

# مدل سازی وارون دو بعدی غیر خطی داده‌های گرانی سنجی منطقه مغان با استفاده از روش مارکوارت-لونیبرگ

علی نجاتی کلاته<sup>۱\*</sup>، وحید ابراهیم زاده اردستانی<sup>۱</sup>، ابراهیم شاهین<sup>۲</sup>، سید هانی متولی عنبران<sup>۲</sup>، شهاب قمی<sup>۳</sup> و احسان جوان<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

<sup>۳</sup> مدیریت اکتشاف نفت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۴/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۵/۲۳

## چکیده

در این مقاله مدل سازی وارون غیرخطی داده‌های گرانی سنجی برای تعیین هندسه سنگ بستر مورد نظر بوده است به طوری که با کمترین اطلاعات اولیه زمین شناسی، بهترین ساختار نزدیک به واقعیت زمین شناسی را نتیجه دهد. در روش ارائه شده هندسه سنگ بستر با یک سری منشورهای کنار هم چیده شده تقریب زده می شود و در نهایت طول این منشورها، عمق سنگ بستر را به دست می دهد. در الگوریتم تهیه شده، از یک روند تکرار غیرخطی برای شبیه سازی هندسه سنگ بستر استفاده می شود. در گام اول با استفاده از یک تقریب مناسب و با استفاده از روش های استاندارد، مسئله غیرخطی به یک مسئله خطی تبدیل می شود. در گام دوم با استفاده از تمامی اطلاعات اولیه، مدل طراحی و به اصطلاح مدل متغیری (پارامتری) می شود. در گام بعدی یک مدل اولیه منطبق بر تمامی فرضیات ژئوفیزیکی و زمین شناسی پیشنهاد می شود و با استفاده از تجزیه عددی، ماتریس های مشتقات جزئی برای مدل محاسبه می شود. روند وارون سازی بر مبنای روش مارکوارت-لونیبرگ، در تکرارهای مختلف با توجه به میزان تطابق میان داده های واقعی و محاسبه ای، مدل اولیه را بهبود می بخشد. در این روند از خطی سازی مدل، توسط تجزیه عددی در نزدیکی مدل اولیه و محاسبه دوباره ماتریس مشتقات جزئی استفاده می شود تا بهترین تطابق میان داده های اندازه گیری و محاسبه ای ایجاد شود. به منظور نشان دادن قابلیت این روش، مدل سازی برای داده های مصنوعی با نوفه و بدون نوفه صورت گرفته است. داده های واقعی مورد استفاده، داده های گرانی سنجی مربوط به ناحیه مغان است که نتایج حاصل با واقعیت زمین شناسی منطقه تطابق بسیار خوبی دارد.

**کلید واژه ها:** گرانی سنجی، وارون سازی، سنگ بستر، روش مارکوارت-لونیبرگ

\*نویسنده مسئول: علی نجاتی کلاته

## ۱- مقدمه

دارد که اطلاعات ورودی متعددی نمی خواهد و تفسیر، کماکان اتوماتیک است و تنها به داده های گرانی و یک تباین چگالی بین سنگ بستر و رسوبات بالای آن نیاز است و در صورتی که بخواهیم جوابی بهتر و مطمئن تر حاصل کنیم، می توانیم اطلاعات ورودی بیشتری از جمله بیشینه و کمینه ژرفای سنگ بستر را که از داده های چاه و یا اطلاعات زمین شناسی منطقه حاصل شده است نیز وارد کنیم که همگرایی جواب را آسان می کند. در این روش ژرفای بالای سنگ بستر در زیر هر نقطه بی هنجاری گرانی مشاهده ای در طول مقطع تعیین می شود. از آنجایی که بی هنجاری های گرانی دارای مؤلفه هایی از اثرات منطقه ای هستند، بی هنجاری منطقه ای نیز باید تعیین شود.

ورودی شامل بی هنجاری گرانی،  $g$ ،  $\Delta$ ، با فواصل یکسان روی یک نیمرخ و ژرفای  $Z$  مربوط به ساختار یا سطح تغییر چگالی که مورد بررسی است و تباین چگالی  $\sigma$  است. ساختار سنگ بستر با یک سری منشورهای کنار هم چیده شده معادل سازی می شود (شکل ۱). هر کدام از منشورها زیر یک نقطه بی هنجاری قرار داشته و در نهایت ژرفای  $ZT$  مربوط به بالای این منشورها تعیین می شود. برآورد ساده ای که استفاده می شود آن است که گرادیان قائم بی هنجاری گرانی هر منشور، روی گسترش ژرفای منشور یا افزایش جزئی آن، ثابت است و سهم آن در بی هنجاری هر نقطه یک ضرب ساده مشتق در ستبر (یا افزایش ستبر) است. فرض می شود مقطع بی هنجاری به طور کامل ساختار را پوشش می دهد، بنابراین ابتدا و انتهای مقطع بی هنجاری آزادانه صفر می شود.

فرض دیگر آن است که مقطع دارای یک روند خطی اثر منطقه ای با معادله  $AX+B$  می باشد. بی هنجاری گرانی  $\Delta g(k) = \Delta g(x_i)$  در هر نقطه  $P(x_i)$ ، که نتیجه سطح با ساختار منشوری است (شکل ۱)، می تواند طبق معادله اثر گرانی یک دایک

محاسبه ژرفای سنگ بستر در حوضه های رسوبی یک تمرین کلاسیک در اکتشافات منطقه ای و هیدروکربنی است. توصیف ابهامات مربوط به تفسیر داده های گرانی توسط Roy (1962) و Rao & Murthy (1978) سرانجام به این نتیجه منجر شد که برای چیرگی بر این ابهامات می توان از یک شکل هندسی ریاضی با تباین چگالی معین استفاده کرد. پرکاربردترین مدل های هندسی ریاضی برای مدل سازی سنگ بستر، یکی مدل جمع منشوری (Bott (1960) و دیگری مدل چند ضلعی (Talwani et al. (1959) است. در روش تفسیری (Bott (1960) مقطع حوزه رسوبی با یک سری منشورهای کنار هم چیده شده با پهنای یکسان تقریب زده می شود، در حالی که در روش چند ضلعی (Talwani et al. (1959) مقطع حوزه رسوبی با یک  $n$  ضلعی تقریب زده می شود. در اکثر الگوریتم هایی که از این دو روش هندسی بهره می برند، فرض می شود که چگالی حوزه بالای سنگ بستر ثابت است و به طور کلی یک چگالی ثابت به مدل نسبت داده می شود (Morgan & Grant, 1963; Bhattacharya & Navolio, 1975). در نهایت الگوریتم Marquardt (1963) برای حل مسئله وارون برای پیدا کردن مقدار ژرفای بستر حوزه رسوبی از بی هنجاری گرانی مشاهده ای استفاده شده است.

