JRAG
نشریه پژوهش های ژئوفیزیک کاربردی
دوره ۲، شماره ۱، ۱۳۹۵، صفحات ۵۶-۴۹
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22044/JRAG.2016.603

هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوابرد شمال معلّمان بدون استفاده از خطوط کنترلی

فاطمه گرامی صادقیان[۱]، علی نجاتی کلاته[۲*] و علیرضا عرب امیری[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- استادیار، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۳- دانشیار، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۱۷؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۸

* نویسنده مسئول مکاتبات: nejati@shahroodut.ac.ir

واژگان کلیدی

هم‌تراز سازی
داده‌های مغناطیس هوابرد
روش کمترین مربعات
معلّمان

چکیده

مزایای غیر قابل اغماض در برداشت‌های ژئوفیزیک هوابرد، این روش را امروزه به یک روش کارآمد و سریع تبدیل کرده است. در این روش‌ها نواحی با وسعت بالا با سرعت قابل قبولی برداشت می‌شوند. برداشت‌های ژئوفیزیک هوابرد توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری که به یک هلیکوپتر یا هواپیما نصب شده، انجام می‌شود. در یک پروژه هوابرد به دلیل وسعت بالای منطقه تحت پوشش و برداشت در بازه‌های زمانی متفاوت، اثر تغییرات بلندمدت میدان مغناطیسی در داده‌های مغناطیس هوایی قابل مشاهده خواهد بود. هدف از هم‌تراز سازی (Leveling) داده‌های مغناطیس هوابرد، کنترل مقادیر ثبت شده میدان و حذف اثرات باقی‌مانده از تغییرات زمانی و رانهٔ دستگاه است. در این مقاله، هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوابرد بدون استفاده از خطوط کنترلی انجام شده است. در روش بکار گرفته شده در این مقاله، ابتدا با استفاده از فیلتر هنینگ (Hanning) نه نقطه‌ای، نمایشی هموار از میدان ناحیه‌ای ایجاد شده و سپس مقدار خطای هم‌تراز سازی بین داده‌های خام و میدان ناحیه‌ای به دست آمده، در یک روند کمینه‌سازی تخمین زده خواهد شد. مقدار این خطا با تابع درجه اول از طریق روش کمترین مربعات کمینه می‌شود. در نهایت مقادیر خطای حاصله بر روی داده‌های تراز نشده، اعمال می‌گردد. این روش و روش هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی، بر روی داده‌های منطقه‌ای واقع در شمال روستای معلمان از استان سمنان اعمال گردیده است، نتایج حاصله، نشان دهنده کارایی خوب روش کمترین مربعات در هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوابرد بدون استفاده از خطوط کنترلی است.

۱- مقدمه

مطالعه مغناطیس زمین، قدیمی‌ترین شاخه ژئوفیزیک است. اکتشافات مغناطیسی در خشکی، دریا و هوا انجام می‌شوند. برتری اصلی در مغناطیس‌سنجی هوابرد سرعت زیاد اندازه‌گیری است. در این روش هدف، اندازه‌گیری شدت کل میدان مغناطیسی زمین است که می‌توان با انجام فرآیند پردازشی بر روی داده‌های خام برداشت شده و حذف اثرات محیطی نهایتاً به نقشه شدت کل میدان مغناطیسی بی‌هنجاری‌های مغناطیسی پوسته زمین دست یافت.

پردازش داده‌های مغناطیس هوایی شامل هشت مرحله در دو فاز است (Luyendyk, 1997). فاز اول یا پیش‌پردازش که شامل دو مرحله ویرایش داده‌های خام و مختصات‌دار کردن داده‌ها است و فاز دوم یا پردازش که شامل شش مرحله به ترتیب زیر است. حذف اثر جابجایی مکانی سنسور مغناطیس‌سنج و محل آنتن GPS، حذف اثر تغییرات روزانه میدان مغناطیسی، تصحیح IGRF، هم تراز سازی داده‌های برداشت شده، ریز هم‌تراز سازی و در نهایت شبکه‌بندی.

هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوابرد گام مهم و نهایی در پردازش و تفسیر داده‌ها است. وجود اثرات خطی که پس از اعمال تصحیحات تا قبل از هم‌تراز سازی، همچنان در شبکه داده‌ها دیده می‌شوند، مانع از کار دقیق تفسیر می‌شود. به منظور حذف این اثرات خطی و تفسیر بهتر، خطوط کنترلی (Tie line) برداشت می‌گردند. خطوط کنترلی، خطوطی عمود بر خطوط اصلی پرواز هستند که در بازه زمانی کوتاه برداشت می‌شوند. به این ترتیب در نقاط تقاطع خطوط اصلی و کنترلی باید مقادیری یکسان ثبت شود. سپس خطوط پرواز با خطوط کنترلی با استفاده از نقاط تقاطع، هم‌تراز می‌شوند. هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی به علت گرادیان‌های بالای میدان آنومالی و کم بودن ارتفاع پرواز که در سیستم‌های برداشت مدرن به کار گرفته می‌شود، ناکارآمد است، با این وجود و همچنین علی‌رغم اعمال بار مالی و بالا بردن هزینه عملیات، معمول‌ترین روش برای هم‌تراز سازی داده‌های برداشت شده، استفاده از خطوط کنترلی است و تقریباً در اغلب برداشت‌های هوابرد انجام می‌شود. این مطلب اهمیت اعمال هم‌تراز سازی را در داده‌های مغناطیس هوابرد اثبات می‌کند. هاوتانیمی[1] (۲۰۰۵) روش هم‌تراز سازی داده‌ها را با استفاده از خطوط کنترلی مجازی ارائه کرد. این خطوط مجازی از داده‌های خطوط اصلی پرواز به دست می‌آیند، بدین گونه که پروفیل‌هایی عمود بر جهت خطوط اصلی اولیه پرواز طراحی می‌شود. با استفاده از دو یا چند خط مجازی در فاصله مناسب و منطقی، می‌توان همه خطوط را هم‌تراز کرد. این تکنیک مبتنی بر پیوستگی ویژگی‌های زمین‌شناسی در مکان‌های خطوط کنترلی مجازی و همچنین پایین بودن گرادیان میدان کل است. از دیگر روش‌های هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوایی بدون نیاز به خطوط کنترلی، استفاده از گرادیان‌های افقی است که توسط نلسون[2] (۱۹۹۴) ارائه گردید. فدی[3] و فلوریو[4] (۲۰۰۳) از تبدیل موجک به منظور حذف روندهای جهتی در داده‌ها، استفاده کردند. بیکی[5]، باستانی[6] و پدرسن[7] (۲۰۱۰) خطای هم‌تراز سازی را به وسیله برازش چند جمله‌ای به داده‌ها، تعیین کرده و داده‌های الکترومغناطیس و مغناطیس را تصحیح کرده‌اند. هانگ[8] (۲۰۰۸) روش همبستگی خط به خط را معرفی نمود، در این روش یک خط مرجع اولیه انتخاب شده و با استفاده از آن، خط مجاورش تصحیح می‌شود، این فرایند به صورت پیشرونده ادامه دارد و خطوط باقی‌مانده به ترتیب مرجع و تصحیح می‌گردند. انتخاب خط مرجع اولیه به‌صورت چشمی و دلخواه است و اگر درست انتخاب نشود، در تصحیح همه خطوط باقیمانده اشتباه صورت می‌گیرد. وایت[9] و بیمیش[10] (۲۰۱۵) روشی کاملاً محاسباتی و کامپیوتری با کمترین دخالت کاربر را ارائه کردند. در این روش داده‌های مغناطیس هوایی با حجم زیاد به‌طور خودکار هم‌تراز می‌شوند. در این مقاله، هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوابرد بدون استفاده از خطوط کنترلی با استفاده از روش کمترین مربعات انجام می‌شود و نتایج هم‌تراز سازی این روش با روش هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی مقایسه می‌گردد. روش مورد استفاده در این مقاله تلفیق روش‌های ارائه شده هانگ (۲۰۰۸) و وایت و بیمیش (۲۰۱۵) است.

۲- بیان روش

در پروژه‌های هوابرد هدف از انجام هم‌تراز سازی، حذف کلیه اثرات خطی موجود در داده‌های مغناطیس تا حد امکان است، وجود این اثرات خطی مانع از کار دقیق تفسیر می‌شود. در این مقاله هم‌تراز سازی داده‌های مغناطیس هوابرد بدون استفاده از خطوط کنترلی انجام شده است. در این روش تصحیحات تا قبل از مرحله هم‌تراز سازی بر روی داده‌ها اعمال شده و سپس از داده‌های نیمه پردازش شده برای به دست آوردن میدان ناحیه‌ای استفاده گردیده است. روش شبکه‌بندی Bi-directional مقادیر داده‌ها را با فاصله شبکه مطلوب ($\frac{1}{8}$ تا $\frac{1}{4}$ فاصله خطوط برداشت)، در جهت خطوط پرواز درون‌یابی می‌کند (oasis montaj-complete workflow).

در مرحله اول فرایند هم‌تراز سازی، همزمان با شبکه‌بندی داده‌ها، فیلتر پایین گذر با طول موج قطع (cut off) بین هشت تا ده

[1]- Hautaniemi

[2]- Nelson
[3]- Fedi
[4]- Florio
[5]- Beiki
[6]- Bastani
[7]- Pedersen
[8]- Hung
[9]-White
[10]- Beamish

