JRAG
نشریه پژوهش های ژئوفیزیک کاربردی
دوره ۲، شماره ۲، ۱۳۹۵، صفحات ۱۲۱-۱۱۳
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22044/JRAG.2016.818

مدل‌سازی ساختارهای نمکی ناحیه گرمسار با تلفیق داده‌های گرانی و مغناطیس‌سنجی

بهنام بابایی[۱]، محمد علی علی آبادی[۱]، مهدی فلاحی‌پور[۲] و حمیدرضا باغزندانی[۳]

۱- استادیار، گروه معدن- نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات
۲- کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن، شرکت عملیات اکتشاف نفت تهران
۳- کارشناس ارشد ژئوفیزیک (گرانی‌سنجی)

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۲؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۱۸

* نویسنده مسئول مکاتبات: hbaghzendani@yahoo.com

واژگان کلیدی
گرانی‌سنجی
مغناطیس‌سنجی
وارون‌سازی ترکیبی
ضریب وزنی

چکیده

روش‌های مغناطیسی و گرانی‌سنجی عمدتاً در مراحل اولیه اکتشاف نفت به‌منظور شناسایی وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد نظر استفاده می‌شوند تا تصویری کلی از زیر سطح محدوده مذکور به دست آید. یکی از مباحث مهم در تعبیر و تفسیر این داده‌ها استفاده از روش‌های مدل‌سازی است؛ تا تخمین مناسبی از ساختار موجود از زیر سطح زمین را فراهم سازد. محققین همواره به دنبال ارائه روش‌های جدیدی در این زمینه بوده‌اند. یکی از این روش‌ها، وارون‌سازی ترکیبی داده‌ها (گرانی و مغناطیس‌سنجی) است. استفاده از روش وارون‌سازی ترکیبی داده‌های ژئوفیزیکی، موجب آشکارسازی بهتر پارامترهای مدل می‌گردد. در روش‌های ترکیبی که از دو یا چند نوع داده با ماهیت‌های مختلف با یکدیگر و به طور همزمان استفاده می‌شود با به کارگیری ضرایب خاص بین دو داده ارتباط ریاضی برقرار کرده که در این تحقیق با استفاده از انحراف معیار بین داده‌ها این امر محقق شده است. در ادامه داده‌های گرانی و مغناطیس منطقه گرمسار به منظور شناخت توده‌های نمکی منطقه با روش مدل‌سازی وارون و سپس مدل‌سازی وارون ترکیبی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت نتایج به دست آمده از هر دو روش مدل‌سازی باهم مقایسه گردید. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش استفاده از وارون‌سازی ترکیبی با استفاده از ضریب وزنی برای مناطقی که دارای داده‌های مغناطیسی و گرانی‌سنجی هستند، توصیه می‌شود.

۱- مقدمه

مدل‌سازی وارون به منظور تعیین پارامترهای مدل از داده‌ها به کار می‌رود. در وارون‌سازی داده‌های ژئوفیزیکی، پارامترهای مدل دو دسته‌اند: ۱) فیزیکی (خصوصیاتی مثل چگالی، خودپذیری و ...) ۲) هندسی (هندسه جسم). بر همین مبنا دو روش وارون سازی داده‌های میدان پتانسیل وجود دارد، در روش اول پارامترهای هندسی ثابت و پارامترهای فیزیکی به عنوان مجهولات مسئله در نظر گرفته می‌شود و در روش دوم پارامترهای فیزیکی مدل ثابت فرض شده و پارامترهای هندسی مانند عمق در روند وارون‌سازی تخمین زده می‌شود. با توجه به این‌که دو روش گرانی و مغناطیس‌سنجی از گروه میدان پتانسیل بوده و ارتباط تنگاتنگی بین آن‌ها وجود دارد؛ محققین زیادی در راستای بهبود مدل‌سازی این روش‌ها تلاش نمودند. به عنوان مثال پارکر (۱۹۷۳) برای آشکارسازی پدیده‌ها و تفسیر داده‌های میدان پتانسیل از روش تبدیل فوریه استفاده کرد و داده‌های هر دو روش را باهم مقایسه نمود. چنتو و دیبیگلیا (۱۹۹۰) مدل‌سازی سه بعدی داده‌های گرانی و مغناطیسی را برای تحلیل داده‌ها به کار بردند. زین و پویس (۱۹۹۳) وارون‌سازی ترکیبی را برای داده‌های گرانی و مغناطیسی به‌کاربرده‌اند. بنج و همکاران (۲۰۰۲) از روش وارون‌سازی ترکیبی مغناطیس و الکترومغناطیس استفاده نموده‌اند. میلبوری و همکاران (۲۰۰۵) از روش وارون‌سازی ترکیبی برای روش‌های گرانی و مغناطیسی استفاده نمودند. کاسترو و همکاران (۲۰۱۱) وارون‌سازی ترکیبی گرانی و ژئوالکتریک را برای منطقه‌ای در کشور برزیل انجام دادند. وارون‌سازی ترکیبی در این پژوهش بر روی داده‌های به دست آمده دو روش گرانی و مغناطیس‌سنجی صورت پذیرفته است. در این روش سعی در ترکیب چند نوع داده از ماهیت‌های مختلف در وارون‌سازی شده است. در واقع به نوعی از این طریق می‌توان تعداد معادلات را نسبت به مجهولات افزایش داده و با وجود اینکه داده‌ها از ماهیت‌های مختلف می‌باشند به جواب یکتا نزدیک شد.

