

برآورد عمق و فاکتور شکل با استفاده از ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی کمترین مربعات آنومالی (بی‌هنجاری) های باقی مانده

رضا آزادمردان*، وحید ابراهیم‌زاده اردستانی* و نصراله کمالیان*

* مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۶-۱۴۱۵۵

(دریافت: ۱۴۰۶/۲۷، پذیرش نهایی: ۱۵/۶/۲۸)

چکیده

در این مقاله روش ارائه شده عبدالرحمن برای برآورد پارامترهای کمی چشمه‌های گرانی با فرض اشکال هندسی منظم دوعدی نظیر کره، استوانه قائم و استوانه افقی برای آنها از راه بررسی ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی در روش کمترین مربعات، مورد بحث قرار می‌گیرد.

با مطالعه این ضرایب، مرتبه میدان منطقه‌ای مربوط به هر پروفیل و فاکتور هندسی قابل محاسبه است. این روش نه تنها برای آنومالی‌های باقی‌مانده، بلکه برای آنومالی بوگه شامل اثرات ناحیه‌ای و منطقه‌ای نیز به کار می‌رود.

کارایی این روش در مورد مدل‌های کوچک و کم‌عمق که در مقاله اصلی عبدالرحمن به آن پرداخته نشده است، ابتدا در مورد مدل‌های مصنوعی و سپس در مورد داده واقعی بررسی می‌شود. برآورد عمق آنومالی‌های گرانی یکی از پارامترهای اصلی مورد توجه در این روش است.

واژه‌های کلیدی: آنومالی باقی‌مانده، برآورد عمق، ضرایب همبستگی، کمترین مربعات، میدان منطقه‌ای

۱ مقدمه

اجرام و ساختارهای زمین‌شناسی مدفون زیر سطح زمین، با ابعاد و اشکال متفاوت هندسی می‌توانند در شرایطی که وابسته به موقعیت، عمق و چگالی است، میدان گرانی یکسان یا هم اندازه در سطح زمین ایجاد کنند. مطالعه و بررسی ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی در روش کمترین مربعات برای آنومالی‌های باقی‌مانده یکی از ابزارهای مفید و کاربردی برای مطالعات کمی داده‌های مغناطیسی است. تفسیر داده‌های گرانی شامل محاسبه عمق چشمه و محاسبه فاکتور شکل را عبدالرحمن (۱۹۸۹) و عبدالرحمن و همکاران (۱۹۹۳) ارائه کرد. کار تفسیر با استفاده از ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی در روش کمترین مربعات از حالتی که صرفاً یک تفسیر تحلیلی از این روش ارائه

می‌شود، ساده‌تر است.

۲ فرمول‌بندی مسئله

فرمول‌بندی اثر گرانی شکل‌های ساده کره، استوانه افقی و استوانه عمودی را می‌توان در یک شکل عمومی ریاضی توسط رابطه زیر تعریف کرد (عبدالرحمن، ۱۹۸۹)،

$$g(x, z, q) = \frac{A}{(x^2 + z^2)^q} \quad (1)$$

که در اینجا $g(x, z, q)$ اثر گرانی شکل ساده، A ضریب دامنه و q فاکتور شکل است.

جدول (۱) مقادیر A, q در معادله برای مدل‌های متفاوت را نشان می‌دهد که G ثابت جهانی گرانش و σ تباين چگالی و R مقدار شعاع است.

جدول ۱. مقادیر پارامترهای رابطه ۱ برای هر مدل.

مدل	A	q
کره	$\frac{4}{3}\pi G\sigma R^3$	۱/۵
استوانه افقی	$2\pi G\sigma R^2$	۱
استوانه عمودی	$\pi G\sigma R^2$	۰/۵

۳ روش کمترین مربعات برای مشخص نمودن

آنومالی باقی مانده

در مورد همه مدل‌های دارای فاکتور شکل‌های متفاوت (q)، روش کمترین مربعات به حل معادله زیر می‌انجامد.

$$\sum_{j=1}^N [RS_p(x_j, z)]^2 = \text{minimum} \quad (2)$$

که $RS_p(x_j, z)$ به مثابه مؤلفه باقی مانده با رابطه زیر مشخص می‌شود.

$$RS_p(x_j, z) = g(x_j, z) - Z_p(x_j, z) \quad (3)$$

در اینجا $g(x_j, z)$ گرانی اندازه‌گیری شده است و $Z_p(x_j, z)$ میدان منطقه‌ای و به صورت یک چندجمله‌ای از هر درجه‌ای نمایش داده می‌شود که درجه چندجمله‌ای بستگی به میدان منطقه‌ای دارد،

$$Z_p(x_j, z) = \sum_{n=0}^p a_n x_j^n \quad (4)$$

در رابطه اخیر، تعداد ضرایب a_n ، $p+1$ و p مرتبه چندجمله‌ای یک‌بعدی است. از رابطه (۳) کاملاً آشکار است که میدان منطقه‌ای، تابعی از z است. با جایگذاری روابط (۳) و (۴) در رابطه (۲) خواهیم داشت:

$$\sum_{j=1}^N \left[g(x_j, z) - \sum_{n=0}^p a_n x_j^n \right]^2 = \text{minimum} \quad (5)$$

با مشتق‌گیری از رابطه (۵) نسبت به a_n و برابر صفر قرار دادن حاصل آن به رابطه‌ای برای محاسبه a_n می‌رسیم. این عملیات ریاضی تعداد $p+1$ معادله خطی ریاضی از

روی تعداد $p+1$ ضریب a_n مختلف مشخص می‌کند.

می‌توان رابطه ماتریسی زیر را برای محاسبه a_n ها نوشت.

$$Wa = y \quad (6)$$

a یک بردار ستونی شامل ضرایب چندجمله‌ای و y برداری است که مقادیر اندازه‌گیری شده g را در برمی‌گیرد. ماتریس مربعی W ماتریس کمترین مربعات یا ماتریس هنکل است. بازه مکانی که برای x در نظر گرفته می‌شود نسبت به مبدأ $x=0$ متقارن است و مقادیر نمونه برداری $g(x_j, z)$ برای نقاط متقارن x_j به دست می‌آید.

