معرفی انتگرال بهبود یافته ماندری در مدلسازی معکوس دادههای الکترومغناطیس هوابرد و مقایسه نتایج آن با انتگرال ماندری

علیرضا عربامیری"*، علی مرادزاده'، داود رجبی'، برنارد سیمون' و نادر فتحیانپور" ادانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، شاهرود، ایران. ۲ انستیتو علومزمین و منابع طبیعی آلمان، هانور، آلمان. ۲ دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی معدن، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۵

چکیدہ

برداشتهای الکترومغناطیس هوابرد هلیکوپتری نزدیک به سیسال است که در بررسیهای اکتشافی موادمعدنی، آب، مطالعات زیستمحیطی و همچنین تهیه نقشه زمین شناسی در مناطق وسیع استفاده می شوند. اما یکی از مهمترین مسائل در بهرهمندی از اطلاعات حاصل از این برداشتها، تفسیر درست آنهاست. در غیر این صورت انجام آن جز صرف هزینهای بالا، نتیجه خاص دیگری به دنبال نخواهد داشت. از این رو، تفسیر این دادهها، قدمتی به اندازه خود برداشتها دارد. افراد متعددی سعی در بهبود راهكارهاي تفسير اين دادهها داشتهاند و تاكنون به موفقيتهاي خيلي خوبي نيز دست يافتهاند. تقريباً در تمامي اين برداشتها، نتيجه به صورت مقاطع تغييرات مقاومت ویژه (یا عکس آن هدایت ویژه) در برابر ژرفا، ارائه می شود. برای دستیابی به این مهم، نخستین گام حل معادله القای میدان الکترومغناطیس است. از آنجا که حل این انتگرال با روشهای تحلیلی مرسوم امکانپذیر نیست؛ روشهای عددی متعددی برای حل آن ابداع شده است. از جمله این روشها میتوان به تبدیل لاپلاس، تبدیل هنکل، روش ژاکوبی و ... اشاره نمود. از سوی دیگر افراد مختلف، راهکارهای متعددی برای حل معادله القای میدان الکترومغناطیس توسط این روش ها ارائه نمودهاند. یکی از مهمترین این روشها، تبدیل هنکل سریع است. برای حل معادله القای الکترومغناطیس به روش هنکل سریع، در اختیار داشتن کرنـل و ضرایـب وزنی، نیازی جدی است، به طوری که با نبود یکی از این دو، حل معادله یاد شده ناممکن است. در این نوشـتار ابتدا روش گوپتاسارما- سینگ (Guptasarma-Singh) برای حل انتگرال معادله القای میدان الکترومغناطیس مطرح میشود. آنگاه نتایج حاصل از به کارگیری این روش و تصحیح آن مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد، ضمن آن که نتایج حاصل از این تصحیح در دو مدل مصنوعی، با مدلسازی معکوس به نمایش گذارده میشود. در این میان، نتایج حاصل پس از افزودن پارامتر $lpha_{0}$ آشکارا گویای بهبود نتایج مدلسازی معکوس است. ضمن این که مسئله نقاط تکین نیز که در بسامدهای بالا در تمامی روشهای حل رخ میدهند؛ نیز نه به طور کامل، اما تا حد زیادی برطرف شده است.

> كليدواژ دها: الكترومغناطیس هوابرد هلیكوپتري، مدلسازي معكوس، انتگرال ماندري، انتگرال بهبوديافته ماندري •نویسنده مسئول:علیرضا عرب امیری

۱-مقدمه

برداشتهای هلیکوپتری الکترومغناطیس (HEM) نزدیک به سه دهه است که به عنوان ابزاری مناسب و سریع (Fraser, 1978) در تهیه نقشههای زمین شناسی، اکتشاف آبهای زیرزمینی و موادمعدنی مورد توجه قرار گرفته است. همچنین امروزه این برداشتها جایگاه خود را در مطالعات زیستمحیطی به خوبی باز کردهاند. بهطور معمول نتیجه این برداشتها، ارائه توزیع مقاومتویژه مواد زیرسطحی در برابر ژرفا است. در این برداشت.ها که غالبا" از ارتفاع کمتر از یک صد متری زمین انجام میشود؛ سیستمهای اندازه گیری به ثبت میدان الکترومغناطیسی ثانویه ناشی از ارسال میدان اولیهای با بزرگای بیش از ۳ تا ۶ برابر آن می پردازند (Siemon, 2007). به دلیل اندازه بسیار کوچک میدان ثانویه نسبت به میدان اولیه، نتایج به صورت قسمت در میلیون (ppm) نشان داده میشوند. برای رسیدن به مقادیر نزدیک به مقاومتویژه و ژرفا، بهبود سیستمهای برداشت، آمادهسازی و مدلسازی دقیقتر نتایج ضروری