۲- بیان نظری مسئله

در این تحقیق ابتدا با استفاده از تبدیل فوریه، داده‌های گرانی و مغناطیس را به حوزه فوریه برده و سپس با استفاده از یک فاکتور وزنی مناسب که با استفاده از انحراف معیار به دست آمده است، وارون سازی ترکیبی انجام شده است. در همین راستا با فرض اینکه توده مورد نظر در یک صفحه به فاصله r از مختصات دکارتی x-y قرار گرفته باشد و r تابعی از x,y,z باشد خواهیم داشت (Parker, 1973):

$$\vec{r} = r - \hat{z}\hat{z}.r \qquad (۱)$$

تبدیل فوریه میدان پتانسیل فوق با استفاده از سری تیلور به شرح زیر است:

$$F(U) = 2\pi G\rho \exp(-|\vec{k}|z_0)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{|\vec{k}|^{n-2}}{n!}F[h^n(\vec{r})] \qquad (۲)$$

در صورتی که $\nabla^2 U = 0$ و $(z_0 > \max\{h(\vec{r}_0)\})$ باشد، بر اساس تغییرات شتاب یعنی $\Delta g = \partial U/\partial z$ و رابطه تبدیل فوریه آن یعنی: $F[\Delta g] = -|\vec{k}|F[U]$ رابطه تبدیل فوریه را به شکل زیر می‌توان نوشت:

$$g = 2\pi G\rho.e^{-|k|z}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{|k|^{n-1}}{n!}F[X^n] \qquad (۳)$$

که در این رابطه؛ K عدد موج و F[x] نماد تبدیل فوریه است. برای داده‌های مغناطیسی بر اساس رابطه بین بی‌هنجاری مغناطیسی و میدان مغناطیس داریم: $\Delta|B| = \hat{B}_0.\Delta B$ که در آن $\hat{B}_0$ بردار واحد میدان مغناطیسی زمین و ΔB میدان آشفته مغناطیس است. همچنین با توجه به رابطه (۳) می‌توان رابطه مشابه‌ای برای میدان مغناطیسی به شکل زیر نوشت (Blakely, 1996).

$$F[\Delta|B|] = \frac{1}{2}\mu_0 e^{-|\vec{k}|z_0} \hat{B}_0.(i\vec{k},|\vec{k}|)\hat{M}_0.(i\vec{k},|\vec{k}|) (1-e^{-|\vec{k}|h_0}))\sum_{n=0}^{\infty}\frac{|\vec{k}|^{n-2}}{n!}F[M(\vec{r})h^n(\vec{r})] \qquad (۴)$$

شکل ماتریسی برای g، m و x (g از رابطه ۳ و m از رابطه ۴ گرفته می‌شود)، عبارت‌اند از:

$$\begin{bmatrix} G \\ M \end{bmatrix}[x] = \begin{bmatrix} g \\ m \end{bmatrix} \qquad (۵)$$

چون دو دسته داده گرانی و مغناطیس دارای واحدها و بزرگی متفاوتی هستند، بنابراین برای به تعادل رساندن شاخص‌های آن‌ها در وارون‌سازی لازم است که یکی و یا هر دوی آن‌ها وزن‌دار شوند.

به عنوان نمونه اگر مقادیر عددی M و m نسبت به مقادیر G و g بزرگ‌تر باشند در وارون‌سازی داده‌های مغناطیسی غالب شده و به نوعی می‌توان گفت که اثر داده‌های گرانی سنجی از بین می‌رود (Vozoff & Jupp, 1975; Serpa & Cook, 1984). بنابراین روش تجربی مورد استفاده توسط محققین کاربرد ضریب وزنی روی معادلات مربوطه برای به تعادل رساندن آن‌ها است، پس رابطه ۵ به صورت زیر خواهد شد (Pilkington, 2006):

$$\begin{bmatrix} wG \\ M \end{bmatrix}[x] = \begin{bmatrix} wg \\ m \end{bmatrix} \qquad (۶)$$

w یک ضریب وزنی عددی است.

پس از برداشت داده‌های گرانی و مغناطیس برای تعیین پارامترهای مدل می‌توان مسئله را به‌صورت زیر فرمول‌بندی کرد:

$$d_i = \sum_{j=1}^{p} G_{ij} m_j \qquad (۷)$$

در این رابطه d_i مقادیر مشاهده‌ای، G کرنل تابع و m_j پارامتر مجهول است. البته بین مقادیر واقعی و مقادیر محاسبه‌ای یا تخمینی همواره اختلاف وجود دارد که به عنوان خطا و با حرف e نمایش داده می‌شود. حال برای وارون‌سازی ترکیبی دوسری از داده‌ها مانند داده‌های گرانی و مغناطیس روابط به صورت زیر خواهد بود (Drahos, 2008):

$$\begin{aligned} d_1 &= G_1(m) + e_1 \\ d_2 &= G_2(m) + e_2 \end{aligned} \qquad (۸)$$

در روابط بالا e_1 و e_2 نوفه یا همان خطاست. اگر انحراف معیار استاندارد برای e_1 و e_2 به ترتیب σ_1 و σ_2 باشد.