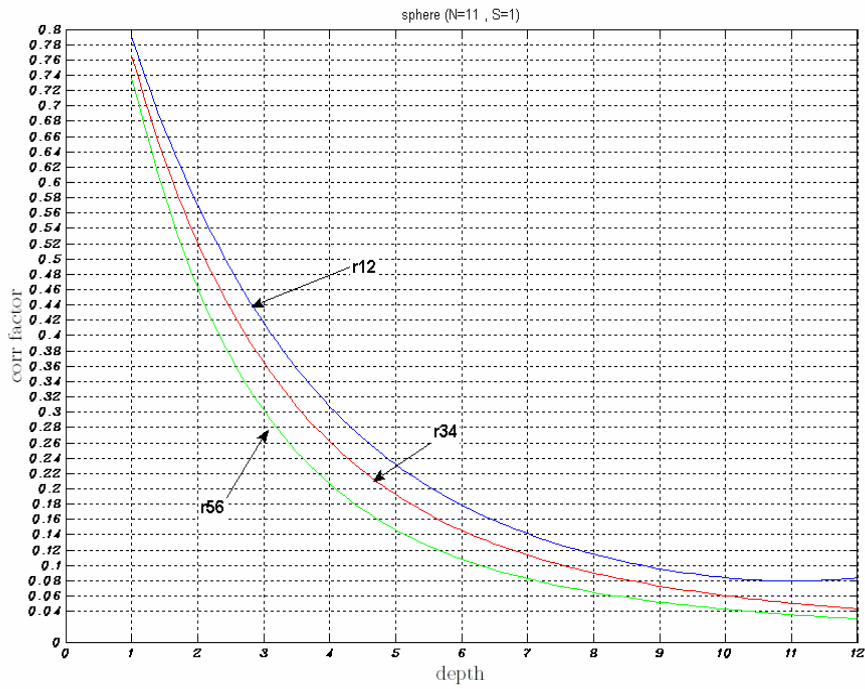
۴ رهیافتی برای حل معادله $f(z)=0$ با استفاده از

بررسی ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی کمترین مربعات آنومالی‌های باقی مانده

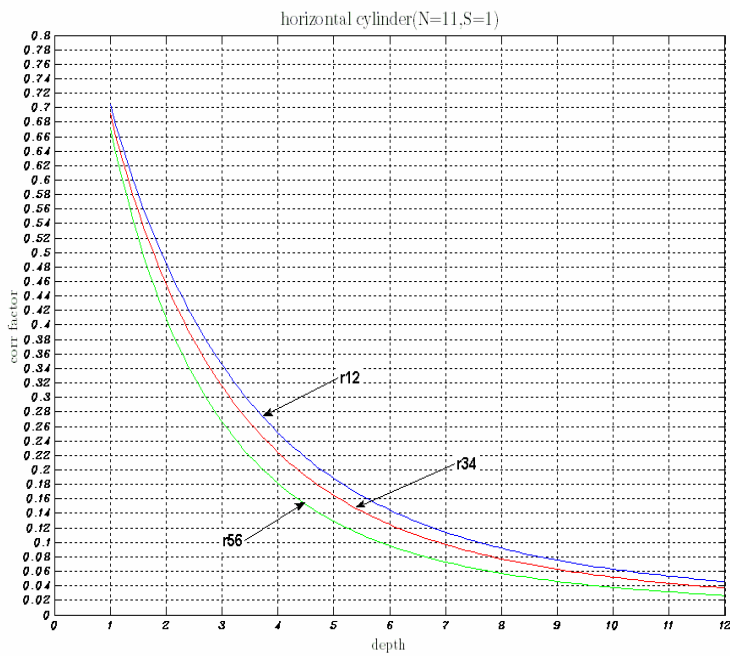
یک رهیافت عملی برای تفسیر آنومالی گرانی باقی مانده مربوط به یک ساختار خالص محلی براساس بررسی ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی کمترین مربعات آنومالی‌های باقی مانده بنا شده است. این روش به طور مؤثری مشکلات روش‌های تفسیر قبلی را برطرف می‌سازد. ضریب همبستگی بین دو مرتبه متوالی کمترین مربعات آنومالی گرانی باقی مانده با رابطه زیر داده می‌شود (عبدالرحمن و همکاران، ۱۹۹۳)،

$$r_{p,p+1}(z) = \frac{\sum_{j=1}^N [RS_p(x_j, z)RS_{p+1}(x_j, z)]}{\left[\sum_{j=1}^N [RS_p(x_j, z)]^2 \sum_{j=1}^N [RS_{p+1}(x_j, z)]^2 \right]^{1/2}} \quad (7)$$

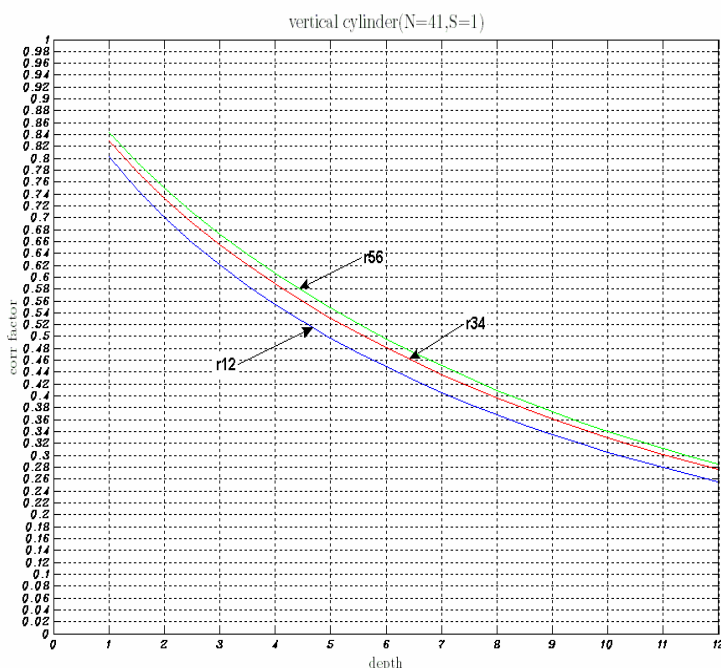
با داشتن $r_{p,p+1}$ می‌توان این مقادیر را برحسب عمق‌های متفاوت رسم کرد. واحد عمق را می‌توان فواصل نمونه برداری اختیار کرد. حاصل این کار شکل‌های ۱ تا ۳ برای مدل‌های هندسی کره، استوانه افقی و استوانه قائم است.



شکل ۱. تغییرات ضرایب همبستگی با عمق برای مدل کره (تعداد برداشت‌ها = ۱۱).



شکل ۲. تغییرات ضرایب همبستگی با عمق برای مدل استوانه افقی (تعداد برداشت‌ها = ۱۱).



شکل ۳. تغییرات ضرایب همبستگی با عمق برای مدل استوانه عمودی (تعداد برداشت‌ها = ۱۱).

جدول ۲. مقادیر پارامترهای استوانه عمودی.