برابر فاصله خطوط پرواز اعمال می‌شود. سپس فیلتر هنینگ نه نقطه‌ای شامل ماتریس کانولوژن ۳×۳، به منظور حذف تمامی نویزهای فرکانس بالای باقیمانده و هموارسازی مطلوب داده‌ها استفاده می‌شود. داده‌های میدان مغناطیسی ناحیه‌ای به دست آمده، m_r، در مکان‌های یکسان، x، با داده‌های مغناطیسی هم‌تراز نشده، m_d، نمونه‌گیری می‌گردد (White and Beamish, 2015)، بدین ترتیب در هر خط پرواز، دو ستون داده وجود خواهد داشت، یک ستون داده‌های پیش پردازش و دیگری داده‌های میدان مغناطیسی ناحیه‌ای به دست آمده با فیلترهای پایین‌گذر و هنینگ نه نقطه‌ای. پس هرکدام از خطوط پرواز شامل N نقطه به‌صورت زیر است:

$$m_r = (m_{r1}, m_{r2}, ..., m_{rN})^T \quad (۱)$$

$$m_d = (m_{d1}, m_{d2}, \ldots, m_{dN})^T \quad (۲)$$

$$x = (x_1, x_2, \ldots, x_N) \quad (۳)$$

Δd، خطای بین میدان‌ها در مکان یکسان x، $m_r - m_d$، است. توزیع آماری Δd شبیه به توزیع نرمال است. به منظور به دست آوردن تابع خطای بهینه، f(x)، از روش حداقل کمترین مربعات استفاده شده است.

$$R^2 = \| \Delta d - f(x) \|^2 = \min \quad (۴)$$

ساده‌ترین مدل از تابع خطای f(x)، یک چندجمله‌ای درجه اول است، در این‌گونه مسائل خطای هم‌تراز سازی خطی است و اثر آن تنها شامل یک جابجایی مستقیم (DC shift) است (Huang, 2008). تابع f(x) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f(x) = a_0 + a_1 x \quad (۵)$$

که a_0 و a_1 ضرایب است. می‌توان معادله (۴) را به صورت زیر نوشت (Menke, 1989):

$$R^2 = \sum_{i=1}^{N} [\Delta d_i - a_0 - a_1 x_i^1]^2 \quad (۶)$$

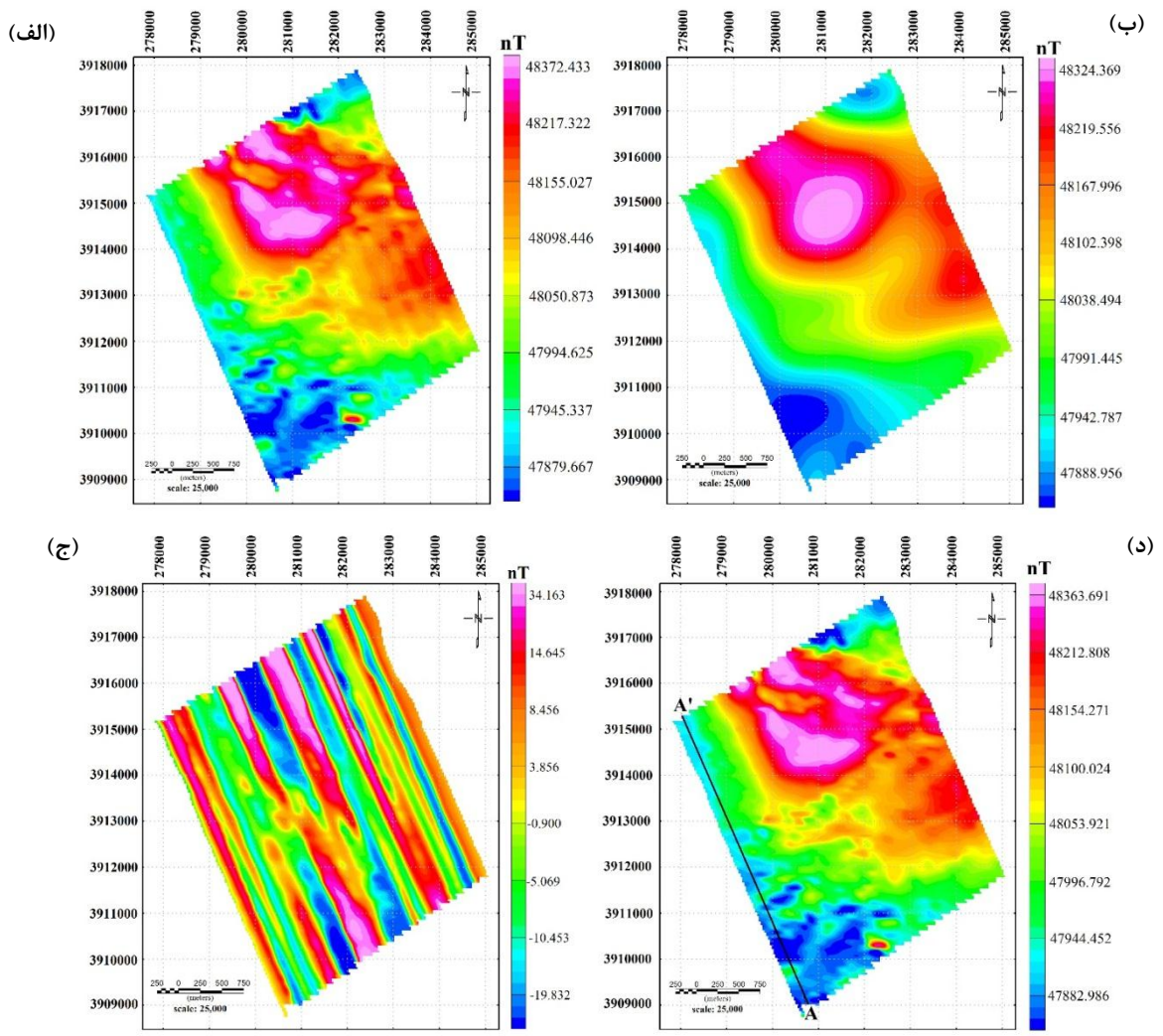
ضرایب a_0 و a_1 به آسانی با استفاده از روش حداقل کمترین مربعات به دست می‌آیند. پس از تعیین f(x) برای هر خط پرواز، مقادیر تصحیح مربوط به تمام نقاط خطوط پرواز به دست می‌آید که از اعمال آن‌ها به داده‌های نیمه پردازش شده، شبکه مربوط به داده‌های هم‌تراز شده حاصل می‌گردد. به منظور اعمال f(x)، بایستی مقدار آن در هر نقطه برداشت، از مقدار داده‌های پیش پردازش شده آن نقطه کسر گردد. به منظور ارزیابی، این روش بر روی داده‌های مغناطیس هوایی منطقه‌ای واقع در شمال روستای معلمان اعمال شده است. این داده‌ها در سال ۲۰۰۴ توسط شرکت Fugro با فاصله خطوط دویست متر در امتداد شمال غرب-جنوب شرق برداشت شده است. حدود ارتفاع پرواز در این عملیات ۱۸/۶ متر تا ۱۲۲/۷ متر با متوسط ۴۸/۳ متر و انحراف معیار ۱۳/۹ متر بوده است. مراحل هم‌تراز سازی داده‌های پیش‌پردازش شده در شکل ۱ نشان داده شده است. شکل ۱- الف نقشه میدان مغناطیسی کل را پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز تا قبل از مرحله هم‌تراز سازی نشان می‌دهد. با توجه به اینکه پس از تصحیحات اولیه، هنوز اثرات خطی در شبکه داده‌ها دیده می‌شود، نیاز به هم‌تراز سازی داده‌ها، به وضوح مشهود است. میدان ناحیه‌ای نمایش داده‌شده در شکل ۱- ب، با استفاده از اعمال فیلتر پایین‌گذر با طول موج قطع ۱۸۰۰ متر، همزمان با شبکه‌بندی داده‌ها به دست آمده است. این میدان ناحیه‌ای، میدان مرجع برای هم‌تراز سازی داده‌ها است. شکل ۱- ج نقشه میزان تصحیح هم‌تراز سازی اعمال شده را نشان می‌دهد که این مقدار برای هم‌تراز شدن داده‌ها بایستی از مقدار داده‌های اصلی کسر گردد و در آخر شکل ۱- د نقشه داده‌های تصحیح شده را نشان می‌دهد.