اگر σ_1 و σ_2 معلوم باشد و در حالت کمینه ضریب‌های وزنی به شکل زیر به دست می‌آید (Drahos, 2008):

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{1}{2\sigma_1^2} \\ w_2 &= \frac{1}{2\sigma_2^2} \end{aligned} \qquad (۹)$$

بر اساس رابطه ۹ ضریب وزنی به وسیله انحراف معیار محاسبه می‌گردد (Drahos, 2008) و در بسیاری از تحقیقات وارون‌سازی ترکیبی از این روش استفاده گردیده است.

در این تحقیق با استفاده از داده‌های گرانی و مغناطیس واقعی مربوط به منطقه گرمسار، دقت عملیات و تأثیر آن بر روی داده‌ها بررسی گردید.

۳- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان سمنان و در شهرستان گرمسار، ناحیه‌ای به شعاع تقریبی ۱۰ کیلومتر است و محدوده‌ای به وسعت تقریبی ۲۱۲ کیلومترمربع را شامل می‌شود. طول جغرافیایی منطقه از "52.17'.54 الی "52.3'.56 و عرض جغرافیایی از "35.20'.56 الی "35.10'.3 متغیر بوده و ارتفاع متوسط از سطح دریا بین ۱۳۰۰-۸۰۰ متر است.

با توجه به زمین‌شناسی منطقه که در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه گردیده است؛ قسمت‌های شمال غربی و جنوب شرقی منطقه پوشیده از رسوبات کواترنر و قسمت‌های وسیعی از منطقه نیز شامل تناوبی از سنگ گچ و نمک و به طور محلی گدازه‌های آندزیتی، داسیتی، آگلومرا و توف به سن الیگوسن است (سازند قرمز تحتانی).

در قسمت‌های شمال شرقی منطقه رخنمونی از سنگ آهک و مارن (سازند قم) و ماسه‌سنگ با میان لایه سنگ گچ به سن نئوژن (سازند قرمز فوقانی) به طور پراکنده در قسمت‌های شمال شرقی و جنوب غربی دیده می‌شود. کنگلومرا به سن میوپلیوسن (سازند هزاردره) و کنگلومرا به سن میو–پلیستوسن (سازند کهریزک) نیز به صورت پراکنده در منطقه مشاهده می‌گردد (شکل ۱).

بی‌نظمی شدید حاصل از حرکات نمک توأم با تکتونیک جوان منطقه باعث شده است تا نتوان ردیف رسوبی دقیقاً مشخصی را ارائه داد؛ اما می‌توان واحدهای سنگ‌شناسی مشخصی را در این مجموعه تفکیک نمود.

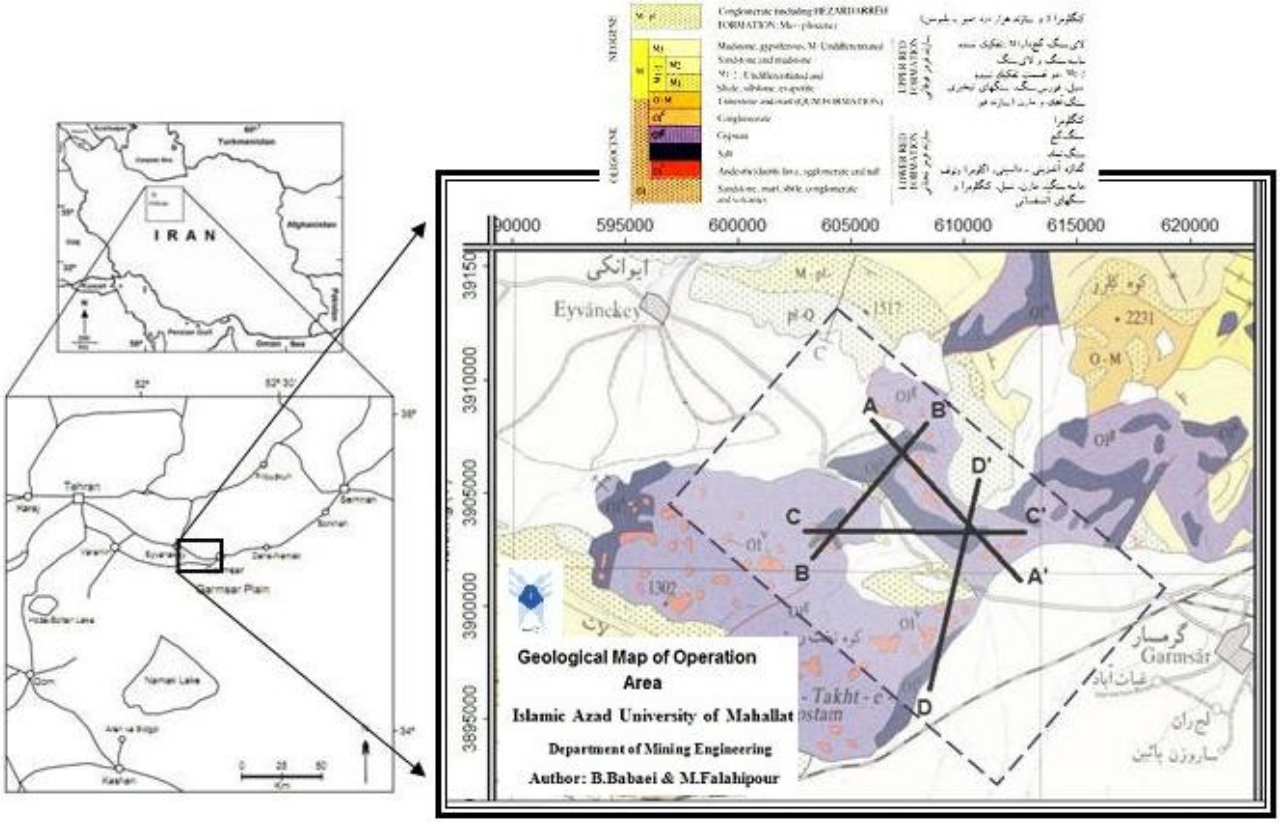
با توجه به گسترش زیاد دیاپیر در ناحیه گرمسار و مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته یک نظم کلی چینه‌شناسی را می‌توان در دیاپیرهای ناحیه گرمسار و منطقه مورد مطالعه تشخیص داد. هر چند ضخامت واحدهای آن به سرعت تغییر می‌کند و گاه یک واحد به طور کلی حذف می‌شود (شکل ۱).