پارامتر	مقدار	یکا
A	۱۰۰	میلی‌گال. متر
q	۰/۵	بدون واحد
z	۲	متر

در این مدل میدان منطقه‌ای درجه اول در نظر گرفته می‌شود. میدان گرانی ترکیبی از میدان حاصل از ساختار محلی و یک میدان منطقه‌ای است و رابطه زیر، میدان گرانی یک استوانه قائم با مقادیر پارامترهای تعریف شده در جدول (۲) را به دست می‌دهد.

$$g_1(x_i) = 100/(x_i^2 + 2^2)^{0.5} + 2x_i + 5 \quad (۸)$$

شکل (۴) آنومالی‌های باقی مانده و منطقه‌ای و میدان گرانی ترکیب شده را که برای مدل استوانه قائم در مقادیر مختلف X محاسبه شده نمایش می‌دهد. در این مدل نقاط برداشت نسبت به مبدأ متقارن‌اند. مقادیر I_{23} و I_{45} برابر یک است که از روی این ضرایب عمق تفسیر نمی‌شود.

این منحنی‌ها روند کاهش مقادیر ضرایب همبستگی را برای عمق‌های بیشتر نشان می‌دهد. تعداد نقاط اندازه‌گیری نیز همان‌طور که در منحنی‌ها پیداست در روند کاهش مؤثر است.

با استفاده از این منحنی‌ها می‌توان مقادیر I_{12}, I_{34}, I_{56} را محاسبه کرد.

با بررسی منحنی‌های موجود می‌توان به این نتیجه دست پیدا کرد که روند کاهش مقدار ضرایب همبستگی با افزایش عمق و با افزایش تعداد نقاط اندازه‌گیری شیب کمتری دارد. به عبارتی با افزایش نمونه‌های برداشت شده مقادیر ضرایب همبستگی با افزایش عمق، نزول کمتری دارند.

۵ مدل‌سازی داده‌های مصنوعی

۵-۱ مدل استوانه عمودی

مقادیر پارامترهای این مدل با توجه به رابطه (۱) در جدول (۲) آورده شده است.

و همان‌طور که در منحنی تفسیر مشاهده می‌شود، خطوط I_{12} و I_{34} در محدوده فاکتور شکل همگرا هستند. معنای این همگرایی این است که عمق تفسیر شده Z_{12} قابل اعتماد است.

جدول ۴. عمق‌های تفسیر شده برای هر شکل در مدل استوانه عمودی با پارامترهای جدول شماره (۲) و میدان منطقه‌ای مرتبه اول.

فاکتور شکل (q)	عمق به دست آمده از I_{12} Z_{12}	عمق به دست آمده از I_{34} Z_{34}	عمق به دست آمده از I_{56} Z_{56}
۰/۵	۲/۰۰۰	۲/۰۰۰	۲/۰۰۰
۱	۲/۷۲۱	۲/۴۵۷	۲/۳۲۵
۱/۵	۳/۳۱۵	۲/۸۵۳	۲/۶۱۶

۲-۵ مدل استوانه افقی

پارامترهای این مدل با توجه به رابطه (۱) در جدول (۵) داده شده است.

جدول ۵. مقادیر پارامترهای مدل استوانه افقی.

پارامترهای مدل	مقدار	یکا
A	۳۰۰	میلی‌گال. متر
q	۱	بدون واحد
Z	۳	متر

در این مدل، میدان منطقه‌ای درجه دوم در نظر گرفته می‌شود. می‌توان میدان گرانی را ترکیبی از میدان حاصل از ساختار محلی و یک میدان منطقه‌ای در نظر گرفت. پس رابطه زیر میدان گرانی با شرایط فوق را به دست می‌دهد.

$$g_2(x_i) = 300/(x_i^2 + 3^2) + 2x_i^2 + 2x_i + 5, \quad (9)$$

شکل (۹) آنومالی‌های باقی‌مانده و منطقه‌ای و میدان گرانی ترکیب شده را که برای مدل استوانه افقی در مقادیر مختلف x محاسبه شده است نشان می‌دهد.

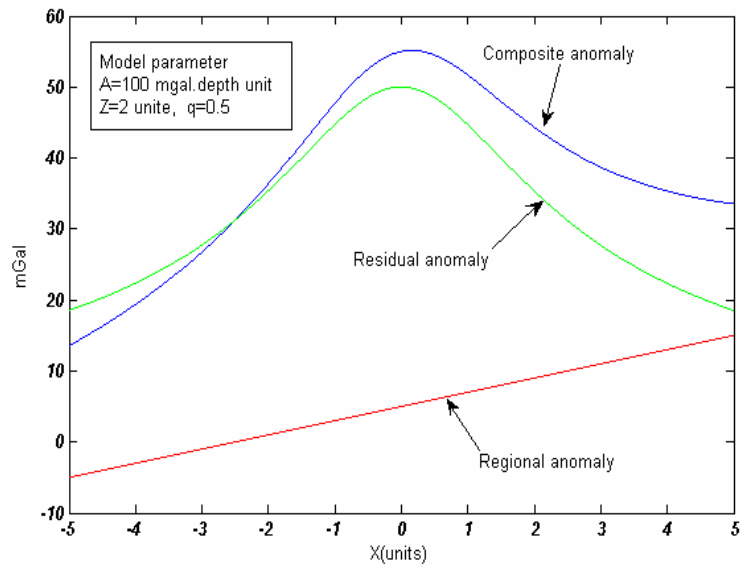
در این مرحله چندجمله‌ای‌های مرتبه‌های اول تا ششم (رابطه ۴) به‌روی داده‌های اولیه منطبق می‌شوند و مقادیر گرانی باقی‌مانده از رابطه (۳) برای پروفیل در نظر گرفته شده محاسبه می‌شود. ضرایب همبستگی بین هر دو مرتبه متوالی کمترین مربعات برای پروفیل‌های باقی‌مانده در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳. مقادیر ضرایب همبستگی برای مدل استوانه عمودی.