## ۲- فرضیه روش مورد استفاده در تهیه الگوریتم رایانه ای

با تأملی بر روش های مختلف در مدل سازی سنگ بستر خواهیم دید که هر کدام محاسن و معایبی دارد که با توجه به اطلاعات اولیه و داده های ورودی، که در اختیار مفسر است، و نوع مدل سازی مورد نظر، می توان یکی را انتخاب کرد. آنچه که مشخص است در حالت کلی، روش انتخاب شده در این مقاله این مزیت را



تکرار اول نشان داده شده است. ماتریس تحلیل داده‌ها دارای یک باند پهن قطری است که بیانگر نبود تطابق داده‌های ناشی از مدل مصنوعی و داده‌های وارون شده است. ماتریس تحلیل متغیرهای مدل نیز دارای یک باند پهن قطری است که نشان می‌دهد ژرفای بلوک‌ها در تکرار اول با دقت بالا تعیین نشده است.

در شکل ۱۸ و ۱۹ نتایج وارون‌سازی در تکرار هشتم با نوفه آمده است. در شکل ۲۰ و ۲۱ ماتریس‌های تحلیل متغیرهای مدل و ماتریس تحلیل داده‌ها در تکرار هشتم رسم شده‌اند که به صورت نوار قطری هستند که از تعیین درست متغیرهای مدل و تطابق دقیق داده‌های وارون شده و مدل مصنوعی حکایت دارد. در نهایت خطای میانگین مجذور RMS در شکل ۲۲ رسم شده است مانند مثال قبلی همگرایی بالای مدل در کم کردن خطا بسیار قابل توجه است.

#### ۴- مدل‌سازی واقعی داده‌های گرانی سنجی

به منظور مدل‌سازی داده‌های گرانی سنجی یک نیمرخ از داده‌های برداشت شده توسط شرکت ملی نفت ایران، مربوط به ناحیه مغان انتخاب شده است. نیمرخ مزبور (Pt-1) در شکل ۲۳ بر روی نقشه بی‌هنجاری باقیمانده ۱ نشان داده شده است.

وجود چشمه‌های نفتی در حوضه مغان و نزدیکی به میادین نفتی آذربایجان باعث توجه شرکت‌های نفتی ایران به امکانات نفتی این حوضه شده است. عملیات زمین‌شناسی مقدماتی این ناحیه در طول سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۵۶ توسط زمین‌شناسان شرکت ملی نفت ایران انجام گرفته است و عملیات شناسایی دقیق‌تر زمین‌شناسی از سال ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۱ توسط شرکت فرانسوی انجام شد و سازندهای آن شناسایی، نام‌گذاری و ساختمان‌های موجود، بررسی مقدماتی و امکانات نفتی آنها ارزیابی شده است. در سال‌های اخیر با توجه به نیاز روز افزون منابع هیدروکربوری این ناحیه مورد توجه دوباره واقع شده است. از این رو مطالعات ژئوفیزیکی گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در ناحیه یاد شده انجام پذیرفته است. نتایج مدل‌سازی روی داده‌های گرانی سنجی Pt-1 بعد از ۹ تکرار در شکل ۲۴ و ۲۵ نمایش داده شده است. تعداد داده‌ها ۵۹ و تعداد متغیرهای مدل ۵۷ است. فاصله داده‌های گرانی ۱ کیلومتر و طول کل نیمرخ در نظر گرفته شده حدود ۵۸ کیلومتر است.

تباین چگالی در نظر گرفته شده بین رسوبات و ناپوستگی بازالتی ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شده است و مدل اولیه با توجه به داده‌های لرزه‌نگاری ۱/۵ کیلومتر در نظر گرفته شده است. در شکل ۲۶ و ۲۷ ماتریس‌های تحلیل متغیرهای مدل و ماتریس تحلیل داده‌ها در تکرار نهم رسم شده‌اند که به صورت نوار قطری هستند که از تعیین درست متغیرهای مدل و تطابق دقیق داده‌های وارون شده و مدل مصنوعی حکایت دارد.

#### ۵- نتیجه‌گیری

با مقایسه نتایج وارون‌سازی گرانی‌سنجی و مقطع لرزه‌نگاری مشاهده می‌شود روش دقت قابل قبولی دارد. چنان‌که می‌توان ژرفای بالا آمدگی پی‌سنگ را که حدود ۵۵۰ متر واقع در ابتدای نیمرخ است، در شکل ۲۸ و ۲۵ آشکارا مشاهده کرد. در هر دو دسته نتایج مدل‌سازی معکوس گرانی و داده‌های لرزه‌نگاری تا حد زیادی روند و ساختار یکسانی را برای سنگ کف نشان می‌دهند. چنانچه از اطلاعات چاه‌های موجود در ناحیه در صورت وجود برای مدل‌سازی‌های معکوس داده‌های میدان پتانسیل مانند گرانی استفاده شود، می‌توان با دقت بالایی هندسه پی‌سنگ را تعیین کرد.