ساختار زمین‌شناسی کنونی منطقه گرمسار نیز تحت تأثیر دو عامل دیاپیریسم و گسلش‌هایی با انواع متفاوت گسل‌های تراستی شرقی ـ غربی، گسل‌های تراستی با امتداد شمال شرق ـ جنوب غرب و گسل‌هایی با امتداد شمالی ـ جنوبی که گاهی به سمت جنوب شرق تمایل پیدا می‌کنند، قرار گرفته است (شکل ۱).

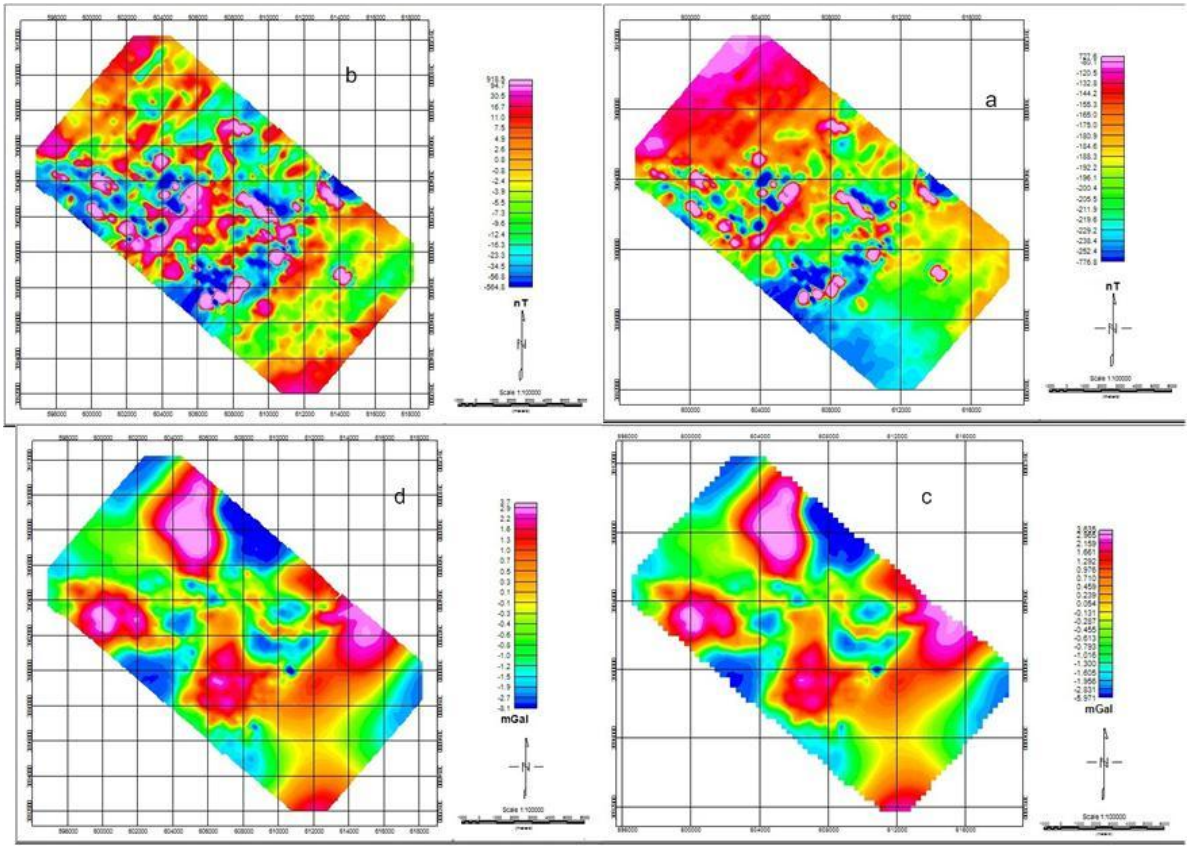
۴- شرح عملیات

عملیات داده‌برداری گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی در منطقه‌ای به وسعت ۲۱۲ کیلومتر مربع در شرق ایران که در ۴۰ خط برداشت به فاصله یک کیلومتر از همدیگر که فاصله نقاط برداشت ۵۰۰ متر است، در شبکه‌ای منظم (در بعضی مناطق با توجه به شرایط ناهمواری‌های سطح زمین به صورت غیرمنظم) و به تعداد ۱۵۹۷ ایستگاه انجام پذیرفته است.

