

کاربرد بی‌هنجاری‌های بوگه در اکتشاف منابع نفت منطقه چناران - شمال شرق ایران

احمد زمانی* و مهرداد براتی**

* بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز.

** بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی‌سینا.

دریافت مقاله: ۷۵/۹/۱۴ پذیرش مقاله: ۸۱/۷/۱۶

چکیده

در این تحقیق از روش گرانی‌سنجی برای اکتشاف منابع نفت در منطقه چناران واقع در شمال شرق ایران استفاده شده است. برای انجام این کار اطلاعات ثبت شده از ۸۱۶ ایستگاه گرانی‌سنجی که به فاصله ۱ کیلومتر از هم در طول ۲۶ پروفیل قرار داشته مورد استفاده قرار گرفته است. فاصله پروفیل‌ها با هم برابر و مساوی ۲ کیلومتر انتخاب شده است. پس از تعیین چگالی سطحی و انجام تصحیحات مربوطه، شامل تصحیح هوای آزاد، تصحیح بوگه، تصحیح عرض جغرافیایی، تصحیح ناحیه‌ای، تصحیح رانه و تصحیح جزر و مد (کشند) زمین، نقشه‌های دوبعدی و سه بعدی بی‌هنجاری‌های بوگه برای منطقه تهیه شده است. سپس با استفاده از روش‌های تحلیلی ادامه فراسو و مشتق دوم، بی‌هنجاری‌های محلی و منطقه‌ای جداسازی و تفسیر شده‌اند. نتایج به دست آمده دلالت بر وجود ساختارهای تاقدیسی و زون‌های گسله در منطقه می‌کند. با توجه به وضعیت زمین‌شناسی و نفت‌خیز بودن منطقه، احتمال وجود منابع نفت در این ساختارها بسیار قوی است. البته گسل‌های موجود در تجمع و یا فرار مواد هیدروکربونی نقش بسیار مهمی دارند.

کلیدواژه: ژئوفیزیک اکتشافی، گرانی‌سنجی، بی‌هنجاری بوگه، اکتشاف نفت، چناران (ایران)

۱ مقدمه

طور عمده برای مطالعه نواحی اقیانوسی قطبی و نقشه‌های بی‌هنجاری بوگه در مناطق قاره‌ای استفاده می‌شوند. هر بی‌هنجاری گرانی، ترکیبی از بی‌هنجاری‌های محلی و بی‌هنجاری‌های منطقه‌ای است. از طرفی الگوهای مختلف توزیع جرم در زمین می‌توانند بی‌هنجاری یکسان و مشابه ایجاد نمایند. بنابراین تفسیر نقشه‌های بی‌هنجاری گرانی در بیشتر مواقع با ابهاماتی همراه است. آگاهی از وضعیت زمین‌شناسی منطقه در برطرف نمودن این ابهامات بسیار مؤثر و مفید است. جداسازی و بررسی بی‌هنجاری محلی به طور عمده در پی‌جویی و اکتشاف منابع زیرزمینی، و بی‌هنجاری‌های منطقه‌ای برای مطالعه ساختارهای بزرگ، تغییر رخساره سنگ‌ها و آثار هم‌ایستایی در

معمولاً در پی‌جویی و اکتشاف منابع هیدروکربونی مناطق نفت‌خیز از گرانی‌سنجی برای شناسایی مقدماتی استفاده می‌شود. متداول‌ترین روش برای این کار مقایسه میان مقدار مشاهده شده و مقدار محاسبه شده نیروی گرانی در نقاط مختلف منطقه مورد کاوش است. تعیین تفاوت این دو مقدار در هر نقطه که در اصطلاح، بی‌هنجاری گرانی آن نقطه نامیده می‌شود، از اهداف اصلی کاوش‌های گرانی به‌شمار می‌رود. نتایج این کاوش‌ها در هر منطقه معمولاً به صورت نقشه‌های بی‌هنجاری هوای آزاد و بی‌هنجاری بوگه تهیه و ارائه می‌شود. با بررسی و تفسیر این نقشه‌ها می‌توان به وضعیت زمین‌شناسی و ساختارهای تکنونیک منطقه مورد مطالعه پی برد. نقشه‌های بی‌هنجاری هوای آزاد به

* چاپ این مقاله که در سال ۱۳۷۵ دریافت گردیده به سبب برخی از مشکلات ناشی از تغییر سیاست‌های هیئت تحریریه و نیز عدم پاسخ داوران اولیه و انتخاب داوران جدید، به تأخیر افتاده است. اکنون با هماهنگی با مؤلفان و رضایت آنها در این جلد از نشریه به چاپ رسیده است. بدیهی است اطلاعات داده شده در این مقاله مربوط به سال ۱۳۷۵ است و از آن تاریخ به بعد پژوهش‌های زیاد دیگری در این منطقه انجام شده است (هیئت تحریریه).

پوسته زمین استفاده می‌شوند.

در این طرح به منظور شناسایی مقدماتی و اکتشاف منابع هیدروکربونی در منطقه چناران واقع در شمال شرق ایران، از روش گرانی‌سنجی استفاده شده است. برای این کار اطلاعات برداشت شده از ۸۱۶ ایستگاه گرانی‌سنجی که به فاصله ۱ کیلومتر از هم در طول ۲۶ پروفیل قرار داشته‌اند مورد استفاده قرار گرفته است. فاصله پروفیل‌ها از یکدیگر ۲ کیلومتر بوده است. پس از تعیین چگالی و انجام کلیه تصحیحات لازم روی اطلاعات برداشت شده، نقشه‌های دوبعدی و سه بعدی بی‌هنجاری بوگه برای منطقه تهیه شده است. سپس با استفاده از روش‌های تحلیلی ادامه فراسو و مشتق دوم، بی‌هنجاری‌های محلی و منطقه‌ای، جداسازی و تفسیر شده‌اند. نتایج به دست آمده دلالت بر وجود ساختارهای تاقدیسی و زون‌های گسله در منطقه می‌کند. انجام مطالعات زمین‌شناختی و کاوش‌های ژئوفیزیکی نیز وجود این ساختارها را تأیید نموده است. با توجه به وضعیت زمین‌شناختی و نفت‌خیز بودن منطقه، احتمال وجود ذخایر نفت در این ساختارها بسیار قوی است. لازم به ذکر است که گسل‌ها در تجمع و یا فرار نفت در منطقه نقش مؤثر و مهمی دارند.