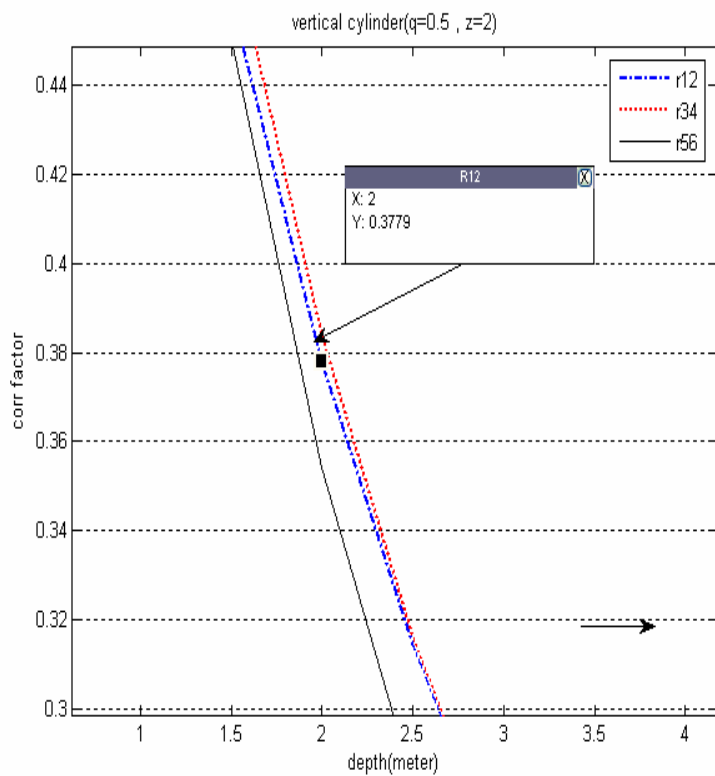
I_{12}	I_{23}	I_{34}	I_{45}	I_{56}
۰/۳۷۷۹	۱/۰۰۰	۰/۳۸۴۱	۱/۰۰۰	۰/۳۵۴۲

با توجه به مقادیر ضرایب همبستگی به دست آمده با استفاده از روش گرافیکی که عبدالرحمن (۱۹۸۹) ارائه کرده است، می‌توان مقادیر عمق به دست آمده از روی ضرایب همبستگی را مشخص ساخت. در این روش با استفاده از منحنی‌های تغییرات ضرایب همبستگی برای عمق که در شکل (۳) نمایش داده شده است برای هر مقدار ضریب همبستگی یک مقدار متناظر عمق Z به دست می‌آید. شکل‌های (۵) تا (۷) مقادیر عمق به دست آمده از این طریق را برای مدل‌های متفاوت نشان می‌دهند. در این شکل‌ها مقدار X خوانده شده، عمق و مقدار Y ضریب همبستگی است.

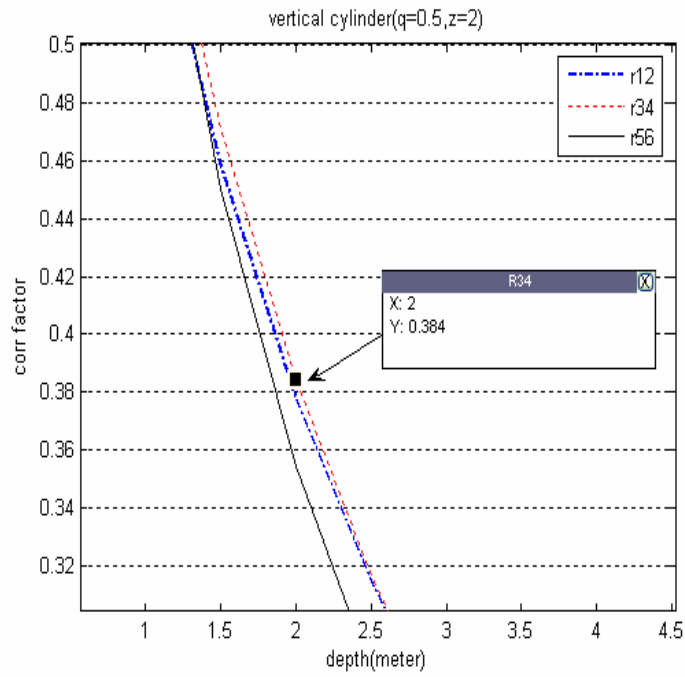
در جدول (۴) مقادیر به دست آمده از روی منحنی‌ها ثبت شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، مقادیر عمق تفسیر شده، همان عمق واقعی مدل است. برای عملیات تفسیر اگر مقادیر Z به دست آمده را برحسب مقادیر فاکتور شکل رسم کنیم، از محل تلاقی منحنی‌های ضرایب همبستگی، مقدار واقعی فاکتور شکل و عمق صحیح خوانده می‌شود. این کار در شکل شماره (۸) صورت گرفته است. همان‌طور که دیده می‌شود در نقطه $q=0/5$ و $Z=2$ منحنی‌ها یکدیگر را قطع می‌کنند. در این مدل می‌دانیم که میدان منطقه‌ای از درجه اول است



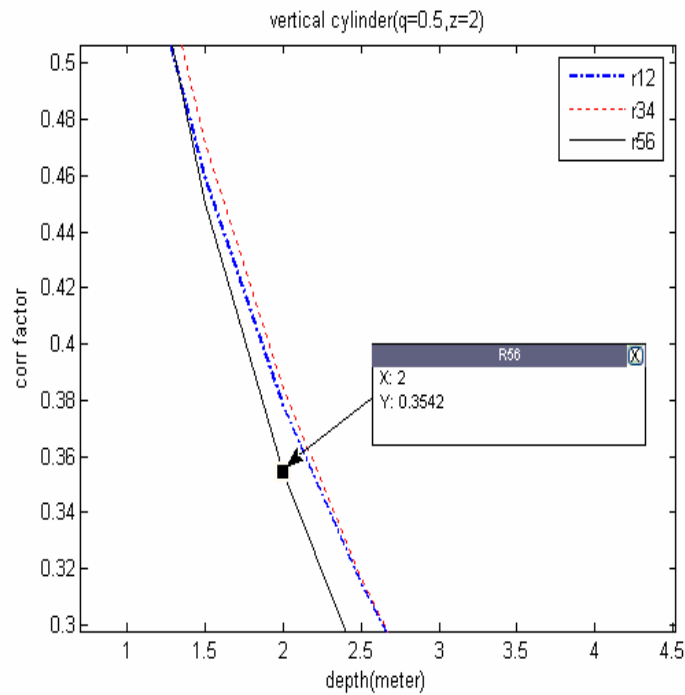
شکل ۴. آنومالی میدان گرانی حاصل از یک استوانه عمودی مدفون و میدان منطقه‌ای از درجه اول رابطه (۱).



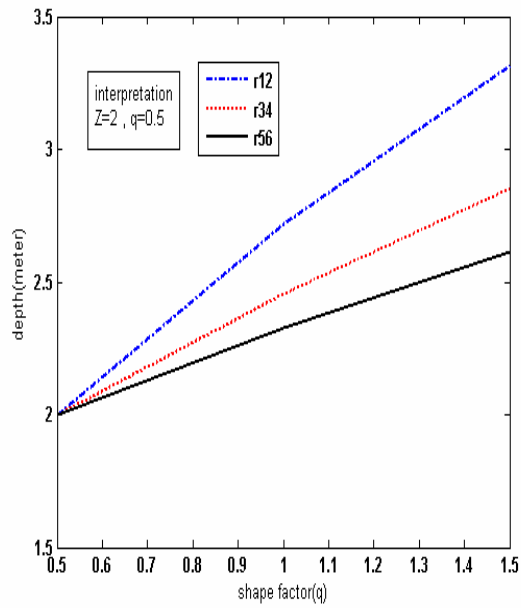
شکل ۵. مقدار Z_{12} تفسیر شده از روی I_{12} منحنی استوانه عمودی مدل استوانه عمودی.