پس از انجام تصحیحات، بی‌هنجاری بوگه در گرانی‌سنجی و بی‌هنجاری شدت کل مغناطیسی با استفاده از نرم‌افزار Geosoft به دست آمد و سپس با روش ارتونرمال (در واقع در این روش بی‌هنجاری‌های ناحیه‌ای و باقی‌مانده بر اساس بهترین برازش یک منحنی به داده‌های بوگه با استفاده از توابع ریاضی ارتونرمال انجام می‌گیرد) بی‌هنجاری باقی‌مانده و ناحیه‌ای محاسبه شد. پس از بررسی‌های انجام شده در داده‌های حاصله از گرانی و مغناطیس و تفکیک بی‌هنجاری‌های بوگه و شدت کل مغناطیسی با استفاده از روش تحلیل روند سطحی و توابع ارتونرمال، مشخص گردید که مقادیر باقی‌مانده‌های درجه سوم برای گرانی و مغناطیس انطباق بیشتری با روندهای زمین‌شناسی و لایه‌های گچی و نمکی موجود در منطقه را دارد. لذا وارون‌سازی، بر روی داده‌های حاصل از آنومالی باقی‌مانده‌های درجه سوم گرانی و مغناطیس در پروفیل‌های انتخابی انجام می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و پروفیل‌های انتخابی برای مدل‌سازی.



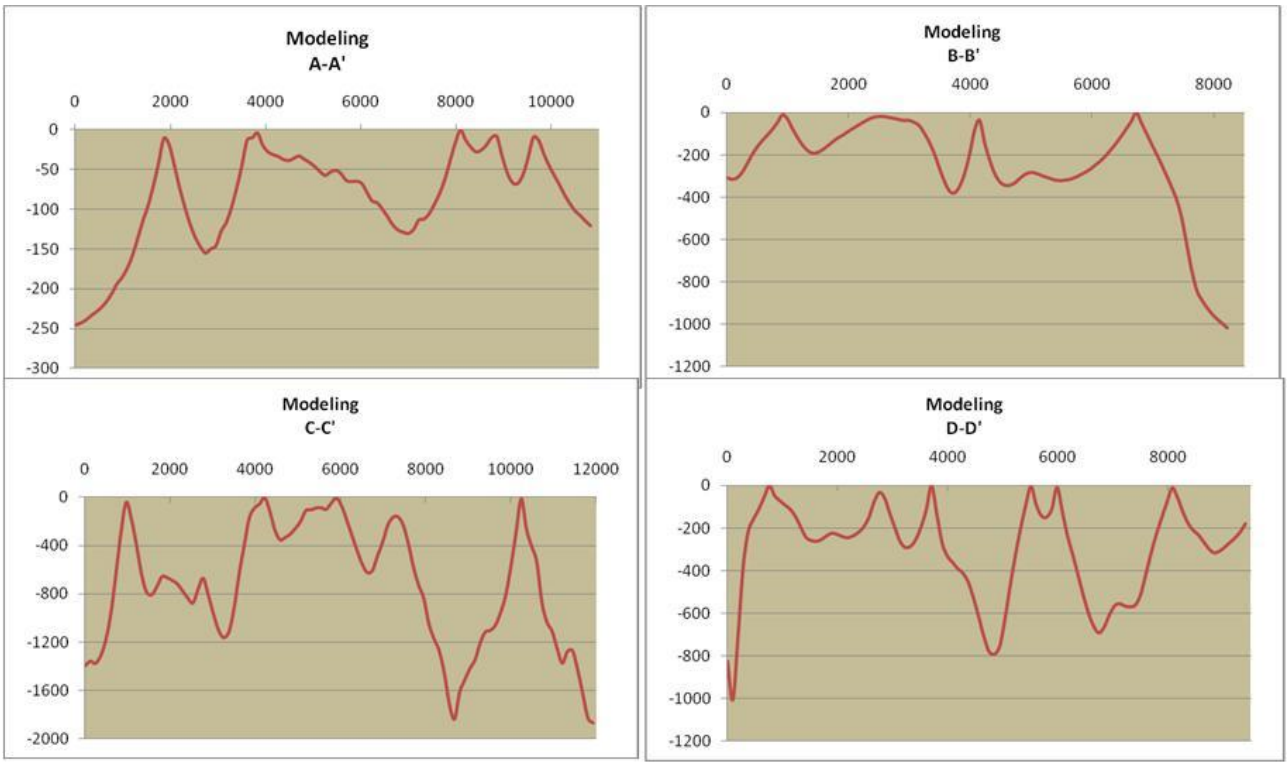
شکل ۲: (a) نقشه شدت میدان کل مغناطیسی، (b) آنومالی باقیمانده مغناطیسی از مرتبه سوم، (c) نقشه آنومالی گرانی بوگه،(d) آنومالی باقیمانده گرانی از مرتبه سوم.

پس از استخراج داده‌های پروفیل‌های انتخاب شده، مدل‌سازی وارون گرانی و مغناطیس بر روی آن‌ها انجام گرفت. مدل‌سازی وارون بر روی داده‌ها به وسیله نرم‌افزار ZondGM2D انجام گرفت که اساس مدل‌سازی وارون این نرم‌افزار بر پایه الگوریتم Li and oldenbenberg-Marquardt (کمترین مربعات غیرخطی) نوشته شده است؛ و در ادامه داده‌های حاصل از پروفیل‌های انتخابی استخراج گردید و برای وارون‌سازی ترکیبی با نرم‌افزار Matlab ویرایش شد. وارون‌سازی ترکیبی داده‌های حاصل از گرانی و مغناطیس‌سنجی با استفاده از برنامه‌نویسی در این نرم‌افزار، بر روی پروفیل‌ها اجرا گردید. نتایج حاصل از وارون‌سازی ترکیبی در شکل ۳ برای هر ۴ پروفیل نمایش داده شده است.