در حال حاضر سیستمهای مدرن برداشت هلیکوپتری قادرند اطلاعات مربوط به چهار تا شش بسامد مختلف را در بازه تقریبی ۲۰۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز ثبت نمایند (Siemon, 2007). پیش از تفسیر نتایج لازم است دادههای برداشت شده موازنه (کالیبره) و تصحیح شوند. پس از آن فرایند مدلسازی وارون با استفاده از الگوریتمهای زمین همگن یا نیم فضای لایهای بر روی دادهها اعمال میشود. در نهایت نتایج به صورت نقشههای مقاومتویژه یا مقاطع عرضی نمایش داده می شوند www.SID.ir

.(Sengpiel, 1990; Sengpiel & Siemon, 1998)

این نوشتار به دنبال این است که در فرایند مدلسازی دادههای الکترومغناطیس هلیکو پتری، ضمن بررسی نحوه محاسبه معادله القای الکتر ومغناطیس و فرمول محاسبه میدان مغناطیسی ثانویه، به نحوی آن را بهبود بخشد و در نهایت نتایج حاصل از محاسبه اولیه و بهبود یافته را با انجام مدلسازی معکوس بر روی چند مدل مصنوعی نشان دهد.

۲- فرمولهای پایه

سیستمهای نوین هلیکوپتری الکترومغناطیس حوزه بسامد، دارای پیچههای متعدد فرستنده و گیرنده با قطری نزدیک به نیم متر هستند. سیگنال فرستنده یا همان میدان مغناطیسی اولیه، در نتیجه یک شار جریان الکتریکی سینوسی در پیچه فرستنده و در بسامدهای مختلف، ایجاد میشود. شرایط حاکم بر محیط تولید این میدان، مانند فاصله پیچههای گیرنده و فرستنده سبب میشود شرایطی مانند یک میدان دوقطبی شکل گیرد. نوسانات میدان مغناطیسی اولیه باعث تشکیل جریانهای گردابی زيرسطحي مي شود. اين جريان ها نيز منجر به شكل گيري يك ميدان مغناطيسي ثانويه متناسب با توزیع مقاومتویژه زمین می شوند. میدان مغناطیسی ثانویه در پیچه گیرنده ثبت می شود و وابسته به میدان اولیه تولیدی در پیچه فرستنده است. به دلیل آن که ميدان ثانويه نسبت به ميدان اوليه بسيار كوچكتر است؛ به طور معمول ميدان اوليه

(1)

معرفی انتگرال بهبود یافته ماندری در مدلسازی معکوس دادههای الکترومغناطیس هوابرد و ...

نادیده گرفته میشود و میدان ثانویه به صورت قسمت در میلیون (ppm) نمایش داده میشود (Sengpiel & Siemon, 2000).

از سوی دیگر، القا در داخل زمین، با یک اختلاف فاز بین میدان اولیه و ثانویه همراه است. همین امر سبب می شود تا میدان ثانویه شکل مختلط به خود بگیرد؛ از این رو، دارای مؤلفه های هم فاز (R) و ناهم فاز (Q) خواهد بود. چنانچه جهت پیچه فرستنده افقی باشد، میدان مغناطیسی قائم (VMD) شکل می گیرد؛ اما اگر این جهت قائم باشد، میدان مغناطیسی افقی (HMD) است؛ حال اگر پیچه گیرنده در جهت بیشترین جفت شدگی با پیچه فرستنده قرار داشته باشد، سامانه های هم صفحه افقی (HCP)، هم صفحه قائم (VCV) پو هم محور قائم (VCX) به وجود می آیند (Siemon, 2007).

