

شناسایی گسل‌های رشته کوه بزقوش با استفاده از داده‌های مغناطیس‌سنگی هوابرد، جنوب سراب

سعید مجرد، میثم مقدسی، و یاسر دهبان

چکیده

رشته کوه بزقوش در شمال غرب ایران بین استان اردبیل و آذربایجان شرقی (جنوب شهر سراب) قرار گرفته است. سنگ‌های آتشفسانی سنوزوئیک آذرآواری سنوزوئیک گسترش چشمگیری در رشته کوه بزقوش دارند. گسل‌ها و ساختارهای زمین-شناسی در رشته کوه بزقوش اغلب به صورت خطی و کمانی می‌باشند. در این مقاله، با استفاده از فیلترهای زاویه کجی و گرادیان افقی مغناطیسی در محدوده رشته کوه بزقوش خطوارهای مغناطیسی پنهان و زیرسطحی تشخیص داده شد. این خطوارهای زاویه کجی و گرادیان افقی کل مغناطیسی کاملاً منطبق با ساختارها، گسل‌های اصلی و فعل زمین‌شناسی در رشته کوه بزقوش بودند. و ساختارهای زیرسطحی دیگری نیز در محدوده با استفاده از این فیلترهای مغناطیسی شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: رشته کوه بزقوش، سراب، مغناطیس‌سنگی، زاویه کجی، گرادیان افقی کل، ساختارهای زیرسطحی

Identification of Bozghosh mountain range faults using Aeromagnetic data, South of Sarab

Abstract

The mountain range is located in the northwest of Iran between Ardebil province and East Azarbaijan (southern city of Sarab). Cenozoic volcanic rocks are widely distributed in the mountainous region. The faults and geological structures in the mountain range are often linear and arched. In this paper, using magnetic angle gradient and gradient filters in the range of mountainous buccal patterns, the hidden and submerged magnetic paths were detected. These angles of inclination and the horizontal gradient of the entire magnetic field are in perfect agreement with the structures, main faults and active geology in the mountain range. Subterranean structures in the range were also identified using these magnetic filters.