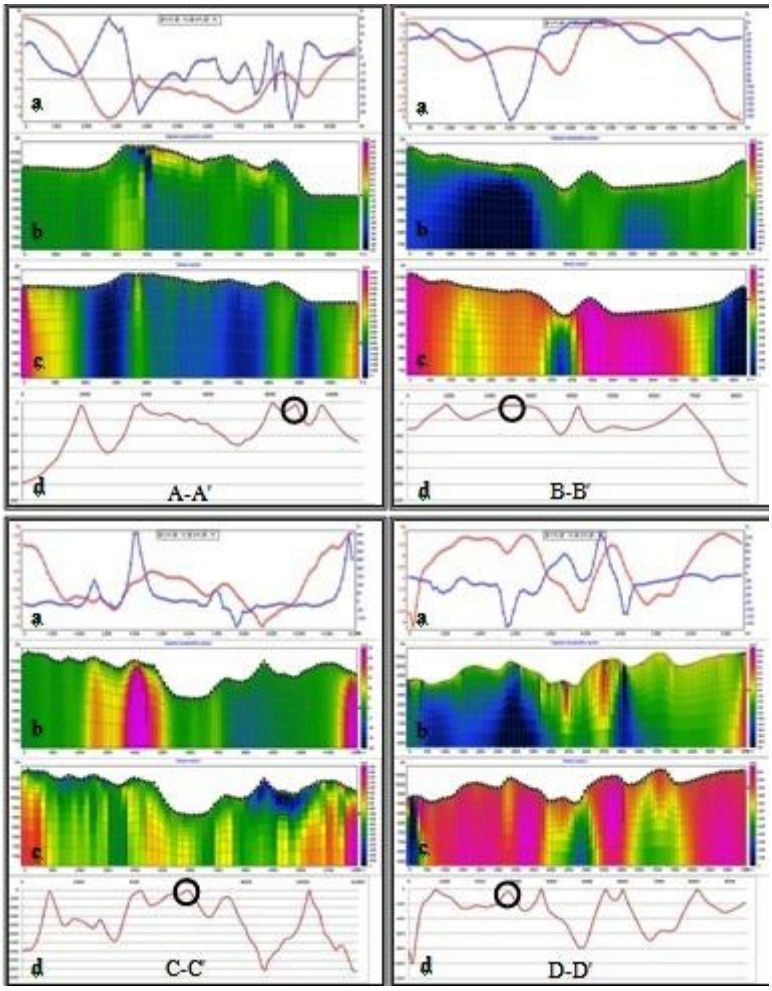
پس از این مدل‌سازی‌ها، تمامی پروفیل‌ها بر روی سطح با نقشه زمین‌شناسی مطابقت داده شده و ملاحظه گردید که توده‌های نمک در سطح به خوبی مدل شده‌اند؛ اما برای راستی آزمایی عمقی معکوس‌سازی ترکیبی، بر روی هر پروفیل نقطه‌ای انتخاب گردید؛ که در آن محل توده نمکی رخنمون داشته و معادن نمک را تشکیل داده است. به این ترتیب می‌توان از لحاظ عمقی نیز این مدل‌سازی را بررسی کرد. محل این نقاط انتخاب شده در شکل ۴ و بر روی هر پروفیل مشخص شده است. ضمناً برای راستی آزمایی دیگری، محل تقاطع پروفیل‌ها با یکدیگر مشخص گردیده و اطلاعات عمقی توده نمک در آن‌ها با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج این بررسی در جدول‌های ۱ و ۲ مشخص گردیده است. همان‌طور که در این جداول آورده شده است، عمق توده نمک مدل شده در تقاطع پروفیل‌ها با یکدیگر بسیار نزدیک به هم بوده و با دقت بالایی عمق توده نمکی تخمین زده شده است.

در شکل ۴، مدل‌سازی وارون و مدل‌سازی وارون ترکیبی برای هر پروفیل در کنار یکدیگر و همچنین نقطه انتخاب شده برای مقایسه عمق و دقت مدل‌سازی آورده شده است. در پروفیل A-A' عمق محاسبه شده برای توده نمک در مقطع گرانی ۳۰ متر و در مقطع مغناطیس ۷۰ متر به دست آمده است؛ حال آنکه در مدل وارون ترکیبی این عمق ۲۲ متر به دست آمده است. در پروفیل B-B' هم در نقطه انتخابی در مقطع گرانی آنومالی واضحی مشخص نیست و در مقطع مغناطیس نیز عمق توده در حدود ۶۰ متر به دست آمده، اما در مقطع وارون ترکیبی این عمق به ۲۵ متر کاهش یافته است.