با حل معادله القا برای سامانه پیچهای همصفحه افقی بدون تغییر در مقادیر نفوذپذیری مغناطیسی (µ) و ضریب گذردهی دیالکتریک (٤) داریم (Wait, 1982; Mundry, 1984)

$$Z = (R + iQ) = r^3 \int_0^\infty R_0(\omega, \lambda, \rho(z)) \lambda^2 e^{-2\lambda_h} J_0(\lambda r) d\lambda$$

که در آن، Z میدان مغناطیسی ثانویه (ppm)، $\overline{I} - \sqrt{-1} n میزان جدایش گیرنده$ و فرستنده بر حسب متر، h ارتفاع پرنده از زمین بر حسب متر، J₀ تابع بسل نوع $اول درجه صفر، R ضریب انعکاسی مختلط (وابسته به بسامد سیستم <math>\lambda (\mathcal{W}=2\Pi f)$ م عدد موج و (z) توزیع قائم مقاومت ویژه) است. بر اساس روش ارائه شده توسط (Mundry(1984) مقدار این ضریب برای نیمفضای همگن با تعریف پارامترهای زیر قابل محاسبه است:

$$R_{0} = \frac{\lambda \cdot \nu}{\lambda + \nu} \quad \nu = \sqrt{\lambda^{2} + \frac{2i}{p^{2}}} \quad P = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu_{0}}}$$
(Y)

µ0=4Π *10⁻⁷ V/Am که درآن، p ژرفای پوسته، ρ مقاومتویژه نیمفضا و μ0=4Π *10⁻⁷ V/Am نفوذ میدان مغناطیسی در نفوذپذیری مغناطیسی فضای آزاد است. از طرفی ژرفای نفوذ میدان مغناطیسی در داخل زمین، وابسته به بسامد سیستم و توزیع مقاومتویژه مواد زیرسطحی است.

برای نیل به این هدف، باید معادله (۱) حل شود. اما برای حل این انتگرال نمی توان از روشهای معمول بهره جست. بنابراین باید از روشهایی مانند حل عددی استفاده نمود. برای انجام این مهم، روشهای متعددی وجود دارد؛ که یکی از رایج ترین آنها، روش هنکل سریع است. در این نوشتار از میان راههای متعددی که برای این کار وجود دارد، روش گوپتاسارما– سینگ (Guptasarma & Singh, 1997) انتخاب شد. چرا که در بیشتر منابع از ارائه کرنل یا ضرایب مربوطه پرهیز شده است. اما حل انتگرال معادله (۱) به قرار زیر است. برای آن که بتوان از روش هنکل استفاده نمود بایستی این انتگرال به فرم معادله (۳) باشد:

$$f(r) = \int_{0}^{\infty} k(\lambda) J_{n}(\lambda r) d\lambda$$
 (*)

که در آن، J_n تابع بسل نوع اول مرتبه n و $k(\lambda)$ تابع کرنل است. حال باید ضرایب J_n نرین ($k(\lambda)$ و زنی (W_i) و ضرایب λ_i مطابق آنچه که در روابط (۴) و (۵) تعریف شده، تعیین شوند.

$$\lambda_{i} = \left(\frac{1}{r}\right) * 10^{[a+(i-1)x]} \tag{(f)}$$

$$f(r) = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{n} k(\lambda_i) W_i$$
 (۵) از طرفی انتگرال ماندری در حالت کلی به شکل رابطه (۴) است.

$$f(a) = \frac{4}{M} \int_{0}^{\infty} \lambda^2 e^{-2\lambda} R J_n(\lambda a) d\lambda$$
(9)

www.SID,

$$R = \frac{\sqrt{\lambda^2 + 2i\delta^2} - \lambda}{\sqrt{\lambda^2 + 2i\delta^2} + \lambda} \Longrightarrow f(a) = \frac{4}{M} \int_0^\infty \lambda^2 e^{-2\lambda} \frac{\sqrt{\lambda^2 + 2i\delta^2} - \lambda}{\sqrt{\lambda^2 + 2i\delta^2} + \lambda} J_n(\lambda a) d\lambda \quad (\forall)$$