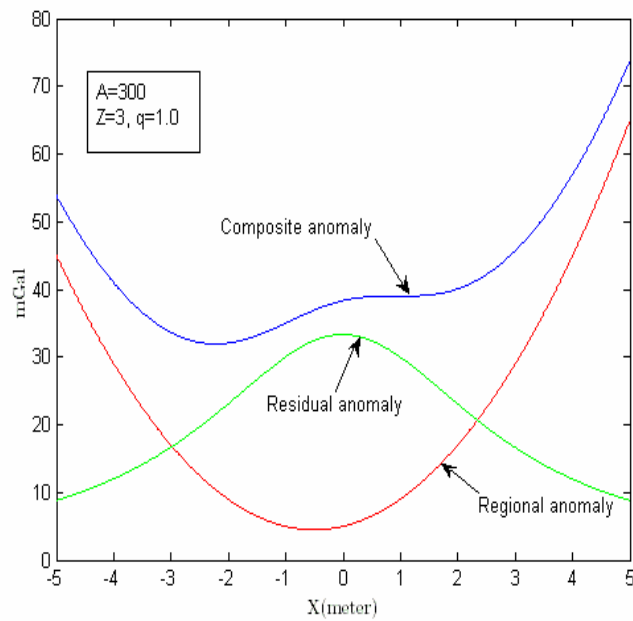
شکل ۶. مقدار Z_{34} تفسیر شده از روی I_{34} منحنی استوانه عمودی مدل استوانه عمودی.



شکل ۷. مقدار Z_{56} تفسیر شده از روی I_{56} منحنی استوانه عمودی مدل استوانه عمودی.



شکل ۸. تفسیر داده‌های مدل استوانه عمودی که در شکل (۴) رسم شده‌اند.



شکل ۹. آنومالی گرانی حاصل از یک استوانه افقی مدفون و یک میدان منطقه‌ای مرتبه دوم.

جدول ۸. مقادیر پارامترهای مدل کره.

پارامترهای مدل	مقدار	یکا
q	۱۰۰۰۰	میلی گال. متر
q	۱/۵	بدون واحد
Z	۴	متر

در این مدل میدان منطقه‌ای درجه سوم در نظر گرفته می‌شود. میدان گرانی ترکیبی از میدان حاصل از ساختار محلی و یک میدان منطقه‌ای است. رابطه زیر، میدان گرانی با پارامترهای تعریف شده را به دست می‌دهد.

$$g_3(x_i) = 10000 / ((x_i + 1^2) + 4^2)^{1.5} + x_i^3 + x_i^2 + x_i + 5 \quad (10)$$

با رسم مؤلفه‌های متفاوت میدان گرانی در یک نمودار شکل (۱۱) به دست می‌آید.

در این مرحله چند جمله‌ای‌های مرتبه‌های اول تا ششم به روی داده‌های اولیه مدل کره منطبق می‌شوند. ضرایب همبستگی بین هر دو مرتبه متوالی، کمترین مربعات برای پروفیل‌های باقی‌مانده محاسبه شده است این مقادیر در جدول (۹) آورده شده است.

جدول ۹. مقادیر ضرایب همبستگی برای مدل کره.

r_{12}	r_{23}	r_{34}	r_{45}	r_{56}
۰/۲۷۶۹	۰/۶۷۱۳	۰/۵۲۶۷	۰/۳۷۶۰	۰/۷۰۵۷

در این روش با استفاده از منحنی‌های تغییرات ضرایب همبستگی برای مدل کره برای هر ضریب همبستگی یک مقدار برای عمق Z به دست می‌آید. در این مدل برداشت‌ها، نسبت به مبدأ مقارن نیستند. به همین دلیل، مقادیر r_{23} و r_{45} برابر یک نمی‌شوند و می‌توان مقادیر عمق مربوط به این ضرایب را به دست آورد. در این حالت ابتدا منحنی‌های تحول یافته برای همه ضرایب رسم شده‌اند. این منحنی‌ها برخلاف منحنی‌های رسم شده در فصل سوم که فقط به سه ضریب

جدول‌های (۶) و (۷) مقادیر ضرایب همبستگی و عمق‌های به دست آمده از روی منحنی‌های هر مدل برای مدل استوانه افقی است.

همان‌طور که در جدول (۷) مشاهده می‌شود، مقادیر عمق تفسیر شده برای همه ضرایب فاکتور شکل ($q = 1$) همان عمق واقعی مدل است. برای عملیات تفسیر، اگر مقادیر Z به دست آمده را بر حسب مقادیر فاکتور شکل رسم کنیم، از محل تلاقی منحنی‌های ضرایب همبستگی، مقدار واقعی فاکتور شکل و عمق صحیح خوانده می‌شود. این کار در شکل (۱۰) صورت گرفته است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود. منحنی‌ها در $q = 1$ و $Z = 3$ یکدیگر را قطع می‌کنند. در این مدل، میدان منطقه‌ای مرتبه دوم است. همان‌طور که در منحنی تفسیر دیده می‌شود، خط r_{12} با سایر خطوط همگرا نیست. پس Z_{12} در حالتی که میدان منطقه‌ای مرتبه دوم باشد، عمق قابل اعتماد نیست. این موضوع آشکار در جدول (۷) است.

جدول ۶. مقادیر ضرایب همبستگی برای مدل استوانه افقی.