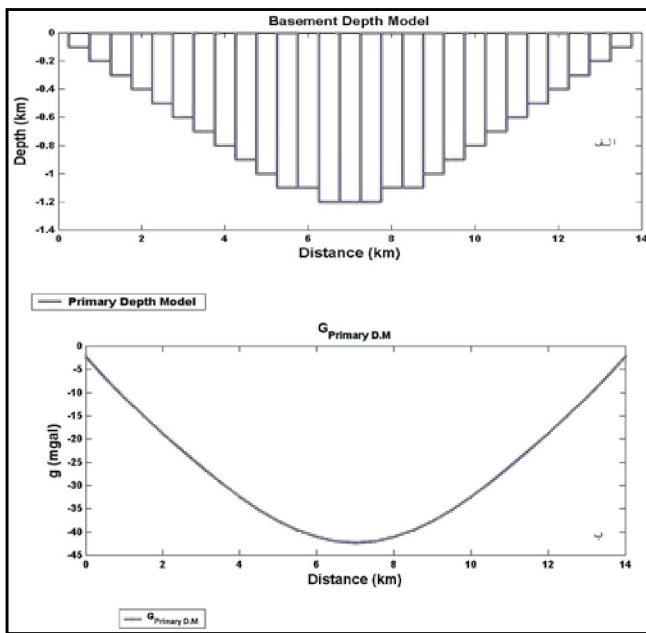
یکسان برای تمام بلوک‌ها در نظر گرفته شده است. برنامه پس از ۹ تکرار به یک همگرایی بالایی می‌رسد و مدل مصنوعی به صورت کامل بازسازی می‌شود. تفاوت بین گرانی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای از خطای  $RMS = 1407.4$  در تکرار اول به خطایی در حدود  $RMS = 6.81e^{-5}$  در تکرار نهم می‌رسد. از آنجا که تکرار اول در وارون‌سازی حل کمترین مربعات برای یک مسئله محسوب می‌شود نتایج وارون‌سازی بعد از تکرار اول در شکل ۳ و ۴ آمده است. در تکرار اول آشکارا می‌توان نبود تطابق میان داده‌های ناشی از مدل مصنوعی و داده‌های وارون شده را مشاهده کرد. در شکل ۵ و ۶ می‌توان ماتریس‌های تحلیل متغیرهای مدل و ماتریس تحلیل داده‌ها را نیز مشاهده کرد. ماتریس تحلیل داده‌ها یک باند پهن قطری دارد که بیانگر نبود تطابق کامل داده‌های ناشی از مدل مصنوعی و داده‌های وارون شده است. ماتریس تحلیل متغیرهای مدل نیز یک باند پهن قطری دارد که نشان می‌دهد ژرفای بلوک‌ها در تکرار اول با دقت بالا تعیین نشده است.

در شکل ۷ و ۸ نتایج وارون‌سازی در تکرار نهم آمده است. در شکل ۹ و ۱۰ ماتریس‌های تحلیل متغیرهای مدل و ماتریس تحلیل داده‌ها در تکرار نهم رسم شده‌اند که به صورت نوار قطری است که از تعیین درست متغیرهای مدل و تطابق دقیق داده‌های وارون شده و مدل مصنوعی حکایت دارد. در نهایت خطای میانگین مجذور RMS در شکل ۱۱ رسم شده است که همگرایی بالای مدل در کم کردن خطا بسیار قابل ملاحظه است.

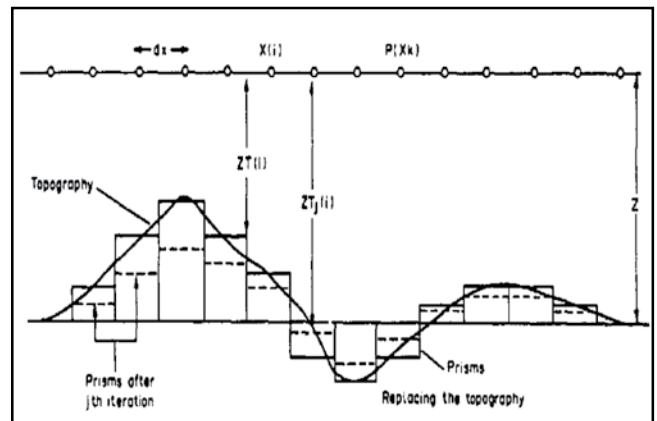
#### ۳-۲. مدل مصنوعی دوم = همراه با نوفه

دومین مدل مصنوعی به کار برده شده، سنگ بستری ۲ بعدی به طول ۱۴ کیلومتر است که شکل پیچیده‌تری نسبت به مثال اول داشته و دو فروافتادگی در سنگ بستر است که با دو ژرفای متفاوت ۱ و ۱/۳ کیلومتر با شیب‌های متفاوت از دو طرف در نظر گرفته شده است. در این مدل فرض شده است که داده‌های گرانی سنجی به فواصل مساوی ۵۰۰ متر بر روی یک نیمرخ با ۲۹ نقطه برداشت شده باشد. مدل مصنوعی و داده‌های مصنوعی ناشی از آن که حداکثر دارای ۶٪ نوفه میانگین داده‌ها هستند (اگر دقت دستگاه اندازه‌گیری برابر ۰/۰۱ میلی‌گال باشد، این میزان نوفه بیشینه برابر با ۱۷۰ برابر دقت دستگاه یعنی ۱/۷ میلی‌گال است)، به ترتیب در شکل ۱۲ و ۱۳ آمده است. نوفه همراه با داده‌های ژئوفیزیکی به طور معمول توزیع گوسی یا عادی دارد، بر همین اساس یک منحنی با توزیع گوسی یا عادی با میانگین صفر در نظر می‌گیریم و با توجه به درصد نوفه به سیگنال واریانس منحنی گوسی تعیین می‌شود. بر همین اساس دامنه به دست آمده از این منحنی به صورت تصادفی به داده‌ها اضافه می‌شود. مانند مثال قبل، ابتدا با استفاده از برنامه پیشرو اثر گرانی این مدل به دست آمده و سپس توسط برنامه مدل‌سازی وارون از این داده‌های مصنوعی به مدل سنگ بستری رسیده‌ایم.