در پروفیل C-C' نیز در مقطع مغناطیس آنومالی مشخصی دیده نمی‌شود و در مقطع گرانی نیز عمق توده نمک به حدود ۱۰۰ متر می‌رسد؛ در حالی‌که با مدل‌سازی وارون ترکیبی این عمق به ۱۹ متر کاهش یافته است. همچنین در پروفیل D-D' نیز عمق توده نمک در مقطع گرانی حدود ۳۰ متر و در مقطع مغناطیس حدود ۴۰ متر و در مقطع وارون ترکیبی ۳۱ متر به دست آمده است. این نتایج در جدول ۲ به صورت خلاصه نمایش داده شده است.



شکل ۳: مدل‌سازی توده‌های نمکی به دست آمده از وارون‌سازی ترکیبی در پروفیل‌ها مشخص شده در شکل ۱.



شکل ۴: نمایش داده‌های هر پروفیل(a) و مدل‌سازی وارون مغناطیس (b)، گرانی (c) و مدل‌سازی وارون ترکیبی عمقی (d) برای هر پروفیل و همچنین نقطه انتخاب‌شده برای مقایسه عمقی به شکل دایره‌ای کوچک.

جدول ۱: مقایسه عمق توده نمکی مدل شده در تقاطع پروفیل‌ها.

	Profiles	H (m)
محل تقاطع	A-A'	43.89
	B-B'	41.65
محل تقاطع	C-C'	39.16
	B-B'	31.2
محل تقاطع	A-A'	12.76
	C-C'	10.26
	D-D'	13.45

جدول ۲: مقایسه عمق توده نمکی مدل شده در نقطه انتخابی برای هر دو حالت مدل‌سازی.

نوع مدل	عمق توده در مدل‌سازی وارون گرانی (متر)	عمق توده در مدل‌سازی وارون مغناطیسی (متر)	عمق توده در مدل‌سازی وارون ترکیبی گرانی و مغناطیس (متر)
پروفیل 'A-A	۳۰	۷۰	۲۲
پروفیل 'B-B	-	۶۰	۲۵
پروفیل 'C-C	۱۰۰	-	۱۹
پروفیل 'D-D	۳۰	۴۰	۳۱

۵- نتیجه‌گیری

حرکت یکی از خواص مهم نمک در منطقه است و این پدیده را Salt Glacier می‌نامند؛ که در اثر نیروی ثقل و اختلاف ارتفاع دیاپیرهای نمک با دشت‌های مجاور پدید آمده است و نمک به سمت پایین جریان پیدا کرده است و لایه‌هایی از نمک را بر روی سطح تشکیل داده است. این حالت در توده‌های نمک منطقه باعث ایجاد آشفتگی در شناخت تنوره‌های نمکی بالا آمده شده است. به طوری‌که مدل‌سازی‌های به دست آمده در واقع تنوره‌های نمکی را مشخص ساخته و لذا اختلاف‌هایی در مدل‌های ایجاد شده با سطح زمین دیده می‌شود؛ که ناشی از همین حرکت نمک بر روی سطح است. همچنین در این روش پذیرفتاری مغناطیسی و چگالی سنگ‌ها ثابت فرض شده است؛ در صورتی که در طبیعت سنگ‌ها دارای پذیرفتاری و چگالی‌های متغیری می‌باشند. به همین دلیل خطا در داده‌های واقعی نسبت به داده‌های مصنوعی معمولاً بیشتر است.

با توجه به رسوبی بودن حوزه مورد مطالعه و همچنین تغییرات خودپذیری یکسان و عدم خاصیت پسماند مغناطیسی در این سازندها، وارون‌سازی ترکیبی داده‌های گرانی و مغناطیس، توده‌های نمک در منطقه را با دقت خوبی مدل کرده و عمق تنوره‌های نمکی را معین نموده است.

۶- منابع

Abdelrahman, E.M., El-Araby Soliman, T.M., Essa, K.S. and Abo-Ezz, E.R., 2007, Least-squares minimization approaches to interpret total magnetic anomalies Due to spheres, Geophys, 164, 1045-1056.

Aster, R.C., Borchers, B. and Thurber, C., 2003, Parameter Estimation and Inverse Problems, Compute and Geosciences, 364 P.

Benech, C., Tabbagh, A. and Desvignes, G., 2002, Joint inversion of EM and magnetic data for near-surface studies:Geophysics, 67 (6), 1729-1739.

Boschetti, F., Dentith, M. and List, R., 1997, Inversion of potential field data with genetic algorithms, Geophysical Prospecting, 45, 461-478.

Blakely, R.J., 1996, Potential theory in gravity and magnetic applications, Cambridge university press, 425 P.

Castro, D., Pedrosa, N.C. and Santos, F.A., 2011, Gravity-geoelectric joint inversion over the Potiguar rift basin, NE Brazil, Journal of Applied Geophysics, 75, 431-443.

Chenot, D. and Debeglia, N., 1990, Three-dimensional gravity or magnetic constrained depth inversion with lateral and vertical variation of contrast, Geophysics, 55 (3), 327-335.

Drahos, D., 2008, Determining the objective function for geophysical joint inversion, Geophysical transactions, 45 (3), 105-121.

Dobrin, M.B. and Savit, C.H., 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, 4th Edition, Mc Graw-Hill.

Marquardt, D., 1963, An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters, SIAM J. Appl. Math., 11, 431-441.

Fregoso, E. and Luis, A., 2009, Cross-gradients joint 3D inversion with applications to gravity and magnetic data, Geophysics, 74 (4), 31-42.

Guillen, A. and Menichetti, V., 1984, Gravity and magnetic inversion with minimization of a specific functional, Geophysics, 49, 1354-1360.