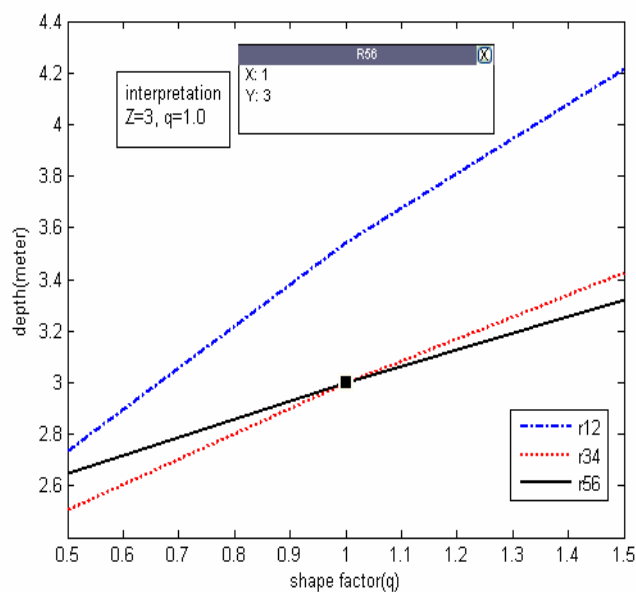
r_{12}	r_{23}	r_{34}	r_{45}	r_{56}
۰/۲۸۹۱	۱/۰۰۰	۰/۳۱۵۴	۱/۰۰۰	۰/۲۶۶۶

جدول ۷. عمق‌های تفسیر شده برای هر شکل در مدل استوانه افقی با پارامترهای جدول شماره (۴-۴) و میدان منطقه‌ای مرتبه دوم.

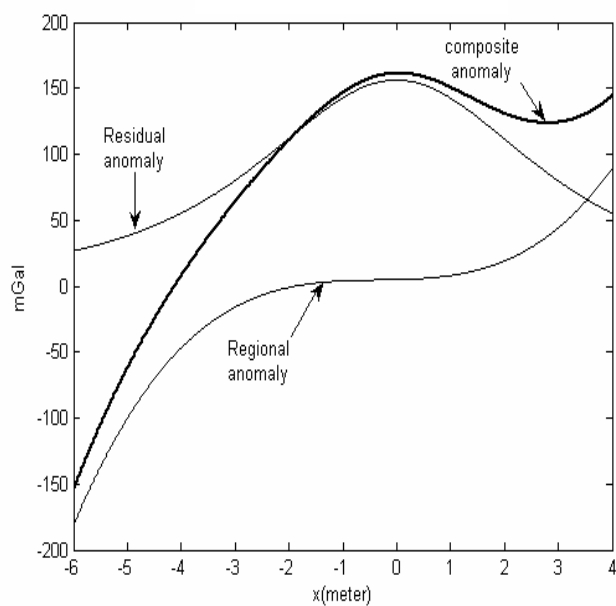
فاکتور شکل (q)	عمق به دست آمده از r_{12}	عمق به دست آمده از r_{34}	عمق به دست آمده از r_{56}
۰/۵	۲/۷۴۳	۲/۴۹۲	۲/۶۴۶
۱	۳/۵۴۸	۳/۰۰۰	۳/۰۰۰
۱/۵	۴/۲۱۴	۳/۴۲۹	۳/۳۲۱

۳-۵ مدل کره

پارامترهای این مدل با توجه به رابطه (۱) در جدول (۸) آورده شده است.



شکل ۱۰. تفسیر داده‌های مدل استوانه افقی که در شکل (۹) رسم شده‌اند.



شکل ۱۱. آنومالی گرانی حاصل از یک کره مدفون و یک میدان منطقه‌ای مرتبه سوم.

(۱۴) نشان داده شده است.

روی داده‌های این پروفیل‌ها روش برآورد عمق و تعیین فاکتور شکل با استفاده از تعیین ضرایب همبستگی اعمال شده است. با بررسی‌های اولیه مشخص شد که مرتبه میدان منطقه‌ای برای داده‌های پروفیل ۱۴ از درجه ۵ است. پس ضرایب مورد بررسی باید از $p=5$ برای ضرایب $r_{p,p+1}$ محاسبه شوند. جدول (۱۱) مقادیر ضرایب همبستگی را برای پروفیل ۱۴ را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. مقادیر ضرایب همبستگی برای پروفیل ۱۴.

r_{56}	r_{67}	r_{78}	r_{89}
۰/۷۳۰۹	۰/۹۵۱۰	۰/۹۹۸۷	۰/۹۶۴۴

جدول ۱۲. مقادیر عمق به‌دست آمده برای هر مدل از داده‌های پروفیل ۱۴.

فاکتور شکل	Z_{56}	Z_{67}	Z_{78}	Z_{89}
۰/۵	۱/۶۵	۱/۵۵	۱/۴۹	۱/۴۶
۱	۲/۳۰	۲/۰۸	۱/۷۹	۱/۶۲
۱/۵	۲/۸۰	۲/۵۵	۲/۱۹	۱/۸۱

با رسم مقادیر عمق‌های به‌دست آمده، در مقابل فاکتور شکل برای داده‌های پروفیل $x=14$ شکل (۱۵) به‌دست می‌آید. همگرایی منحنی‌ها روی فاکتور شکل $q=0.5$ رخ می‌دهد. می‌توان مقدار عمق واقعی را از میانگین عمق‌های همگرا شده روی فاکتور شکل استوانه عمودی به‌دست آورد. این مقدار برابر $1/53$ متر است.

با بررسی داده‌های پروفیل ۱۶ نیز مشخص می‌شود که مرتبه میدان منطقه‌ای از درجه ۵ است. مقادیر ضرایب همبستگی برای داده‌های پروفیل ۱۶ در جدول (۱۳) آورده شده است. با استفاده از منحنی‌های مربوط به هر مدل، مقادیر عمق مدل به‌دست می‌آید. این مقادیر برای هر فاکتور در جدول (۱۴) آورده شده است.

r_{12} ، r_{34} و r_{56} مربوطاند، برای سایر ضرایب نیز رسم شده‌اند (شکل ۱۲). مقادیر عمق از روی منحنی‌های رسم شده به‌دست می‌آید.

در جدول (۱۰) مقادیر به‌دست آمده برای عمق مدل کره از روی منحنی‌ها ثبت شده است.

جدول ۱۰. عمق‌های تفسیر شده برای هر شکل در مدل کره با پارامترهای جدول شماره (۸) و میدان منطقه‌ای مرتبه سوم.

فاکتور شکل	Z_{12}	Z_{23}	Z_{34}	Z_{45}	Z_{56}
۰/۵	۴/۰۱۸	۲/۳۴۲	۲/۹۱۶	۳/۲۲۸	۳/۱۷۶
۱	۵/۰۶۶	۲/۸۶۷	۳/۴۹۴	۳/۶۳۳	۳/۶۰۹
۱/۵	۵/۸۹۷	۳/۳۲۳	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰

همان‌طور که در جدول (۱۰) مشاهده می‌شود، مقادیر عمق تفسیر شده برای همه ضرایب فاکتور شکل ($q=0.5$) همان عمق واقعی مدل است. برای عملیات تفسیر اگر مقادیر Z به‌دست آمده را برحسب مقادیر فاکتور شکل رسم کنیم، از محل تلاقی منحنی‌های ضرایب همبستگی، مقدار واقعی فاکتور شکل و عمق صحیح خوانده می‌شود. این کار در شکل (۱۳) صورت گرفته است. همان‌طور که در منحنی تفسیر دیده می‌شود، خطوط r_{12} و r_{23} با سایر خطوط همگرا نیستند. و این به‌خاطر وجود میدان منطقه‌ای از مرتبه سوم است مقادیر Z_{12} و r_{23} مقادیر قابل اعتماد نیست.