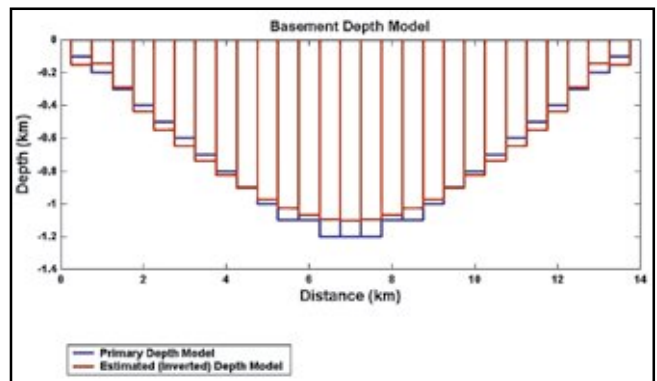
تباین چگالی مانند مثال قبل ۱- گرم بر سانتی‌متر مکعب است و برای شبیه‌سازی سنگ بستر از ۲۷ بلوک با عرض ۵۰۰ متر مانند مثال قبل استفاده شده است. ژرفای سنگ بستر اولیه برای شروع برنامه، ژرفای تخمینی ۷۰۰ متر به صورت یکسان برای تمام بلوک‌ها در نظر گرفته شده است. برنامه پس از ۸ تکرار به یک همگرایی بالایی می‌رسد و مدل مصنوعی به صورت مناسب بازسازی می‌شود. تفاوت بین گرانی مشاهده‌ای و محاسبه‌ای از خطای  $RMS = 1676.1$  در تکرار اول به خطایی در حدود  $RMS = 0.02$  در تکرار هشتم می‌رسد. از آنجا که تکرار اول در وارون‌سازی حل کمترین مربعات برای یک مسئله به شمار می‌رود، نتایج وارون‌سازی بعد از تکرار اول در شکل ۱۴ و ۱۵ آمده است. در تکرار اول آشکارا می‌توان نبود تطابق میان داده‌های ناشی از مدل مصنوعی و داده‌های وارون شده را مشاهده کرد. در شکل ۱۶ و ۱۷ ماتریس‌های تحلیل متغیرهای مدل و ماتریس تحلیل داده‌ها در



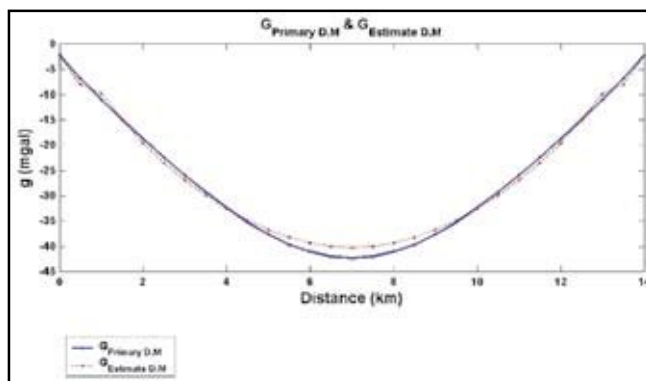
شکل ۱- الف) مدل مصنوعی سنگ بستر. ب) داده‌های بدست آمده از مدل مصنوعی مورد استفاده در وارون‌سازی



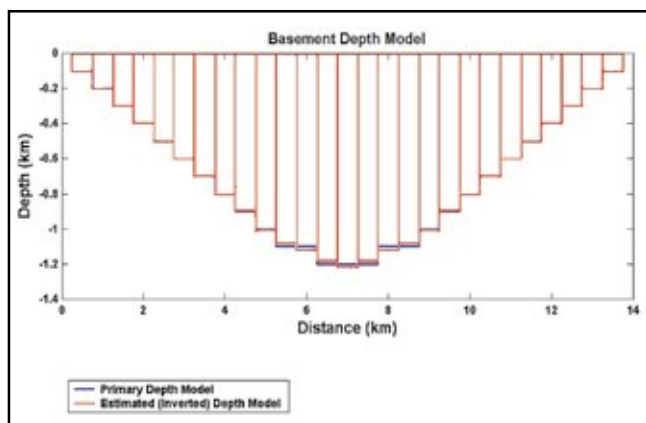
شکل ۲- پستی و بلندی سنگ بستر و مدلسازی آن با منشورهای دو بعدی (Radhakrishna et al. 1993)



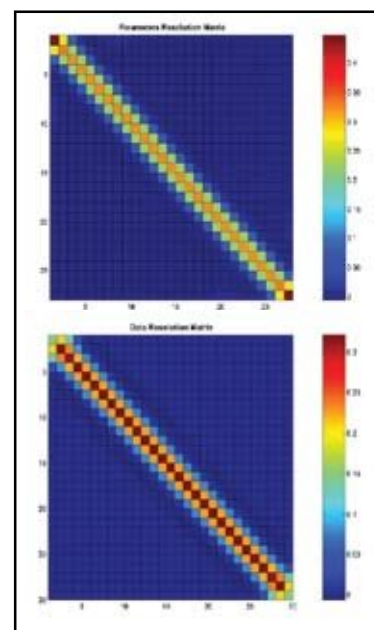
شکل ۳- نتایج وارون‌سازی در تکرار اول (کمترین مربعات)، در این شکل مدل مصنوعی با رنگ آبی و نتایج وارون‌سازی با رنگ قرمز رسم شده است.



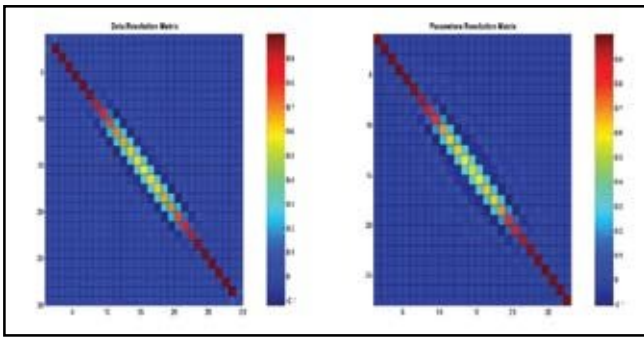
شکل ۴- داده‌های بدست آمده از مدل مصنوعی (رنگ آبی)، نتایج وارون‌سازی در تکرار اول یا کمترین مربعات (رنگ قرمز).