لازم به یادآوری این که، M تابع تغییرات ارتفاع پرواز و فاصله پیچههاست؛ بنابراین با تعریف ، [a= داریم:

$$\begin{split} f(\frac{r}{h}) &= G_i \left(\frac{r}{h}\right)_0^{\infty} \lambda^2 e^{-2\lambda} \frac{\sqrt{\lambda^2 + 2i\delta^2} - \lambda}{\sqrt{\lambda^2 + 2i\delta^2} + \lambda} J_n(\lambda \frac{r}{h}) d\lambda \tag{A} \\ & \text{ (A)} \\ \text{ cr liss over relations} \\ \lambda_i &= \left(\frac{h}{r}\right)^* 10^{[a+(i-1)s]} \end{aligned}$$

$$k(\lambda_{i}) = G_{i} \left(\frac{\mathbf{r}}{\mathbf{h}}\right)^{3} \lambda^{2} e^{-2\lambda} \frac{\sqrt{\lambda^{2} + 2i\delta^{2}}}{\sqrt{\lambda^{2} + 2i\delta^{2}} + \lambda}$$
(1.)

که در آنها، ₆G فاکتور ثابت ماندری است و مقدار آن وابسته به جهت قرارگیری پیچههای گیرنده و فرستنده است. *a و s* نیز مقادیر ثابت و مشخصی دارند؛ مثلاً a=-8.3885 هـ (Guptasarma & Singh, 1997) s=0.0904). از آنجا که مقدار پارامتر G((r)/h) ، ثابت است:

$$k(\lambda_{i}) = \lambda^{2} e^{-2\lambda} \frac{\sqrt{\lambda^{2} + 2i\delta^{2}} - \lambda}{\sqrt{\lambda^{2} + 2i\delta^{2}} + \lambda}$$
(11)

$$f(\frac{r}{h}) = \frac{h}{r} \sum_{i=1}^{n} k(\lambda_i) W_i$$
(11)

و بنابراین با معلوم بودن ضرایب وزنی و تابع کرنل، مقدار انتگرل قابل محاسبه است. برای انجام محاسبات مربوط به روش یاد شده برای مدلهای زمین همگن و زمینهای لایهای، از نرمافزار Matlab استفاده شد. در ادامه بحث دو مورد از نتایج مدلسازی با استفاده از این الگوریتم نشان داده خواهد شد؛ همچنین به منظور بررسی میزان درستی آن، از نتایج حاصل از روش سیمون (Siemon, 2001) نیز استفاده شده است.

در شکل ۱ نتایج مدلسازی مربوط به یک زمین همگن با مقاومتویژه ۲۰۰ اهم متر که به وسیله پانزده بسامد مختلف در بازه ۲۰۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز برداشت شده با یک سامانه پیچهای همصفحه افقی با فاصله پیچهای ۸ متر و با ارتفاع پرواز ۳۰ متر نشان داده شده است. همان گونه که در شکل ۱ دیده می شود؛ بر خلاف مدلسازی سیمون که در بیشتر نقاط روند عمقی و مقاومت ویژه قابل قبولی را برای زمین همگن نشان می دهد؛ متأسفانه روش گوپتا چنین نیست و در چندین بسامد برداشت، دچار نوسانات شدیدی در ارائه مقاومت ویژه قابل و این رو می توان گفت این روش حتی از ارائه روند حاکم بر این مدل نیز ناتوان بوده است.

در شکل ۲ نتایج مدلسازی مربوط به یک زمین چهار لایه (Sengpiel & Siemon, 2000) با همان فرضهای مدل پیشین در برداشت دادهها، نشان داده شده است.

همان گونه که در شکل ۲ نیز دیده می شود، متأسفانه نتایج حاصل از روش گوپتا به هیچ وجه امیدوارکننده نیست و حتی روند حاکم بر لایهبندی زیرسطحی بخصوص برای مقاومتویژه به دست نیامده است. در صورتی که در روش سیمون، روند عمقی و مقاومتویژه، تا حد قابل قبولی، بویژه برای لایههای سطحی تر به دست آمده است.