کاملاً واضح است اثرات خطی که به روشنی در امتداد خطوط اصلی در شکل ۱- الف، قابل مشاهده بودند، در شکل ۱- د تا حد زیادی از بین رفته‌اند. به منظور مشاهده اثر هم‌تراز سازی بر داده‌های پیش پردازش شده، داده‌های یک پروفیل دلخواه، قبل و بعد از هم‌تراز سازی را با دو تکنیک، استفاده از خطوط کنترلی و بدون استفاده از خطوط کنترلی، در شکل ۲ و ۳ نمایش داده شده است. در شکل ۲- الف داده‌های مغناطیسی پروفیل 'AA که بر روی شکل ۱- د رسم شده، قبل و بعد از هم‌تراز سازی با استفاده از روش کمترین مربعات نشان داده شده است. میزان تصحیح اعمال شده بر روی داده‌ها در شکل ۲- ب دیده می‌شود. در شکل ۲- الف به وضوح دیده می‌شود که داده‌ها پس از اعمال تابع خطا همان‌طور که در بالا گفته شد، فقط یک جابجایی مستقیم داشته‌اند. داده‌های مغناطیسی پیش پردازش شده و هم‌تراز شده با استفاده از خطوط کنترلی و همچنین میزان تصحیح اعمال شده در پروفیل 'AA به ترتیب در شکل ۳- الف و ۳- ب نمایش داده شده است.