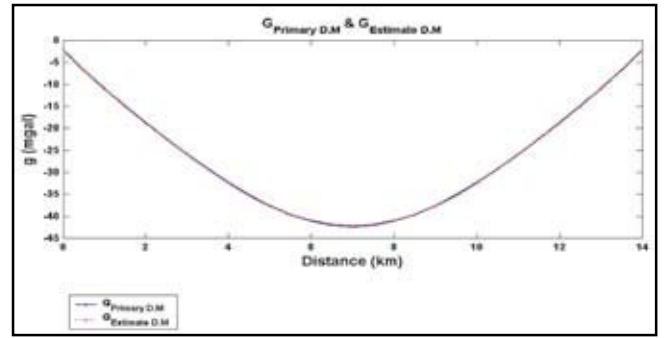
شکل ۵- ماتریس تحلیل متغیرهای مدل و داده به ترتیب از راست به چپ در تکرار اول وارون‌سازی با رنگ قرمز رسم شده است.



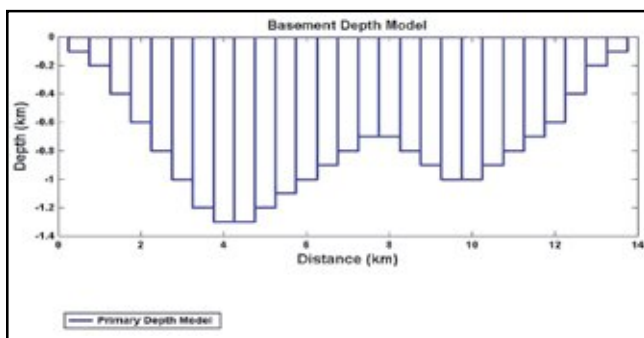
شکل ۶- ماتریس تحلیل متغیرهای مدل و داده به ترتیب از راست به چپ در تکرار اول



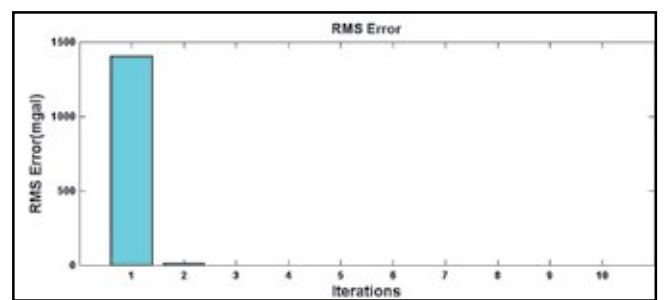
شکل ۹ و ۱۰ - ماتریس تحلیل متغیرهای مدل و داده به ترتیب از راست به چپ در تکرار نهم، به قطری و نواری بودن ماتریس‌ها که نشانگر دقت مدل‌سازی است توجه شود.



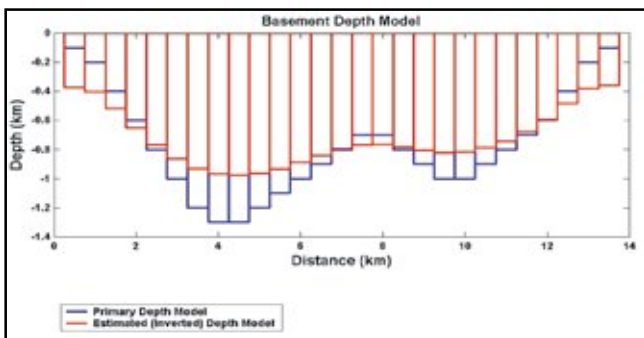
شکل ۸- داده‌های به دست آمده از مدل مصنوعی (رنگ آبی)، نتایج وارون‌سازی در تکرار نهم (رنگ قرمز).



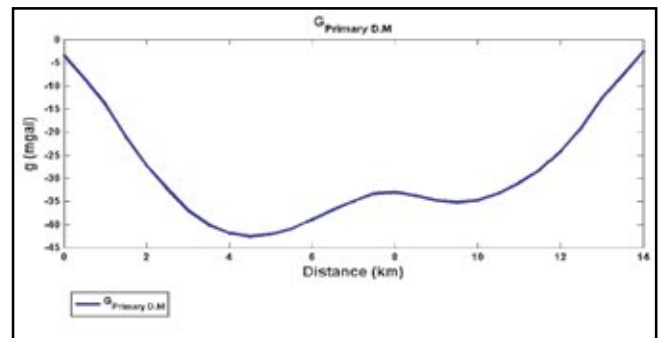
شکل ۱۲- مدل مصنوعی سنگ بستر



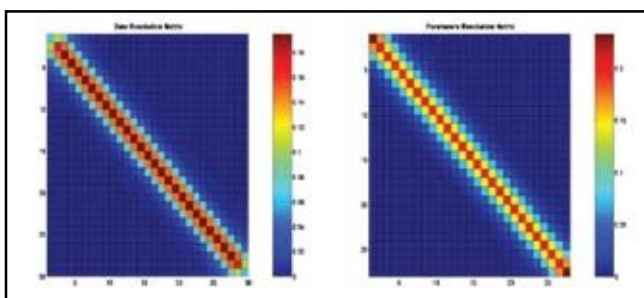
شکل ۱۱- خطای میانگین مجذور بعد از ۱۰ تکرار متوالی



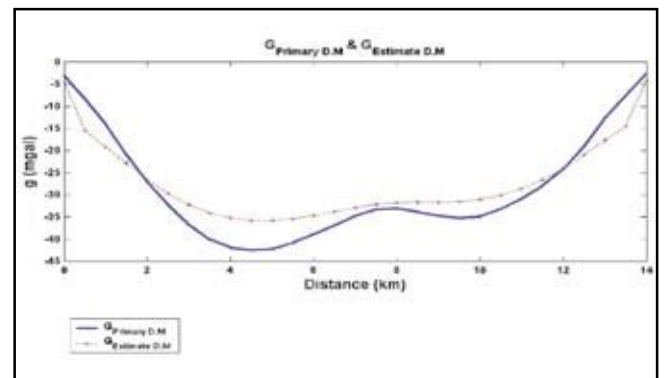
شکل ۱۴- نتایج وارون‌سازی در تکرار اول (کمترین مربعات)، در این شکل مدل مصنوعی با رنگ آبی و نتایج وارون‌سازی با رنگ قرمز رسم شده است.