یک راهحل برای رفع مشکل موجود اعمال تغییراتی در معادله القا الکترومغناطیس است. برای اعمال این تغییر پارامتر ۵٫۵ (رابطه ۱۳) تعریف می شود.

$$\alpha_0 = \sqrt{\lambda^2 - \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 + i\omega\mu_0 / \rho_0}$$
(19)

Uzojesk C

 $ho_0 > 10^{10} \Omega m$ که در آن، $^{12} \circ 10^{-12} \circ 10^{-13}$ ثابت دىالکتریک هوا یا خلاء و $m \Omega$ مقاومت ویژه هواست. ذکر این نکته نیز ضرورى است که در بسامدهاى پایین (بخش مقومت ویژه هواست. ذکر این نکته نیز ضرورى است که در بسامدهاى پایین موهومى آن است. بنابراین مىتوان در این حالت با برآورد خوبى $\Lambda \approx_0 \alpha$ در نظر Ω_0 مقومى آن است. بنابراین مىتوان در این حالت با برآورد خوبى ($\eta \approx_0 \alpha_0$ در نظر Ω_0 موهومى آن است. بنابراین مىتوان در این حالت با برآورد خوبى ($\eta \approx_0 \alpha_0$ در نظر Ω_0 موهومى آن است. بنابراین مىتوان در این حالت با برآورد خوبى ($\eta \approx_0 \alpha_0$ در نظر Ω_0 در نظر مىتوان در این حالت با برآورد خوبى در مى در نظر Ω_0 در نظر مىت در مى در باید در این حالت نقش بارامتر در Ω_0 در مى د

$$Z = (R + iQ) = r^{3} \int_{0}^{\infty} \mathbf{R}_{0}(\omega, \lambda, \rho(z)) \frac{\lambda^{3}}{\alpha_{0}} e^{-2\alpha_{0}h} J_{0}(\lambda r) d\lambda$$
(14)

از مقایسه رابطه (۱۴) و (۳) داریم:

$$k(\lambda) = r^3 \frac{\lambda^3}{\alpha_0} e^{-2\alpha_0 h} R_0$$
(1۵)

$$R_{0} = \frac{\sqrt{\lambda^{2} - \omega^{2} \varepsilon_{0} \mu_{0} + i\omega\mu_{0} / \rho_{0}} - \sqrt{\lambda^{2} - \omega^{2} \varepsilon_{0} \mu_{0}}}{\sqrt{\lambda^{2} - \omega^{2} \varepsilon_{0} \mu_{0} + i\omega\mu_{0} / \rho_{0}} + \sqrt{\lambda^{2} - \omega^{2} \varepsilon_{0} \mu_{0}}}$$
(19)

$$r(\lambda) = r^3 \frac{\lambda^3}{\alpha_0} e^{-2\alpha_0 h} \tag{1V}$$

حال کد مربوط به الگوریتم حاصل را بازنویسی نموده و به مدلسازی دو مثال پیشین پرداخته میشود. برای مدل زمین همگن نتایج حاصل در شکل۳ نمایش داده شده است.

همان گونه که در این شکل مشاهده می شود نتایج حاصل از مدلسازی با روش گوپتا بهبودیافته نسبت به حالت پیشین بسیار دقیق تر شده و حتی در محاسبه مقاومتویژه نسبت به روش سیمون نیز بهبود وضعیت نشان میدهد و به صورت بسیار جزئی تر در عمق نفوذ نیز از این روش پیشی گرفته است.

نتایج مربوط به مدل زمین چهار لایه نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. ضمن مقایسه این نتایج با شکل ۲، بهبود بسیار محسوس نتایج هنگام به کارگیری پارامتر α در روش گوپتا، به خوبی قابل تأیید است. ضمن این که در روش گوپتا بهبودیافته، مقادیر مقاومتویژه بخصوص برای لایههای ژرفتر نسبت به روش سیمون اندکی به واقعیت نزدیکترند.

لازم به یادآوری این که بهبود نتایج مدلسازی بر روی مدلهای متعددی مشاهده شد؛ که نگارندگان تنها به ذکر دو مورد از آنها بسنده نمودند.