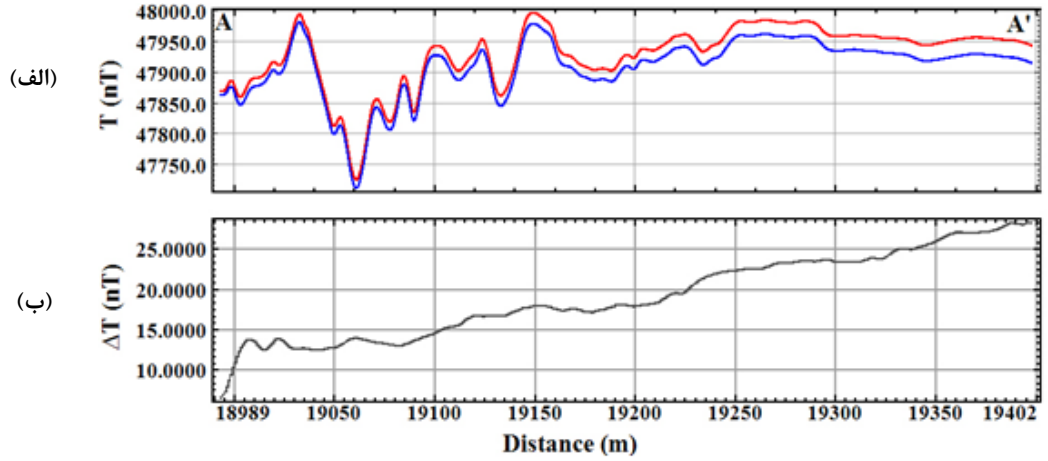
به دلیل کوچک بودن دامنه تصحیحات نسبت به داده‌های برداشت شده از سطح زمین، مشاهده اثر این تصحیحات دشوار می‌باشد. زمانی که اثرات خطی به سختی در داده‌ها قابل درک هستند، به منظور بررسی کیفیت هم‌تراز سازی انجام شده، از تحلیل و بررسی سیگنال تحلیلی داده‌ها استفاده می‌شود. به دلیل اینکه دامنه سیگنال تحلیلی، با استفاده از مشتق در سه جهت تعریف می‌شود، هرگونه آثار خطی که در نقشه میدان کل قابل مشاهده نبوده باشد در این مرحله پس از مشتق گرفتن در سه جهت بارز می‌گردد و بدین صورت می‌توان میزان کیفیت هم‌تراز سازی را بررسی کرد. اگر پس از اعمال سیگنال تحلیلی آثار خطی زیادی بر روی نقشه‌ها دیده شود نشان از عدم کیفیت روش هم‌تراز سازی دارد (Roest et al., 1992; Beamish and White, 2011; White and Beamish, 2011).

در روش هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی، پس از اتمام برداشت، تعدادی خط برداشت متقاطع (ترجیحاً عمود) با خطوط اصلی برداشت، در مدت زمانی کوتاه‌تر برداشت می‌شود. فاصله خطوط کنترلی در پروژه کنونی تقریباً دوازده برابر فاصله خطوط اصلی برداشت یعنی برابر با ۲۵۰۰ متر می‌باشد. در محل تقاطع این خطوط کنترل با خطوط اصلی، مقادیر میدان مغناطیسی برابر نیستند. این اختلاف مقدار در نقاط تقاطع باید کمینه شود و پس از

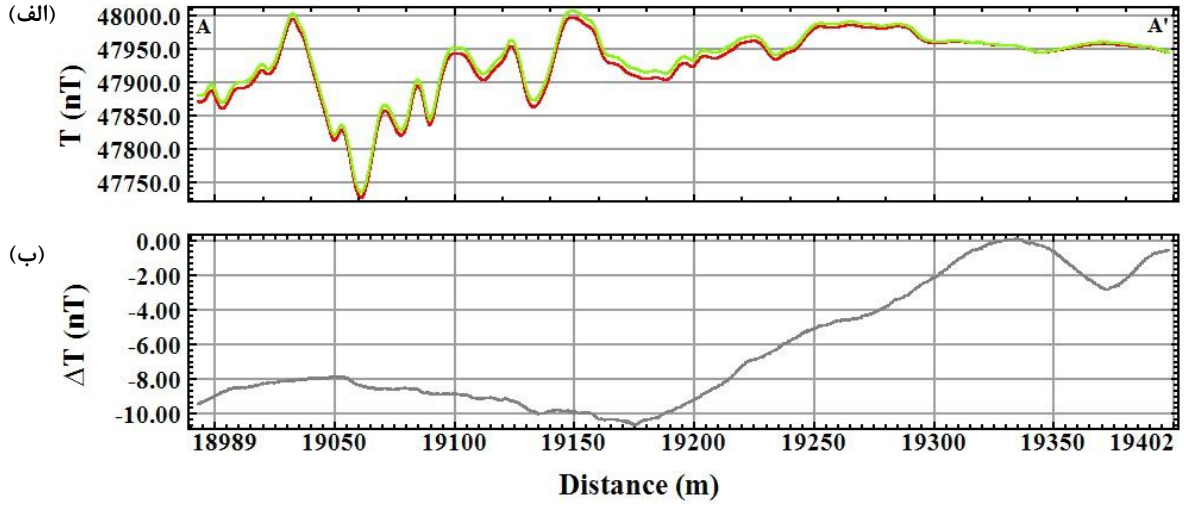
آن داده‌ها هم‌تراز می‌شوند. شکل ۴ سیگنال تحلیلی سه دسته از داده‌ها را نشان می‌دهد: به ترتیب داده‌های پیش پردازش، داده‌های هم‌تراز شده با استفاده از خطوط کنترلی و داده‌های هم‌تراز شده بدون استفاده از خطوط کنترلی.