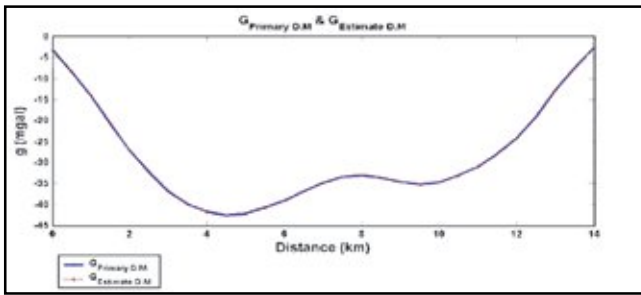
شکل ۱۳- داده‌های به دست آمده از مدل مصنوعی مورد استفاده در وارون‌سازی همراه با نوفه



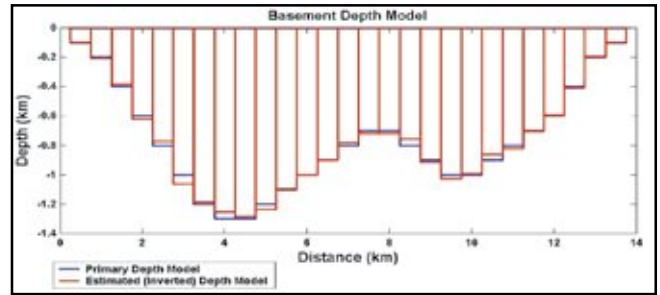
شکل ۱۶ و ۱۷- ماتریس تحلیل متغیرهای مدل و داده به ترتیب از راست به چپ در تکرار اول



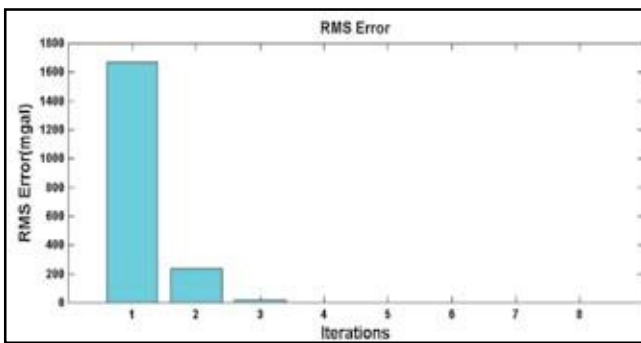
شکل ۱۵- داده‌های به دست آمده از مدل مصنوعی (رنگ آبی)، نتایج وارون‌سازی در تکرار اول یا کمترین مربعات (رنگ قرمز).



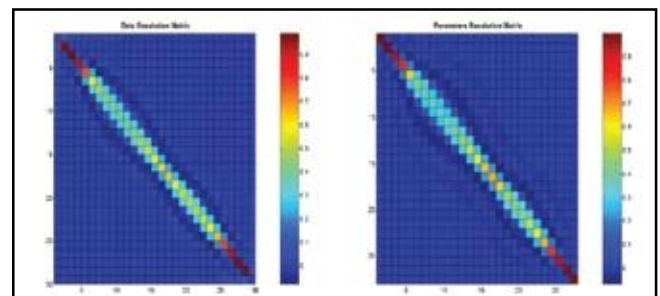
شکل ۱۹- داده‌های به دست آمده از مدل مصنوعی (رنگ آبی)، نتایج وارون‌سازی در تکرار هشتم (رنگ قرمز)



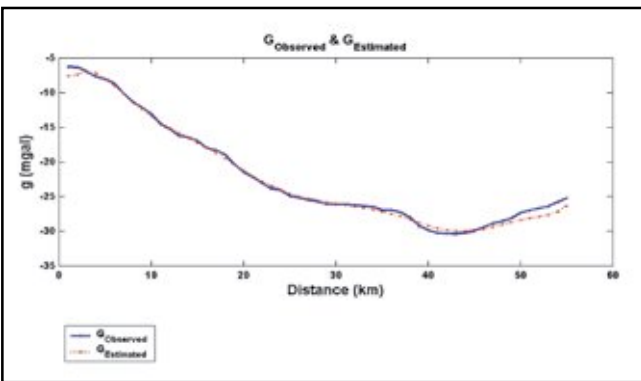
شکل ۱۸- نتایج وارون‌سازی در تکرار هشتم، در این شکل مدل مصنوعی با رنگ آبی و نتایج وارون‌سازی با رنگ قرمز رسم شده است.



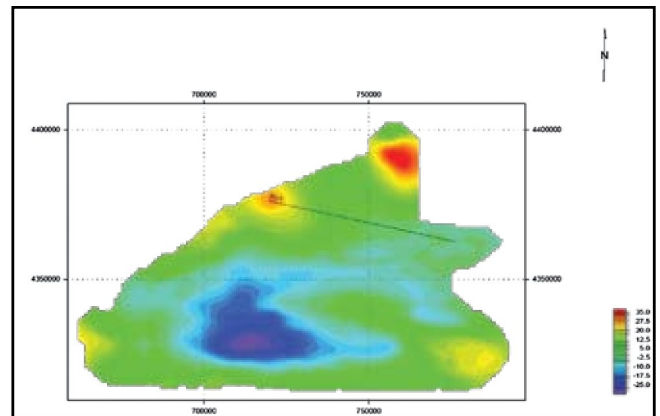
شکل ۲۲- خطای میانگین مجذور بعد از ۸ تکرار متوالی



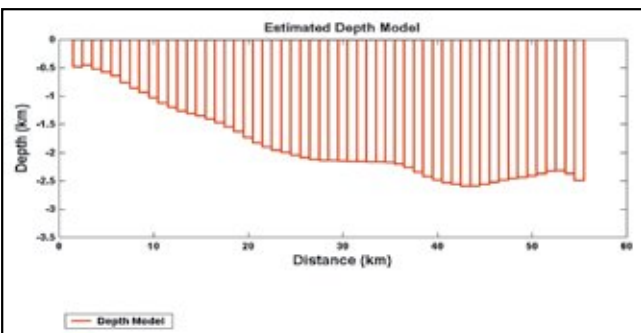
شکل ۲۰ و ۲۱- ماتریس تحلیل متغیرهای مدل و داده به ترتیب از راست به چپ در تکرار نهم، به قطری و نواری بودن ماتریس‌ها که نشانگر دقت مدل‌سازی است توجه شود.