۶ مدل‌سازی داده‌های واقعی

- داده‌های میکروگرانی‌سنجی مؤسسه نفت

این پروژه را در سال ۱۳۸۲ بخش گرانی‌سنجی مؤسسه ژئوفیزیک به انجام رسانده است. در شکل (۱۴) نقشه آنومالی این پروژه دیده می‌شود. در این نقشه روی پروفیل‌های $x=14$ و $x=16$ آنومالی مثبت مشخصی دیده می‌شود که مرکز آن با علامت ضربدر روی شکل

جدول ۱۳. مقادیر ضرایب همبستگی برای داده‌های پروفیل ۱۶.

r_{56}	r_{67}	r_{78}	r_{89}
۰/۹۸۴۶	۰/۹۶۶۹	۰/۹۹۷۵	۰/۸۴۸۹

جدول ۱۴. مقادیر عمق به دست آمده برای هر مدل.

فاکتور شکل	Z_{56}	Z_{67}	Z_{78}	Z_{89}
۰/۵	۲/۲۹	۱/۵۷	۱/۳۲	۱/۲۲
۱	۳/۰۸	۲/۱۴	۱/۷۸	۱/۴۱
۱/۵	۳/۷۶	۲/۶۲	۲/۱۷	۱/۶۳

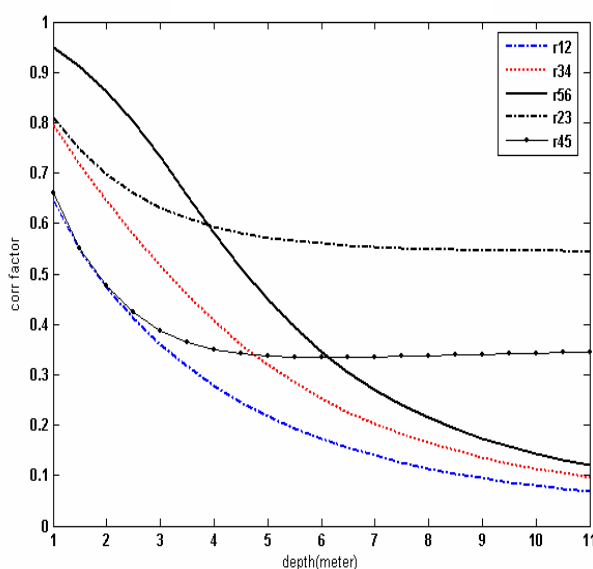
به واسطه همگرایی کمتر، برابر ۱/۳۷ متر است.

۷ نتیجه گیری

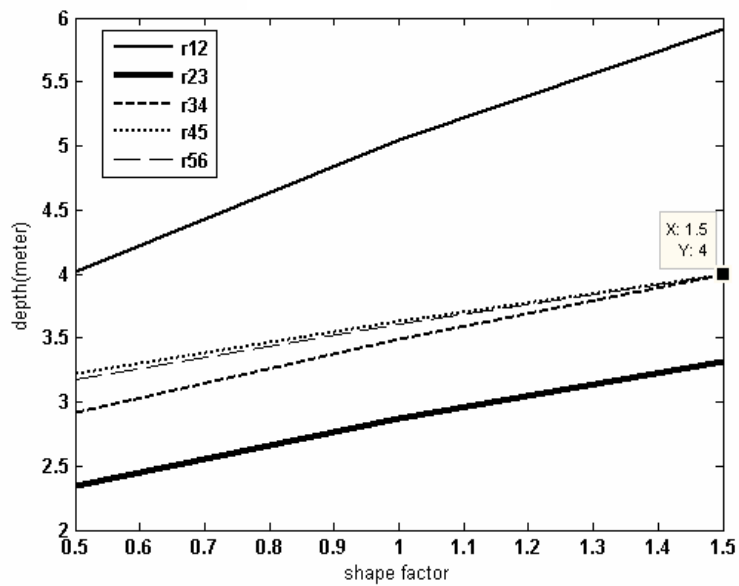
روش برآورد عمق و تعیین فاکتور شکل با استفاده از تعیین ضرایب همبستگی بین دو مرتبه متوالی برای آنومالی‌های باقی مانده را عبدالرحمن و همکاران (۱۹۹۳) در حکم روشی گرافیکی در این زمینه معرفی کرد. این روش داده‌های مدل‌سازی شده را تفسیر می‌کند. یکی از مزیت‌های قابل اعتنا در این روش تعیین مرتبه میدان منطقه‌ای برای هر منطقه و پروفیل است. در واقع عمق‌های به دست آمده برای مراتب کمتر از مرتبه میدان منطقه‌ای در منحنی‌های تفسیر، همگرایی قابل توجهی نخواهند داشت و قابل اعتماد نیستند.

یکی دیگر از مزیت‌های قابل توجه در این روش، تعیین عمق و فاکتور شکل برای ساختارهای زمین‌شناسی منفرد است. برای داده‌هایی که مربوط به ساختارهای ساده یا تقریبی منطقی از این ساختارها هستند، این روش برای برآورد عمق بسیار قابل اعتماد است.

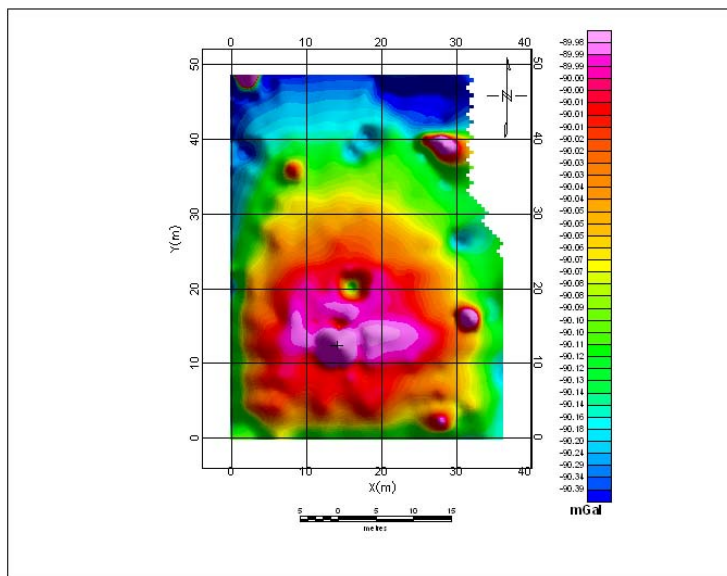
با رسم مقادیر عمق به دست آمده در مقابل فاکتور شکل می‌توان داده‌های این پروفیل را تفسیر کرد. این کار در شکل (۱۶) صورت گرفته است. با توجه به این شکل دیده می‌شود که همگرایی روی فاکتور شکل ۰/۵ که مربوط به استوانه عمودی است رخ داده است. عمق واقعی این آنومالی را می‌توان از مقدار میانگین عمق‌های به دست آمده برای مدل استوانه عمودی به دست آورد که این مقدار با در نظر نگرفتن Z_{56}