Levenberg, K., 1944, A method for the solution of certain problems in least squares, Quart. Appl. Math, 2, 164-168.

Luis, A.G. and Antonio, M.P., 2003, A versatile algorithm for joint 3D inversion of gravity and magnetic data, Geophysics, 68 (3), 949-959.

Marquardt, D.W., 1963, An algorithm for Least-square estimation of Non- Math works TM, The language of Technical Computing, 543 P.

Menke, W., 1989, Geophysical data analysis Discrete inverse theory, Academic press Inc, 285 P.

Milbury, C.A., Raymond, C.A, Jewell, J.B., Smreka, S.E. and Schubert, G., 2005, Joint inversion and forward modeling of gravity and magnetic data in the Ismenius Regon of Mars: 1University of California, Los Angeles, Department of Earth and Space Sciences, 595 Charles Young Drive East, Box 951567, Los Angeles, 128.

Praasnis, D.S., 1997, Principles of applied geophysics, Chapman & Hall, 429 P.

Parker, R.L., 1973, The Rapid Calculation of Potential Anomalies, Geophys. J. R. astr. Soc., 31, 447-455.

Parker, R.L., 1974, Best bounds on density and depth from gravity data, Geophysics, 39, 644-649.

Parker, R.L. and Huestis, S.P., 1974, Inversion of magnetic anomalies in the presence of topography, Journal of Geophysical Research, 79, 1587-1593.

Pilkington, M., 2006, Joint inversion of gravity and magnetic data for two-layer models, Geophysics, 71 (3), 35-42.

Shamsipour, P., Marcotte, D. and Chouteau, M., 2012, 3D stochastic joint inversion of gravity and magnetic data, Journal of Applied Geophysics, 79, 27-37.

Serpa, L.F. and Cook, K.L., 1984, Simultaneous inversion modeling of gravity and aeromagnetic data applied to a geothermal study in Utah, Geophysics, 49, 1327-1337.

Smith, R.A., 1959, Some depth Formulae for Local magnetic and gravity anomalies, Geophysical Prospecting, 7, 55-63.

Talwani, M., Worzel, J. and Landisman, M., 1959, Rapid gravity computations for tow-dimensional bodies with application to the Mendicino submarine fracture zone, Geophys J. Res., 64, 49-59.

Talwani, M. and Ewing, M., 1960, Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape, Geophysics, 25, 203-225.

Vozoff, K. and Jupp, D.L.B., 1975, Joint inversion of geophysical data, Geophys. J. R. astr. Soc., 42, 977-991.

Zeyen, H. and Pous, J., 1993, 3-D joint inversion of magnetic and gravimetric data with a priori information, Geophysical Journal International, 112, 244-256.

Shahrood University of Technology

JOURNAL OF RESEARCH ON APPLIED GEOPHYSICS

(JRAG)

2017, VOL 2, NO 2

(DOI): 10.22044/JRAG.2016.818

Identification of salt structures using combined inverse modeling of gravity and magnetic data in Garmsar area

Behnam Babaei [1], Mohammadali Aliabadi [1], Mahdi Falahipour[2] and Hamid Reza Baghzendani[3*]

1- Assistant Professor, School of Mining and Petroleum, Mahallat Azad University, Mahallat, Iran
2- M.Sc. in Mine Exploration Engineering, Oil Exploration Operations Company, Tehran, Iran.
3- M.Sc. in Geophysics (Gravimetry), Iran

Received: 12 September 2016; Accepted: 8 December 2016

Corresponding author: hbaghzendani@yahoo.com

Keywords

Gravity
Magnetic
Joint Inversion
Weighting Factor

Extended Abstract

Summary

Magnetic and gravity geophysical survey methods are mainly used in preliminary stages of exploration activities to achieve a general structural image of the area, and consequently, to obtain information as a basis for future exploratory stages. One of the most important issues in the interpretation of gravity and magnetic data is to use modeling methods in order to accurately identify subsurface structures. One of the procedures in modeling process is the inversion of gravity and magnetic data. In general, the inversion of geophysical data reveals two sets of parameters, namely physical and geometric parameters, for each of the subsurface structures. Inverse modeling of the acquired gravity and magnetic data have been used to identify the mass of salt in Garmsar area. In this regard, first, the results of inverse modeling of both sets of gravity and magnetic data have been compared, and then, combined inverse modeling of the data has been made. Based on the results of this study, a combination of magnetic and gravity data inversion using appropriate weighted coefficients is recommended.

Introduction

As there is a close relationship between gravity and magnetic methods, these two methods are set into the group of potential field geophysical methods. Inverse modeling of geophysical data leads to determination of physical and geometric parameters of subsurface structures. Combined inversion of the data from gravity and magnetic methods has been used in this study to identify subsurface salt structures in Garmsar area

Methodology and Approaches

After applying necessary correction on both gravity and magnetic data, the Bouguer anomaly in gravity method and total intensity anomaly in magnetic method were obtained. Then, inverse modeling of the gravity and magnetic data was performed using ZondGM2D software, and finally, combined inversion of the data was made by coding in MATLAB software.

Results and Conclusions

The inverse modeling results of the acquired gravity and magnetic data in the study area indicate chimney salt masses. The movement of salt toward the ground surface has created differences in the models. Integrated inversion of the gravity and magnetic data has resulted in determination of the depth and lateral spreads of salt bodies in the subsurface of the area with good accuracy.