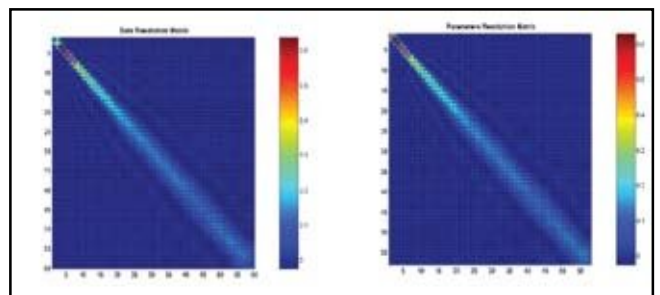
شکل ۲۴- داده‌های به دست آمده از نیمرخ Pr-1 (رنگ آبی)، نتایج وارون‌سازی در تکرار نهم (رنگ قرمز)



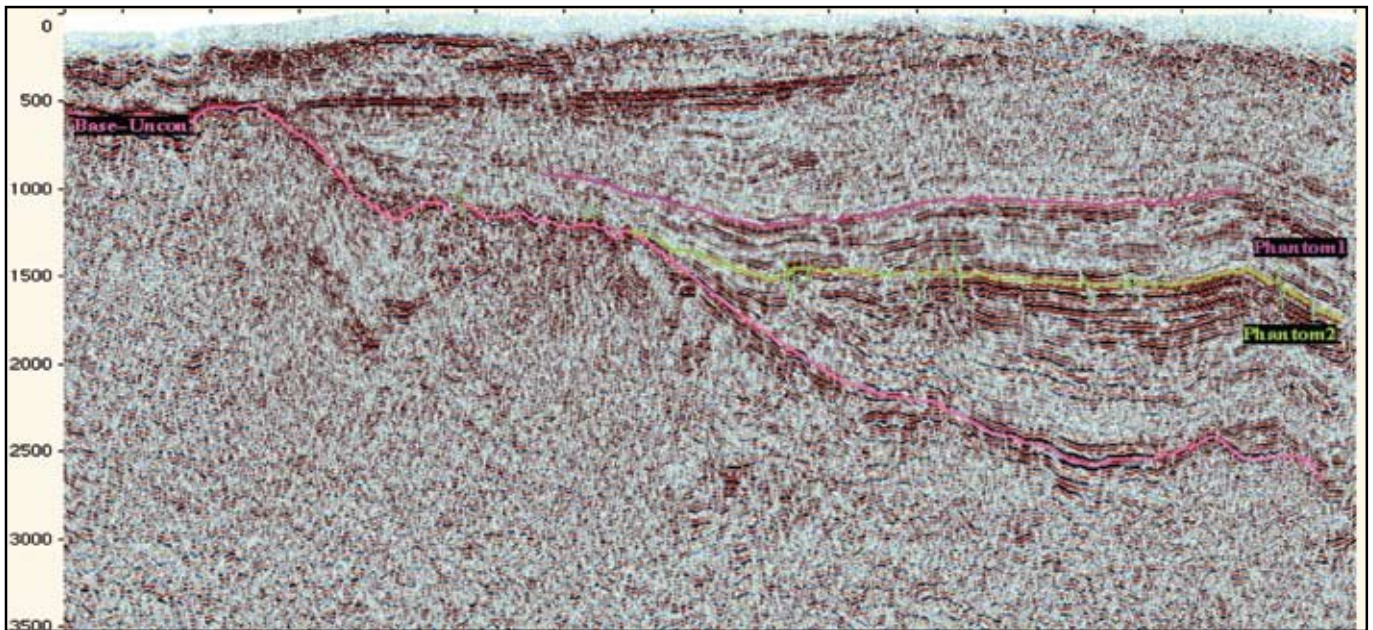
شکل ۲۳- محل نیمرخ Pr-1 بر روی نقشه بی‌هنجاری باقیمانده