Keywords: Sarab, Tilt Angle, THDR, Aeromagnetic, linear, Structures

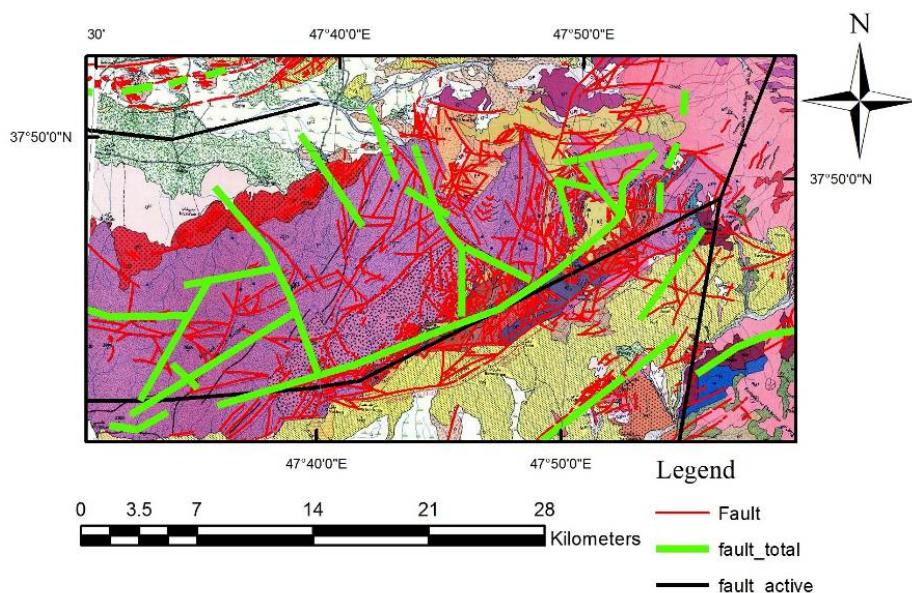
۱ مقدمه

ایران به عنوان بخشی از سیستم کوه‌زایی آلب - هیمالیا دارای تاریخچه تکتونیکی پیچیده‌ای است که مهم‌ترین ساختارهای تکتونوماگمایی آن طی بسته شدن شاخه‌هایی از اقیانوس نئوتیس در دوران مژوزوئیک و سنوزوئیک شکل گرفته است (الوی، ۱۹۹۴-۲۰۰۴). حرکت رو به شمال صفحه آفریقا - عربی باعث فرونش آن به زیر بلوک ایران در کرتاسه پایانی تا میوسن شده و در نهایت، منجر به برخورد صفحات آناتولی - ایران و صفحه عربی در میوسن میانی و پایانی شده است (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱) و (چیو و همکاران، ۲۰۱۳). رشته کوه بزقوش بین پهنه‌های Bitlis-Zagros و پهنه ماقمایی پونتید شرقی - قفقاز کوچک و البرز قرار گرفته است. قدیمی‌ترین سنگ‌ها در منطقه سراب دارای سن کامبرین می‌باشند، و در جنوب خاوری رشته کوه‌های بزقوش در گردنه بالخلی و شمال خاوری روستای قندقلو نمایان گردیده‌اند. در محدوده مورد مطالعه رشته کوه بزقوش و ناحیه مرکزی آن رسوبات کرتاسه پسین بروزنگی دارند. به گونه‌ایی که دگرشب طبقات رسوبی پرمن را می‌پوشاند. در اثر فعالیت‌های تکتونیکی در این دوره گدازه‌های دیابازی تا آندزیتی همراه با توف در بخش زیرین کرتاسه تشکیل شده است. این گدازه‌ها به رنگ سیاه خاکستری با حفراتی پر شده از کلسیت، کلریت و کلسدوئن بوده و متشکل از بلورهای پلاژیوکلاز با ترکیب حدوداً (آنذین تا لاپرادوریت) که معمولاً به کربنات و کلریت تجزیه شده است. رشته کوه بزقوش در شمال غرب ایران و بین استان اردبیل و آذربایجان شرقی در محدوده $47^{\circ} 37'$ و $52^{\circ} 53'$ عرض شمالی و $47^{\circ} 05'$ و $47^{\circ} 07'$ طول شرقی قرار دارد.

این رشته کوه با شکل کمانی از شرق به غرب روند NEE - WNW دارد. گسل‌های اصلی و کارساز در منطقه بیشتر دارای راستای E-W و NW-SE هستند. مهم‌ترین آن‌ها گسل‌های دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه بزقوش می‌باشند که باعث

راندگی این ارتفاعات در دشت‌های میانه و سراب موجب پایین رفتگی دو طرف رشته کوه گردیده است (الوی، ۱۹۹۴). در قسمت مرکزی رشته کوه بزقوش دارای ساختار فرارانده بالا آمده است (بربریان، ۱۹۸۱).

کره زمین را می‌توان به شکل یک دو قطبی بزرگ در نظر گرفت که دارای میدان مغناطیسی است. شدت این میدان روی سطح کره زمین متغیر است و بین 25000 نانوتسللا در استوا تا 66000 نانوتسللا در دو قطب تغییر می‌کند. به همین دلیل بسیاری از سنگ‌ها متأثر از این میدان، دارای خاصیت مغناطیسی هستند که به آن مغناطیدگی القایی می‌گویند. میدان ناشی از ماده به طور مستقیم با شدت میدان حاضر و همچنین نوع ماده متناسب است که این باعث تقویت میدان محلی می‌شود و یک بی‌هنجری مغناطیسی محلی ایجاد می‌کند که هدفهای ژئوفیزیک اکتشافی را تشکیل می‌دهد. لذا برای استخراج جزئیات موجود در نقشه و بر جسته‌سازی پدیده‌ها و ساختارهای مولد بی‌هنجری‌هایی با شدت‌های متفاوت از روش‌های فیلتر کردن استفاده می‌شود. هنگام به کار گیری فیلترهای متفاوت روی داده‌های میدان پتانسیل، بیشترین تلاش برای ایجاد تعادل بین نویه و سیگنال‌های موجود در تصویر فیلتر شده صورت می‌گیرد (کوپر، ۲۰۰۶). شکل (۱) نقشه زمین‌شناسی منطقه به همراه گسل‌های زمین‌شناسی و فعال در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (رشته کوه بزقوش به همراه گسل‌های زمین‌شناسی، اصلی و فعال)