3- نتیجهگیری

نتایج حاصل از مدلسازی مدلهای مصنوعی حاکی از آن است که با اعمال ضریب در انتگرال القای الکترومغناطیس، مقادیر حاصل از مدلسازی پیشرو بهبود قابل ملاحظهای یافته و در رسیدن به نتایج وارون نیز بهبود آشکاری حاصل می شود. ضمن آن که در بسامدهای خیلی زیاد نیز که موضوع نوینی در تحقیقات جاری دنیا در این زمینه است، به دلیل مشکلاتی که در مقادیر حقیقی و موهومی معادله القا در این بسامدها رخ می دهد و نقاط تکین متعددی ظاهر می شوند، بهبود قابل ملاحظهای حاصل شده است. یکی دیگر از مهم ترین نتایج این نوشتار، بهبود نتایج مدل سازی، بدون اندک تغییری در سرعت دستیایی به نتایج است. چرا که در عمل و هنگام مدل سازی روش مدل سازی بسیار حائز اهمیت است. نکته قابل توجه دیگر این که، با رسیدن روش مدل سازی بسیار حائز اهمیت است. نکته قابل توجه دیگر این که، با رسیدن روش های دقیق مقاومت ویژه و ژرفا در روش های خیلی سریع، می توان از این نتایج در روش های دقیق تر مدل سازی که هنگام اجرا نیازمند یک مدل اولیه برای شروع فرایند *WWW*.SID.it

مدلسازی هستند؛ نیز استفاده نمود و در نتیجه با استفاده از یک مدل اولیه دقیق، در نهایت به نتایج دقیق تری آن هم در زمان کوتاه تر دست یافت.

البته همچنان آبهاماتی وجود دارد که این نکات نیز باید در تحقیقات آتی بیشتر مورد توجه واقع شوند. یکی از مهم ترین این نکات، بهبود نتایج در تفکیک دقیق تر لایههای زیر سطحی و مقاومتویژه آنهاست. دیگر آن که هنوز هم مشکلاتی در بسامدهای خیلی زیاد برداشت وجود دارد. به نحوی که حذف کامل نقاط تکین هنگام تغییر بسامد نسبت به مقادیر حقیقی و موهومی معادله القا، از جمله آنهاست.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق بدون مساعدتهای آقایان دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی از دانشگاه صنعتی شاهرود، دکتر اووه میر (Uwe Meyer) و همکاران ایشان در انستیتو علوم زمین و منابع طبیعی آلمان(Resources and Natural)، ممکن نبود. از ایشان به خاطر این مساعدتها سپاسگزاریم.



شکل ۱- نتایج مدلسازی مربوط به یک زمین همگن با مقاومتویژه ۲۰۰ اهم متر با دو روش سیمون و گوپتا



شکل ۲- نتایج مدلسازی مربوط به یک زمین چهار لایه با دو روش سیمون و گوپتا

Archive of SID

معرفی انتگرال بهبود یافته ماندری در مدلسازی معکوس دادههای الکترومغناطیس هوابرد و ...





شکل۳– نتایج مدلسازی مربوط به یک زمین همگن با مقاومتویژه ۲۰۰ اهم متر با روش سیمون و گویتا بهبود یافته

References

Fraser, D. C., 1978- Resistivity mapping with an airborne multi-coil electromagnetic system, Geophysics, 43: 144–172.

Guptasarma, D. & Singh, B., 1997- New digital filters for Hankel J0 and J1 transforms, Geophysical Prospecting, 45: 745-762.

- Mundry, E., 1984- On the interpretation of airborne electromagnetic data for the two-layer case: Geophysical Prospecting, 32: 336-346.
- Sengpiel, K. P. & Siemon, B., 1998- Examples of 1D inversion of multifrequency AEM data from 3D resistivity distributions, Exploration Geophysics, 29: 133–141.

Sengpiel, K. P. & Siemon, B., 2000-Advanced inversion methods for airborne electromagnetic, Exploration. Geophysics, 65: 1983–1992.