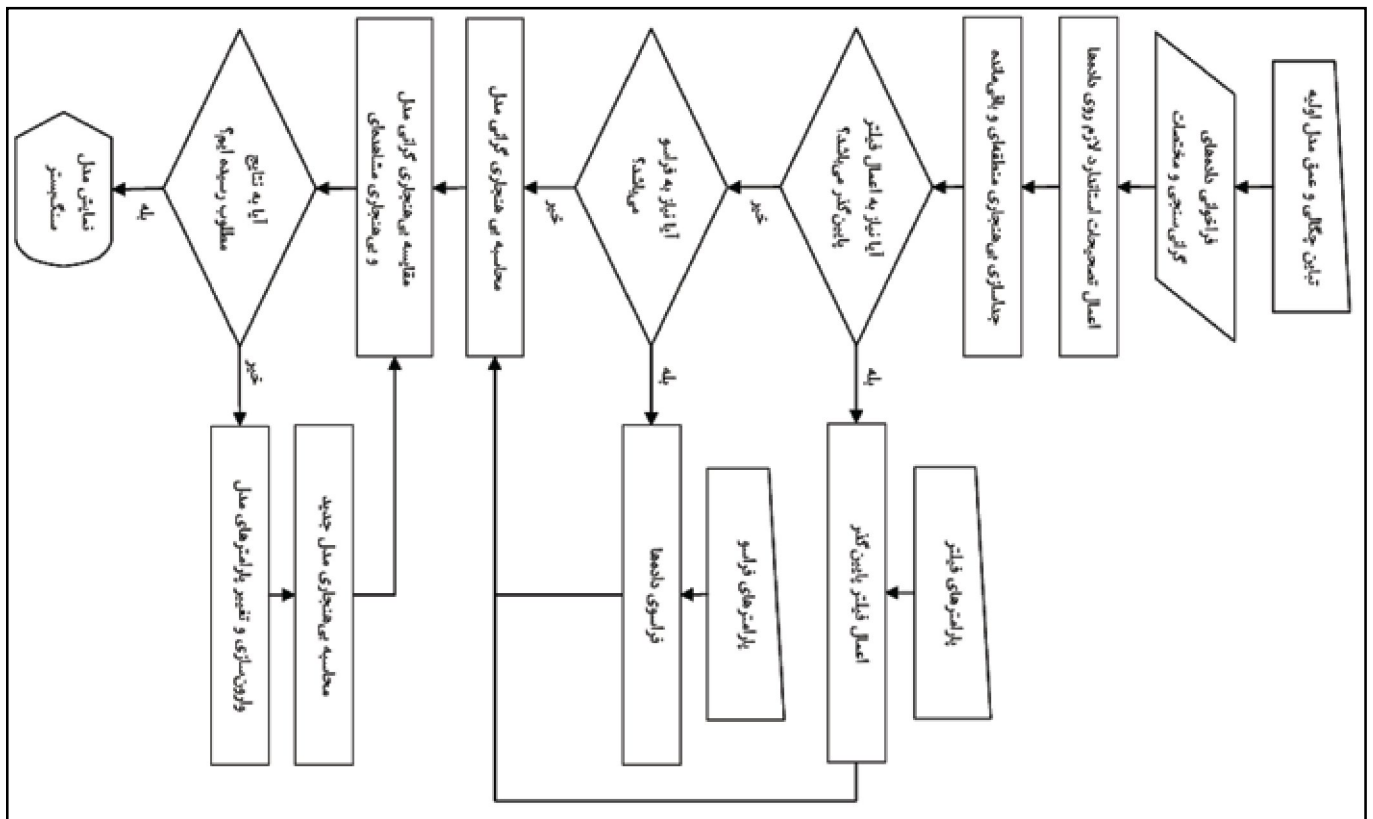
شکل ۲۵- نتایج وارون‌سازی در تکرار نهم با  $RMS=5.64$



شکل ۲۶ و ۲۷- ماتریس تحلیل متغیرهای مدل و داده به ترتیب از راست به چپ در تکرار نهم، به قطری و نواری بودن ماتریس‌ها که نشانگر دقت مدل‌سازی است توجه شود.



شکل ۲۸ - مقطع لرزه‌نگاری نیم رخ Pr-1



پیوست: روندنمای برنامه رایانه‌ای

## References

- Bhattacharya, B. K. & Navolio, M. E., 1975- Digital convolution for computing gravity and magnetic anomalies due to arbitrary bodies. *Geophysics* 40 (6), 981–992.
- Bott, M. H. P., 1960- The use of rapid digital computing methods for direct gravity interpretation of sedimentary basins. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 3, 63–67.
- Marquardt, D. W., 1963- An algorithm for least-squares estimation of non-linear parameters: *Jour. Sac. Indust. Appl. Math.*, v. II no. 2, p. 431-441.
- Morgan, N. A. & Grant, F. S., 1963- High speed calculation of gravity and magnetic profiles across two-dimensional bodies having an arbitrary cross-section. *Geophysical Prospecting* 11 (1), 10–15.
- Murthy, I. V. R. & Rao, S. J., 1989- A Fortran 77 program for inverting gravity anomalies of two-dimensional basement structures. *Computers & Geosciences* 15 (7), 1149–1156.
- Radhakrishna Murthy, I. V. & Rama Rao, P., 1993- Inversion of gravity and magnetic anomalies of two-dimensional polygonal cross-sections. *Computers & Geosciences* 19 (9), 1213–1228.
- Rao, B. S. R. & Murthy, I. V. R., 1978- Gravity and magnetic methods of prospecting: Arnold-Heinemann (India) Pvt. Ltd., AB,9 Safdar jang Enclave. New Delhi, 390 p.
- Roy, A., 1962- Ambiguity in geophysical interpretations. *Geophysics* 27 (1), 90–99
- Talwani, M., Worzel, J. & Ladisman, M., 1959- Rapid gravity computations for two dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Journal of Geophysical Research* 64 (1), 49–59.



## 2-D Non-Linear Inverse Modeling of Moghan Area Using Levenberg-Marquardt's Method

A. Nejadi Kalate<sup>1</sup>, V. Ebrahimzadeh Ardestani<sup>1</sup>, E. Shahin<sup>1</sup>, S. H. Motavalli Anbaran<sup>1,2</sup>, Sh. Ghomi<sup>1,3</sup> & E. Javan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geophysic Institute, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Management of Oil Exploration, Tehran, Iran

Received: 2007 June 30

Accepted: 2008 August 13

### Abstract

Determination of the geometry of bedrock, by nonlinear inverse modeling of gravity data, is the aim of this paper. In this method, reliable geological structures can be obtained by minimum geology priori information. The usual practice of inverting gravity anomalies of two-dimensional bodies replaced by n-sides polygon for determining location of the vertical that best explain the observed anomalies. In this method, the geometry of the bedrock is replaced by a series of juxtaposing prisms. Finally the length of each prism is the depth of the bedrock at that point. The algorithm uses a nonlinear iterative procedure for simulation of bedrock geometry. At the first step, the nonlinear problem changes to a linear problem by a proper approximation and standard method. The second step is the parameterization of the model. Finally, an initial model is suggested on the basis of geological and geophysical assumption and using the numerical analysis, Jacobean matrix is calculated. In each iteration the inversion will improve the initial model, considering the differences between observed and calculated gravity anomalies, based on Levenberg-Marquardt's method. The practical effectiveness of this method is demonstrated by inversion of synthetic (free noise and noise contaminated data) and real examples. The real data is acquired over the Moghan area and the results compared with the geological information.

**Key Words:** Gravimetry, Inversion, Basement, Levenberg-Marquardt's Method

For Persian Version see pages 13 to 20

\*Corresponding author: A. nejati kalate ; E-mail: nejati\_ali@yahoo.com