۲ روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات مغناطیس‌سنگی هواپرداز و اطلاعات زمین‌شناسی منطقه رشته کوه بزقوش با توجه پیچیدگی ساختارها و روند گسل‌های منطقه رشته کوه بزقوش، و با استفاده از فیلترهای زاویه کجی (Tilt Angle) و گرادیان افقی کل مغناطیسی (THDR) خطواره‌های حاصل از این فیلترها را با توجه به گسل‌های اصلی و فعال زمین‌شناسی را در منطقه مقایسه شده است.

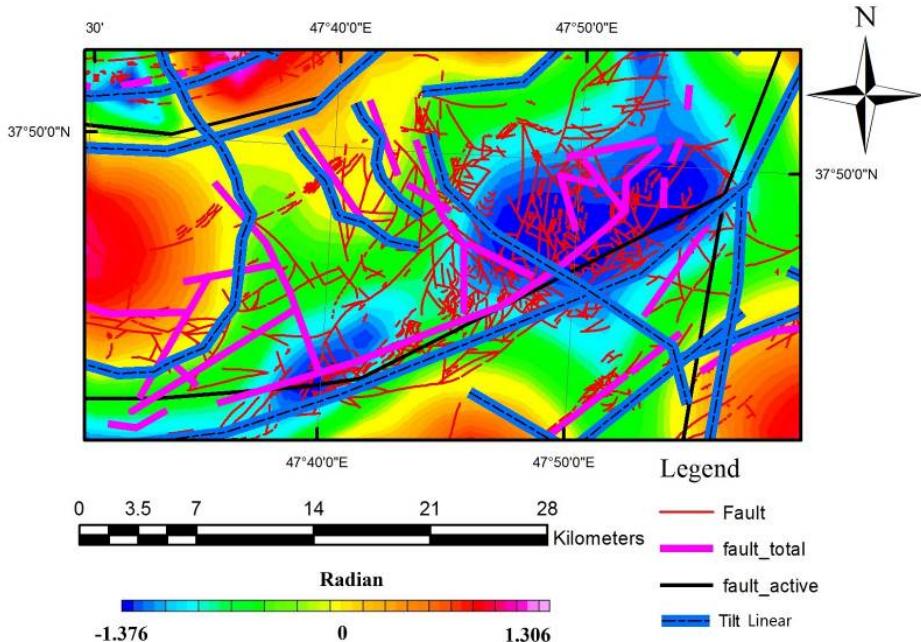
فیلتر زاویه کجی: اولین فیلتر فازی، زاویه تیلت است که میلر و سینگ (۱۹۹۴) به صورت رابطه (۱) معرفی کردند.

$$T = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial f}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2}} \right) \quad (1)$$