Sengpiel, K. P., 1990- Theoretical and practical aspects of ground-water exploration using airborne electromagnetic techniques. In: Fitterman, D.V. (ed.), Proceedings of the USGS Workshop on Developments and Applications of Modern Airborne Electromagnetic Surveys. 1987: Golden, Co, 149–154. USGS Bulletin 1925, Denver, Co.

Siemon, B., 2001- Improved and new resistivity –depth profiles for helicopter electromagnetic data. Journal of Applied Geophysics, 46: 65– 76. Siemon, B., 2007- Levelling of helicopter-borne frequency-domain electromagnetic data, Journal of Applied Geophysics, xx: xxx-xxx. Wait, J. R., 1982- Geo-Electromagnetism, Academic Press Inc, New York.





Definition and Comparison Improved Mundry's Integral withMundry's Integral on HEM Data Inverse Modeling

A. R. Arab-Amiri^{1*}, A. Moradzadeh¹, D. Rajabi¹, B. Siemon²& N. Fathianpour³

¹Shahrood University of Technology, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood, Iran.

² Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover, Germany.

³ Isfahan University of Technology (IUT), Faculty of Mining Engineering, Isfahan, Iran.

Received: 2008 August 23 Accepted: 2009 January 14

Abstract

It is about 30 years that Helicopter electromagnetic (HEM) surveys are being used for rapid mineral and ground water exploration, environmental investigations and also geological mapping in extensive areas. Despite this, one of the most important problems in using obtained data from the surveys is accurate interpretation of the data. Otherwise, there will be no beneficial results while spending high costs. Thus the interpretation of the data is as old as the surveys. Several experts have tried to improve the interpretation of HEM data and they have achieved great successes. Almost the results of all these surveys are presented as resistivity (or conductivity)-depth sections. To reach this target, the first step is to solve the electromagnetic induction integral equation. As solving this integral is not possible using analytical methods, several numerical methods such as Laplace transformation, Hankel transformation and Jacobi-Matrix methods have been suggested for the solution of the integral, and different approaches have been presented with each method by various authorities. One of the most important solution methods is fast Hankel transformation. In this paper, it is attempted to use this method for finally obtaining resistivity-depth sections. For solving the induction equation by this method, we need the kernel function of the integral and weighting coefficients that replace the Bessel function in the integral. For this, first we use the Guptasarma-Singh method. Then results of this method are corrected and evaluated. Then, these results will be analyzed and tested with two synthetic models in addition to presenting the results of inverse modeling. Finally, by adding new parameter named α_0 to induction equation, we will clearly see an improvement in the results of inverse modeling. Meanwhile, the problem of singularity that occurs at high frequencies is almost removed.

Key words: Helicopter electromagnetic, Inverse modeling, Mundry's integral, Improved Mundry's integral.

For Persian Version see pages 115 to 118

*Corresponding author: A. R. Arab-Amiri; E-mail: aamiri@gsi.ir

The Study of Calcareous Nannofossils Correlation and Foraminifera Planktonic of Gurpi Formation in East of Behbahan

S. Senemari^{1*}, L. Fazli² & M. Omrani³

¹ Department of Mining, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

² Department of Geology, Faculty of science, Islamic-Azad University, Damavand, Iran

³ Department of Geology, Faculty of science, Islamic-Azad University, Karaj, Iran

Received: 2007 May 01 Accepted: 2008 December 15

Abstract

Nannofossils and foraminifera planktonic have been short range stratigraphy and spread vast geographical because of that two fossils groups can be used for subdividing biostratigraphy. According to this, and due to the lack of any correlational paleontological study, the nannofossils of Gurpi Formation have been investigated in north of Gachsaran. This formation has been formed of marl. As a result of this study and based on the obtained nannofossils and foraminifera planktonic, the studied section is Late Santonian to Late Maastrichtian in age, that corresponding to CC16-CC26 Zones (Sissingh, 1977) and *Dicarinella asymetrica- Globotruncanita* elevata Zone to *Abathomphalus mayaroensis* Zone (James & wind, 1985).

Keywords: Corrolation, Calcareous Nannofossils, Planktonic Foraminifera, Gurpi Formation, East of Behbahan.

For Persian Version see pages 119 to 126

* Corresponding author: S. Senemari; E_mail: senemari2004@yahoo.com