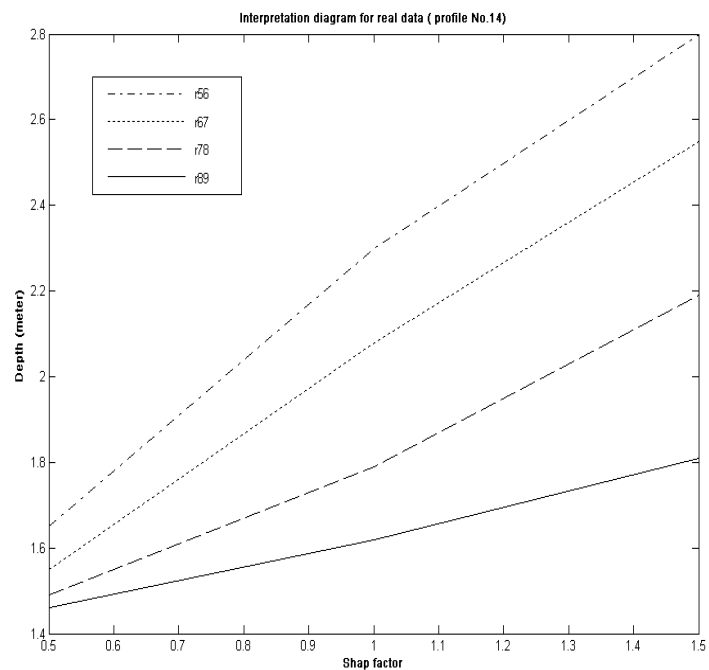
شکل ۱۲. منحنی تحویل یافته استوانه عمودی.



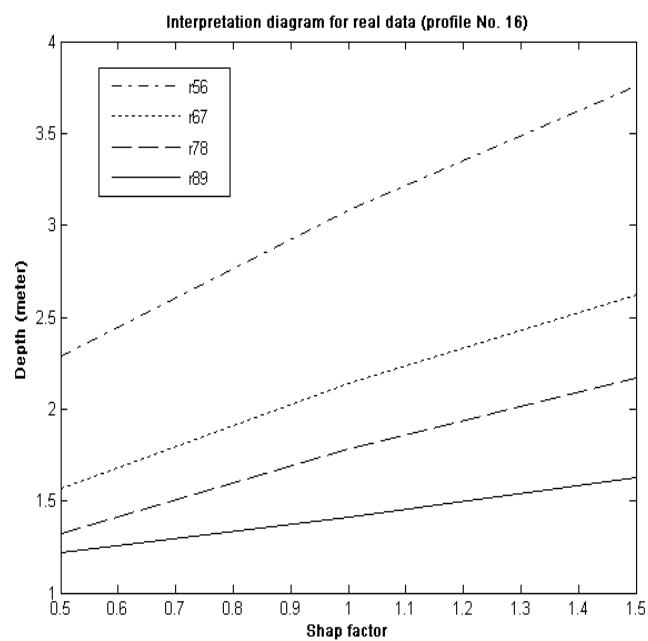
شکل ۱۳. تفسیر داده‌های مدل کره که در شکل (۱۱) رسم شده‌اند.



شکل ۱۴. نقشه آنومالی بوگه.



شکل ۱۵. تفسیر داده‌های پروفیل ۱۴.



شکل ۱۶. تفسیر داده‌های پروفیل ۱۶.

- Abdelrahman, E. M., Riad, E., and Amin, Y. A., 1985b, The least-square residual anomaly determination: *Geophysics*, **50**, 473-480.
- Abdelrahman, E. M., Bayoumi, A. I., Abdelhady, Y. E., Gobashy, M. M., and El-Araby, H. M., 1989, Gravity interpretation using correlation factors between successive least-squares residual anomalies: *Geophysics*, **54**, 1614-1621.
- Abdelrahman, E. M., Sayed, E. M., El-Araby, H. M., 1993, Shape and depth solutions from gravity data using correlation factors between successive least-squares residual: *Geophysics*, **59**, 1785-1791.
- Agocs, W. B., 1951, Least squares residual anomaly determination: *Geophysics*, **16**, 686-696.
- Bowin, C., Scheer, E., and Smith, W., 1986, Depth estimates from ratios of gravity, geoid, and gravity gradient anomalies: *Geophysics*, **51**, 123-136.
- Davis, J. C., 1973, *Statistic and data analysis in geology*: John Wiley & sons, Inc.
- Gangi, A. F., and Shapiro, J. N., 1977, A Propagating algorithm for determining Nth-order polynomial, least-squares fits: *Geophysics*, **42**, 1265-1276.
- Gupta, O. P., 1983, A least-squares approach to depth determination from gravity data: *Geophysics*, **48**, 357-360.

این روش نه تنها برای آنومالی‌های باقی‌مانده به کار می‌رود، بلکه برای بررسی یک آنومالی بوگه که شامل اثر ترکیب شده یک مؤلفه باقی‌مانده مربوط به ساختار خالص محلی و مؤلفه منطقه‌ای است و می‌توان با یک چندجمله‌ای از درجه بالا نشان داد، نیز کاربرد دارد.

این روش توانایی قابل توجهی در ساده‌سازی مسئله برآورد عمق و قابلیت وارد کردن پارامترهای متفاوت در برآورد عمق و فاکتور شکل اشکال ساده هندسی دارد.

همچنین در مورد چشمه‌های واقعی گرانی که ممکن است شکل هندسی منظمی نداشته باشند نیز نتایج کاملاً قابل قبول هستند.

منابع

- Abdelrahman, E. M., 1989, Magnetic interpretation of long horizontal cylinders using correlation factors between successive least-squares residual anomalies: *PAGEOPH*.
- Abdelrahman, E. M., Bayoumi, A. I., and amin, Y. A., 1985a, Discussion on "a least-squares approach to depth determination from gravity data," by O. P. Gupta: *Geophysics*, **50**, 262-263.