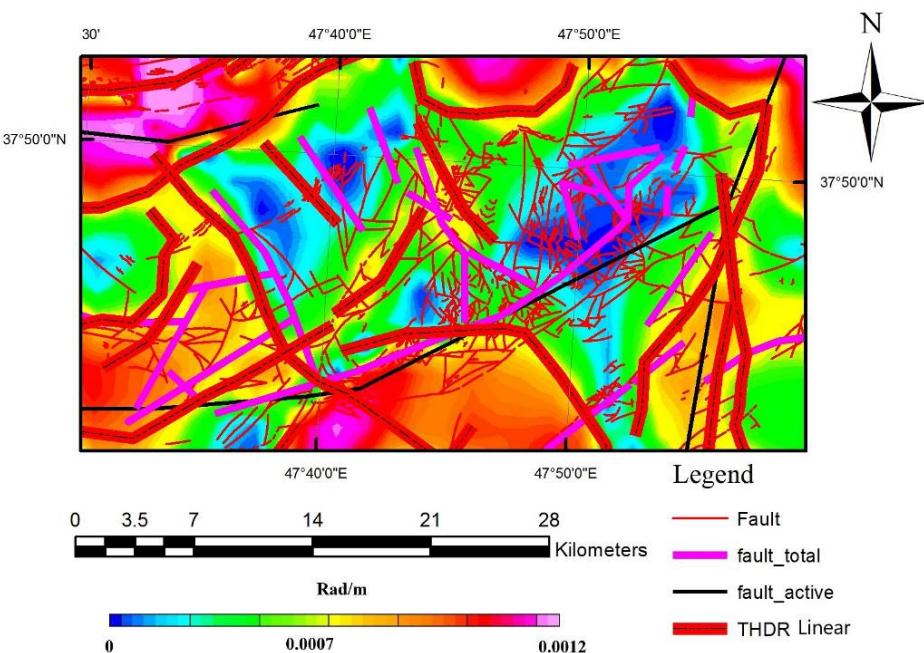
کانتور صفر این فیلتر مرز توده را مشخص می‌کند؛ با این حال، این فیلتر یک فیلتر برآورده مرز نیست. برای بی‌هنجری با تابیان چگالی مثبت، مقدار زاویه کجی در بالای آنومالی مثبت می‌باشد. در نزدیک لبه‌ها جایی که مشتق عمودی صفر و مشتق افقی

بیشترین مقدار را دارد، مقدار زاویه کجی صفر و بیرون از منطقه آنومالی زیر سطحی، منفی می‌باشد. زاویه کجی دارای گسترهای بین -90° تا $+90^\circ$ درجه می‌باشد و نسبت به زاویه فاز سیگنال تحلیلی دارای تفسیر بسیار ساده‌تری می‌باشد. یکی از معایب زاویه کجی، کارایی نداشتن آن در هنگام حضور منابع عمیق است که این مشکل با مشتق‌گیری از زاویه کجی برطرف می‌شود. یکی از روش‌های تعیین دقیق‌تر روندهای ساختاری منطقه با استفاده از داده‌های مغناطیس‌سنجدی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها که از داده‌های مشتق اول افقی و قائم حاصل می‌شود با عنوان Derivative Tilt از داده‌های مغناطیس‌سنجدی است. این تحلیل بر اساس ترکیب گرادیان افقی THDR و تحلیل گر اویلر است؛ که روندهای ساختاری مانند گسل‌ها را بهتر آشکار می‌سازد. بر اساس این تحلیل مقادیر ماکزیمم گرادیان افقی معروف لبه‌های آنومالی می‌باشند و تحلیل گر اویلر نیز عمق آنومالی‌ها را مشخص می‌سازد (سائیبی و همکاران، ۲۰۰۸). که در رابطه بالا f میدان گرانی یا مغناطیس، زاویه تمایل، $\frac{\partial f}{\partial x}$ ، $\frac{\partial f}{\partial y}$ و $\frac{\partial f}{\partial z}$ مشتق‌های میدان مغناطیسی نسبت به x ، y و z هستند. فیلتر زاویه کجی هنگامی که نقاط مشاهده روی چشمۀ آنومالی قرار دارد، دارای مقادیر مثبت است. در لبه آنومالی‌ها مقدار گرادیان قائم برابر با صفر و گرادیان‌های افقی بیشینه هستند بنابراین مقدار این فیلتر در لبه‌ها برابر با صفر و در سایر نقاط فیلتر دارای مقدار منفی خواهد بود. مقادیر زاویه تمایل با صرف نظر از مقدار مشتق‌های افقی و عمودی در بازه $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ قرار می‌گیرند. شکل (۲) نقشه زاویه کجی مغناطیس‌سنجدی به همراه خطواره‌های مغناطیسی اصلی، فعال و خطواره‌های حاصل از فیلتر نمایش داده شده است. با اعمال فیلتر زاویه تمایل بر روی داده‌های مغناطیس می‌توان گسل‌ها را شناسایی نمود، بدین صورت که مقدار زاویه تمایل در حالی که میل (شیب) میدان مغناطیسی 90° درجه است، بر روی گسل صفر است. به کمک زاویه تمایل می‌توان تا حدودی به جهت شیب گسل نیز پی برد چون از محل گسل در جهت شیب مقدار زاویه تمایل منفی است. وردوزکو و همکاران (۲۰۰۴) از گرادیان‌های کلی افقی، فیلتر زاویه کجی THDR به منظور آشکارسازی لبه‌ها استفاده کردند شکل (۳) نقشه گرادیان افقی کل مغناطیسی به همراه خطواره‌های مغناطیسی را نشان می‌دهد.