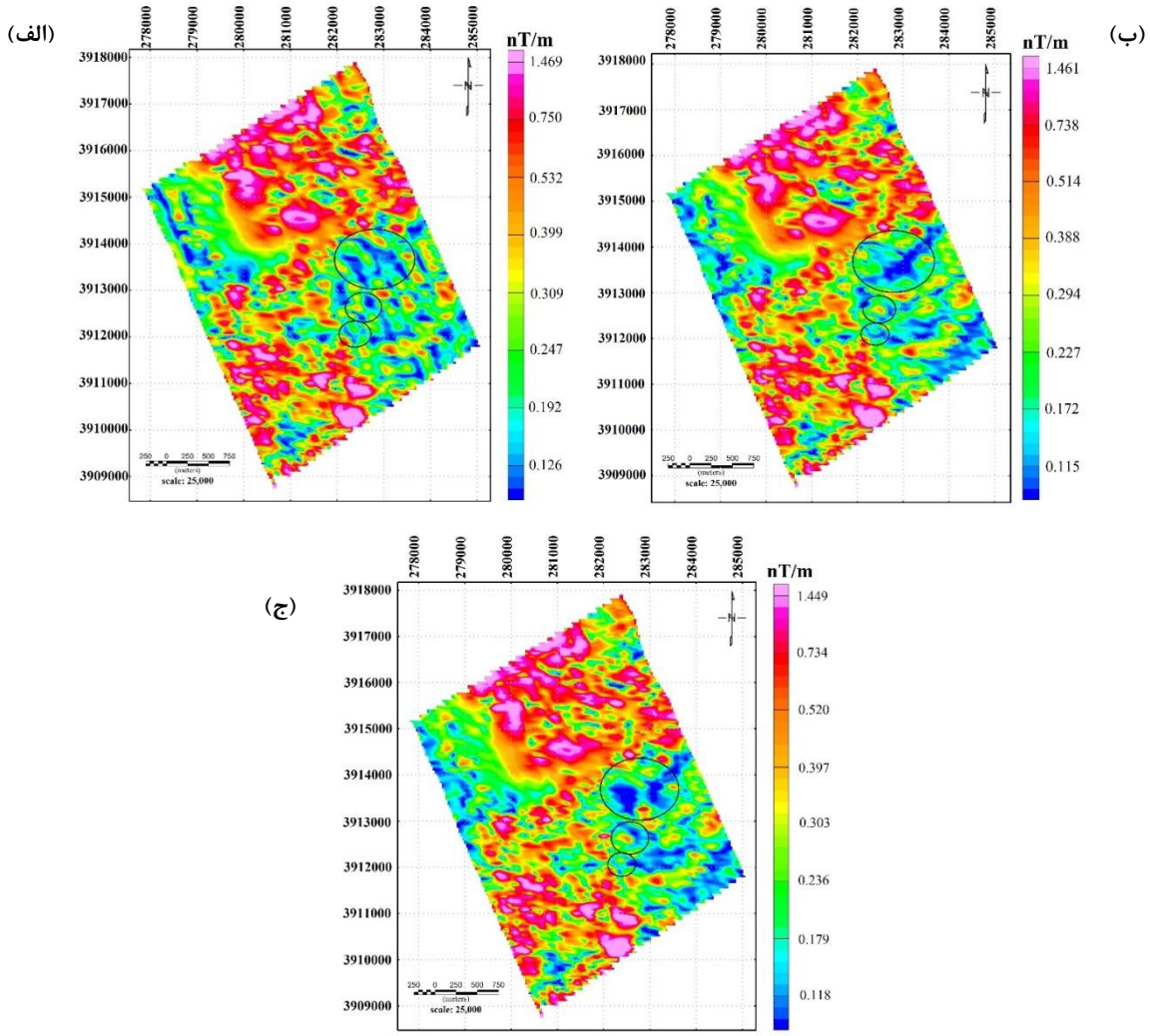
شکل ۱: داده‌های کیفیت بالا مغناطیس هوایی منطقه شمال روستای معلمان در استان سمنان. (الف) داده‌های پیش پردازش شده؛ (ب) میدان ناحیه‌ای به دست آمده با استفاده از فیلتر پایین‌گذر؛ (ج) میزان تصحیح هم‌تراز سازی؛ (د) داده‌های هم‌تراز شده.



شکل ۲: نمودار تغییرات داده‌های مغناطیسی در مسیر خط پرواز ('AA) در شکل (د)۱: (الف) داده‌های پیش پردازش شده (قرمز) و هم‌تراز شده با استفاده از روش کمترین مربعات (آبی)؛ (ب) خطای هم‌تراز سازی اعمال شده.



شکل ۳: نمودار تغییرات داده‌های مغناطیسی در مسیر خط پرواز ('AA) در شکل (د)۱: (الف) داده‌های پیش پردازش شده (قرمز) و هم‌تراز شده با استفاده از خطوط کنترلی (سبز)؛ (ب) خطای هم‌تراز سازی اعمال شده.



