاً- روی پروفیل  $BB'$  در سمت جنوب شرقی نسبت به شمال غربی تغییرات میدان آنومالی آرامتر است.

شکل ۵- منحنی تغییرات مقطع  $BB'$ 

۱: منحنی تغییرات آنومالی حاصل از اندازه گیری روی زمین (تجربی)

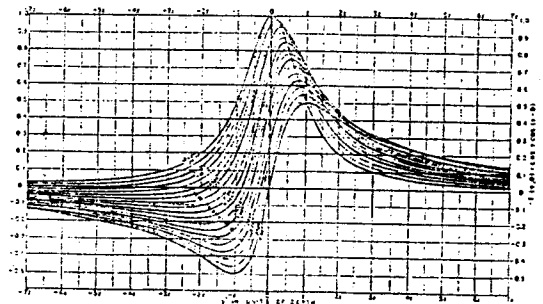
۲: منحنی تغییرات آنومالی با استفاده از محاسبه مستقیم

ثانیاً- روی زمین جائیکه دایک مورد مطالعه دارای بیرونزدگی می باشد (نقطه M) این رخنمون در محدوده خیلی کوچکی اتفاق افتاده است.

برای ارزیابی ضخامت دایک مورد نظر در زیر پروفیل  $BB'$ ، با استفاده از مقادیر بدست آمده از دوروش ورنر و پارکر و مشخصات میدان مغناطیسی زمین در منطقه مورد مطالعه، مقادیر آنومالی بطور مستقیم با استفاده از رابطه ۱ و برای مقادیر ضخامت ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر محاسبه شده است. بین منحنی هایی که به این ترتیب بدست می آید، منحنی مربوط به ضخامت ۲۵ متر (منحنی ۲) بهترین برازش را با منحنی تجربی بدست آمده از روی آنومالی (منحنی ۱) دارا می باشد. به این ترتیب به نظر می رسد ضخامت دایک در زیر پروفیل  $BB'$  حدود ۲۵ متر می باشد.

|             | AA'  | BB'   | CC' | DD' |
|-------------|------|-------|-----|-----|
| z (متر)     | ۱۲/۵ | ۱۴-۱۹ | ۱۹  | ۲۵  |
| $X_0$ (متر) | ۸    | ۱۴    | ۹   | ۴۶  |

جدول ۱- مقادیر بدست آمده از روش ورنر

شکل ۶- منحنی استاندارد برای دایک باریک با گسترش بینهایت وقتی  $\theta_F$  از ۲۷۰ تا ۳۶۰- تغییر می کند. (نقل از مقاله پارکر)

با استفاده از مقادیر فوق، و با توجه به تغییرات توپوگرافی روی دایک مذکور می توان گفت که سطح بالایی دایک تقریباً افقی بوده و تغییرات عمق سر دایک در اثر توپوگرافی توده رسوبی می باشد.

۲-۴- تعیین شیب دایک و محاسبه مستقیم آنومالی مغناطیسی با استفاده از روش پارکر.

برای تعیین بقیه پارامترهای دایک مغناطیسی و از جمله شیب دایک، مقطع  $BB'$  با استفاده از نقشه آنومالی مغناطیسی در شکل ۶ رسم شده است. (منحنی ۱).

منحنی مذکور با آباکهای ارائه شده در شکل ۵ برآزش داده شده و در نتیجه مقدار  $\theta_F$  بین ۳۶۰- تا ۳۵۵- درجه بدست آمده است.

با استفاده از مقدار  $\theta_F$  و با توجه به جدول ۲، شیب حاصل برای دایک بین ۱۰ تا ۱۵ درجه می باشد که به سمت جنوب شرقی قرار دارد (شیب پایین رونده). دو دلیل برای تأیید این شیب وجود دارد:

۵- نتیجه

با توجه به محاسبات انجام شده، برای دایک مغناطیسی مورد مطالعه مشخصات زیر ارائه می شود:

عمق دایک از سطح توپوگرافی: ۵ تا ۲۵ متر.

شیب دایک: ۱۰ تا ۱۵ درجه جنوب شرقی

زاویه سمت دایک: حدود ۵۶ درجه.

ضخامت دایک: حدود ۲۵ متر در زیر پروفیل BB'.

گسترش دایک: حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر.

باید توجه داشت به علت مسائل پیچیده‌ای که در مطالعات مغناطیسی موجود است. مقادیر فوق از خطا بدور نمی باشد. با این وجود آنچه که در این تفسیر مورد نظر بوده کوشش برای تفسیر کمی این گونه داده‌ها ژئوفیزیکی است که در ایران کمتر به آن توجه شده و معمولاً به یک تفسیر کیفی در این مطالعات اکتفا می شود.

فهرست منابع

- 1- CORPORATION D'ACIER de l'IRAN,(C.A.I); Report on results of search and valuation works at magnetic anomalies of the Bafq Iran, during 1976-1979, vol. II,III.
- 2- HARTMAN, R., TESKEY, D.J.and FRIEDBERG, J.L., A system for rapid digital aeromagnetic interpretation, Geophysics, vol 36, N°:5(oct 1971), P:891-918.
- 3- PARKER, S., GAY,JR., Standard curves for interpretation of anomalies over long tabular bodies, Geophysics, vol XXVIII N°:2(Apri1963,P:161-200).
- 4-NOROUZI, Gh. Etude géomagnétique appliquée d'une partie de la région de SAGHAND(Third Mining symposium, Iran:may 1991)