$$THDR = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2} \quad (2)$$



شکل ۲. نقشه زاویه کجی مغناطیس‌سنجدی به همراه خطواره‌های مغناطیسی و زمین‌شناسی



شکل ۳: نقشه گرادیان افقی کل مغناطیس‌سنگی به همراه خطوارهای مغناطیسی و زمین‌شناسی

۳ نتیجه‌گیری

در این مقاله، روش‌های زاویه کجی و گرادیان افقی کل بر روی داده‌های مغناطیس‌سنگی هوابرد مورد بررسی قرار گرفت. روش مغناطیس‌سنگی روشی بسیار مفید در شناسایی ساختارهای زیرسطحی می‌باشد. از جمله این ساختارها، گسل‌ها هستند و می‌توانند تا اعماق زیادی در پوسته زمین موجب جابه‌جا شدن لایه‌ها شوند. با استفاده از فیلتر زاویه کجی و فیلتر گرادیان افقی کل خطوارهای منطقه شناسایی شدند. گسل‌های زمین‌شناسی اصلی و فعلی در رشته کوه بزقوش مطابقت بسیار خوبی با خطوارهای مغناطیسی حاصل از فیلتر زاویه کجی و فیلتر گرادیان افقی کل داشتند. در این تحقیق، ساختارهای پنهانی که در سطح زمین قابل شناسایی نبودند یا امتداد روند آن‌ها قابل مشاهده نبوده است با استفاده از این روش‌ها قابل آشکارسازی بوده و روند آن‌ها شناسایی شدند.

منابع

- Alavi, M. 1994, Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics* 229: 211-238.
- Alavi, M. 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science* 304: 1-20.
- Chiu, H., Chung, S., Zarrinkoub, M., Mohammadi, S., Khatib, M. and Iizuka, Y. 2013, Zircon U-Pb age constraints from Iran on the magmatic evolution related to Neotethyan subduction and Zagros orogeny. *Lithos* 162-163: 70-87.
- Berberian, M. and King, G. C. P. 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran, *Canadian Journal of Earth Science* 18: 210-265.
- Cooper, G. R. J. and Cowan, D. R., 2006, Enhancing potential field data using filters based on the local phase, *Computers & Geosciences*, 32, 1585-1591.
- Miller, H. G. and Singh, V., 1994, Potential field tilt, a new concept for location of potential field sources, *Journal of Applied Geophysics*, 32, 213-217.
- Saibi, H., Nishijimia, J., Hirano, T., Fujimitsu, Y. and Ehara, S., 2008, Relation Between Structure and Low-Temperature Geothermal System in Fukuoka City, Southwestern Japan, *Earth Planets Space*, 60, 821-826.
- Verduzco B., Derek Fairhead, Chris M. Green, Chris MacKenzie, 2004, new insights into magnetic derivatives for structural mapping: The Leading Edge, 32(2), 116-119.