شکل ۴: سیگنال تحلیلی داده‌های میدان مغناطیسی کل (الف) سیگنال تحلیلی داده‌های پیش پردازش؛ (ب) سیگنال تحلیلی داده‌های هم‌تراز شده بدون استفاده از خطوط کنترلی؛ (ج) سیگنال تحلیلی داده‌های هم‌تراز شده با استفاده از خطوط کنترلی.

از مقایسه نتایج این دو روش مشاهده می‌شود که نقشه‌های خروجی این دو روش، از لحاظ وجود آثار خطی مشابه هم هستند و روش هم‌تراز سازی بدون استفاده از خطوط کنترلی به خوبی روش هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی اثرات خطی را کاهش داده است با این وجود که در روش هم‌تراز سازی بدون استفاده از خطوط کنترلی هیچ نیازی به هزینه سنگین برداشت خطوط کنترلی نیست و در عین حال در مقایسه دو شکل ۴- ب و ۴- ج دیده می‌شود در برخی نواحی روش مورد استفاده در مقاله، بهتر از روش استفاده از خطوط کنترلی جواب داده است، این نواحی در شکل‌های ۴- الف تا ج مشخص شده است. روش هم‌تراز سازی بدون استفاده از خطوط کنترلی در مقایسه با روش هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی، در دو ناحیه A و B، اثرات خطی را به طور کامل بهبود بخشیده است و در ناحیه C، این اثرات را بدون ایجاد آنومالی‌های دروغین در گرادیان‌های مغناطیسی تا حد زیادی تضعیف کرده است. در منطقه شمال غرب نقشه نیز می‌توان دید که روش هم‌تراز سازی بدون استفاده از خطوط کنترلی در حذف اثرات خطی، نسبت به روش هم‌تراز سازی استفاده از خطوط کنترلی موفق‌تر عمل کرده است.

۳- نتیجه‌گیری

هم‌تراز سازی گام مهمی در راستای تهیه نقشه‌هایی فاقد اثرات خطی و کیفیت بالا و در نتیجه تفسیر و تحلیل بهتر داده‌ها می‌باشد. در روش‌های معمول هم‌تراز سازی از خطوط کنترلی استفاده می‌گردد. امروزه تیم‌های بزرگ برداشت داده‌ها نظیر تیم JAC، خطوط کنترلی را برداشت نمی‌کنند. به دلیل گرادیان‌های بالای میدان آنومالی و کم بودن ارتفاع پرواز که در سیستم‌های برداشت مدرن بکارگرفته می‌شود، استفاده از خطوط کنترلی ناکارآمد است. در این مقاله روشی بدون نیاز به خطوط کنترلی بکار گرفته شده است که این عمل باعث صرفه‌جویی ده درصد در هزینه‌های عملیاتی می‌شود. روش مذکور بر روی داده‌های منطقه‌ای واقع در شمال معلمان اعمال گردیده و در مقایسه با روش هم‌تراز سازی با استفاده از خطوط کنترلی نتایج قابل قبولی را در حذف اثرات خطی و نامطلوب در داده‌ها نشان داده و به طور محسوس کیفیت داده‌های خام هم‌تراز نشده را بهبود بخشیده است. با استفاده از این روش می‌توان با هزینه عملیاتی پایین‌تر، به نتایج مطلوبی در راستای حذف اثرات خطی از داده‌ها دست پیدا کرد.

۴- منابع

Beamish, D. and White, J.C., 2011, Aeromagnetic data in the UK: a study of the information content of baseline and modern surveysacross Anglesey, North Wales, Geophysical Journal International, 184, 171-190.

Beiki, M., Bastani, M. and Pedersen, L.B., 2010, Leveling HEM and aeromagnetic data using differential polynomial fitting, Geophysics, 75, L13-L23.

Fedi, M. and Florio, G., 2003, Decorrugation and removal of directional trends of magnetic fields by the wavelet transform, application to archaeological areas, Geophysical Prospecting, 51, 261-272.

Hautaniemi, H., Kurimo, M., Multala, J., Leväniemi, H. and Vironmäki, J., 2005, The 'three in one' aerogeophysical concept of GTK in 2004, Aerogeophysics in Finland 1972-2004, Methods, System Characteristics and Applications, Vol. 39 (ed M.-L. Airo), pp. 21-74. Geological Survey of Finland, Special Paper.

Huang, H., 2008, Airborne geophysical data levelling based on line to- line correlations, Geophysics, 73 (3), F83-F89.

Luyendyk, A.P.J., 1997, Processing of airborne magnetic data, Journal of Australian Geology and Geophysics, 17, 31-38.

Menke, W., 1989, Geophysical data analysis, Discrete inverses theory, Academic Press Inc.

Nelson, J.B., 1994, Leveling total field aeromagnetic data with measured horizontal gradients, Geophysics, 59, 1166-1170.

Oasis montaj How-To Guide (complete workflow for oasis montaj), 2014.

Roest, W.R., Verhoef, J. and Pilkington, M., 1992, Magnetic interpretation using 3-D analytical signal, Geophysics, 57, 116-125.

White, J.C. and Beamish, D., 2011, Magnetic structural information obtained from the HiRES airborne survey of the Isle of Wight, Proceedings of the Geologists' Association, 122, 781-786.

White, J.C. and Beamish, D., 2015, Levelling aeromagnetic survey data without the need for tie-lines, Geophysical Prospecting, 63, 451-460.

Shahrood University of Technology

JOURNAL OF RESEARCH ON APPLIED GEOPHYSICS

(JRAG)

2016, VOL 2, NO 1

(DOI): 10.22044/JRAG.2016.603

Leveling Aeromagnetic Data without Tie Lines

Fatemeh Gerami-Sadeghian[1], Ali Nejati-Kalateh[2*] and Alireza Arab-Amiri[3]

1- M.Sc. Student, School of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
2- Assistant Professor, School of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
3- Associate Professor, School of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 8 December 2015; Accepted: 18 January 2016

Corresponding author: nejati@shahroodut.ac.ir

Keywords

Leveling
Aeromagnetic data
Least square method
Moalleman

Extended Abstract

Summary

Temporal changes in the earth magnetic field occur in the frequency band of millihertz to a few hertz. Amplitudes of variations above 0.1 Hz are usually much smaller than 1 nT, changes of 50-100 nT over periods of a few hours are not uncommon. Total-field aeromagnetic surveys typically require days or weeks to complete. An airborne magnetometer measures variations in the magnetic field caused by flying over magnetic geological structures and by temporal variations in the earth magnetic field. The most common method of estimating and removing the effects of time variations is called leveling. The standard procedure of leveling the data requires additional tie-lines flown perpendicularly to the original lines. In this study, a leveling approach is used without the need for tie-lines. The method, used in this paper, utilizes nine-point Hanning filter to creat a smooth representation of the regional magnetic field. The leveling errors are the difference between the flight-line raw magnetic data and the derived regional magnetic field. The magnitude of the error is minimized through least square method with a first-degree function, and the correction involves only a diurnal correction (DC) shift. The technique is applied to the aeromagnetic data set acquired in Moalleman area, Semnan, Iran. The results show that the stripy effects are removed and the unleveled data is improved.

Introduction

Aeromagnetic data have to be leveled for removing temporal variation effects from the observed anomalies. The leveling of aeromagnetic data is an important step in interpretation procedure. We can assume that the total magnetic intensity is invariant within the altitude variations of the aircraft. As such, measured data at intersection points, should record same values. Differences at cross points (where tie-lines intersect the flight lines) are attributed to leveling errors. The flight-lines are then leveled using leveling errors. Due to strong gradients in the anomaly magnetic field and the low flight altitude at modern surveys, errors at intersection points are commonly larger than the potential accuracy of modern high-resolution aeromagnetic surveys (e.g., < 1 nT). Hautaniemi (2005) has presented a leveling approach using the synthetic virtual tie-lines that are obtained from the main line survey data, so that the profile lines are designed to be perpendicular to the primary main lines direction. Nelson (1994) has used the horizontal magnetic gradient data to level total magnetic field data. Fedi and Felorio (2003) have utilized the wavelet transform to decorrugated magnetic data. A new leveling procedure has been introduced by Bastani, Beiki and Pedersen (2010). This technique is based on one-dimensional (1-D) and two-dimensional (2-D) polynomial fitting in sliding windows. Hung (2008) has proposed a new approach to level airborne geophysical data based on line to line correlations. White and Beamish (2015) have described a technique in which data can be leveled without the need for tie-lines using a regional grid.

Methodology and Approaches

Leveling aeromagnetic data can be carried out using two methods. In the first method, leveling the data is made using tie-line. Leveling the data in the second method is carried out without the need to tie-lines. Corrections, which have to be performed before leveling, include diurnal and heading corrections. If required, an international geomagnetic reference field (IGRF) correction has to be applied. By using a nine-point Hanning (3*3 convolution) filter, any high-frequency noise is removed, and the regional magnetic field data, which are free of leveling errors, are derived. The

differences between unleveled magnetic data and derived regional magnetic field data should be minimal. Therefore, we can write:

$M_r=(mr_1, mr_2, \dots , mr_N)^T$

$M_d=(md_1, md_2, \dots , md_N)^T$

$X= (x_1, x_2, \dots , x_N)$

$\Delta d = m_d - m_r$

$|\Delta d-f(x)|^2 = \min$

where M_r is the derived regional magnetic field data, M_d is unleveled magnetic line data and f(x) is the error function. The function f(x) can be defined as first-degree polynomial and is determined in a least-square sense along each line in the survey.

Results and Conclusions

leveling is necessary before processing and interpretation of aeromagnetic data. The standard procedure of leveling the data is performed using tie lines. The acquisition of aeromagnetic data over the tie lines are expensive. In this paper, the aeromagnetic data have been leveled using a new approach without the need for tie lines. It has also been shown that this approach can save about 10% of the operational cost. This scheme has the major advantages such as leveling is done computationally, not manually, and also, leveling large data set is made in less than an hour. This technique has been tested on a real aeromagnetic data set acquired from an area in north of Moalleman, Semnan, Iran. In the analysis of the two applied leveling techniques, we see that the least square method improves the quality of the unleveled raw data better than in the tie line technique.