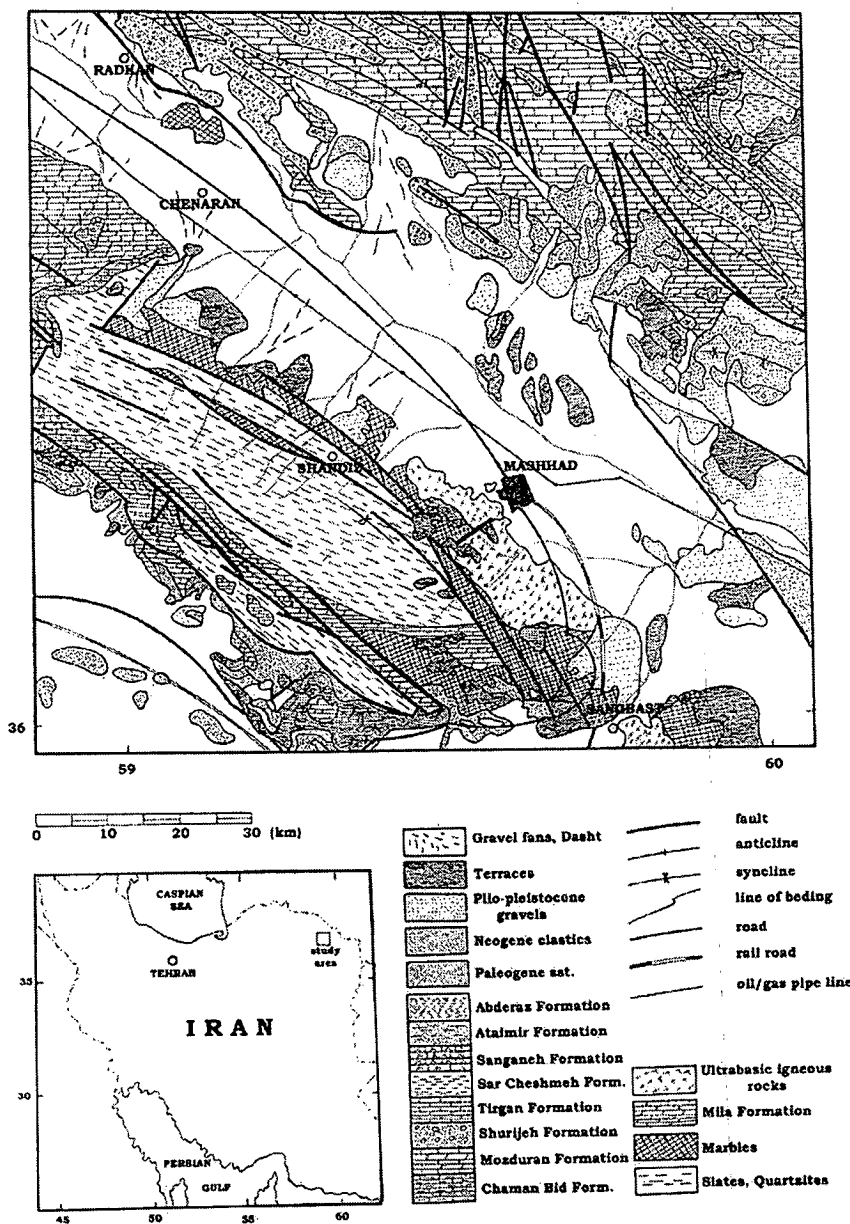
۲ جداسازی بی‌هنجاری‌ها

جداسازی بی‌هنجاری‌های گرانی در بررسی و تفسیر نتایج حاصل از کاوش‌های گرانی اهمیت فراوانی دارد. اگر چه برای جداسازی بی‌هنجاری‌های گرانی تلاش و کوشش فراوانی به عمل آمده است، اما با توجه به ماهیت میدان گرانی، بی‌هنجاری‌های موجود در آن را نمی‌توان کاملاً جداسازی یا حذف نمود. روش‌های موجود فقط قادر به تقویت و آشکارسازی نسبی بی‌هنجاری‌های گرانی‌اند. با آشکارسازی نسبی بی‌هنجاری‌های محلی و منطقه‌ای، پدیده‌های زمین‌شناسی و ساختارهای تکتونیکی را می‌توان به نحو مطلوب مطالعه و پی‌جویی نمود. روش‌های متعددی برای جداسازی نسبی بی‌هنجاری‌های گرانی وجود دارد، لیکن در تمام این روش‌ها یکی از سه طریق؛ ترسیمی، تحلیلی و مدل‌سازی

مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش‌های ترسیمی با صاف کردن خطوط پرفیدی و یا پروفیل‌های گرانی، بی‌هنجاری‌های محلی و منطقه‌ای به‌طور نسبی از هم جداسازی می‌شوند. در روش‌های تحلیلی با استفاده از روابط لاپلاس و استوکس، میدان گرانی اندازه‌گیری شده در سطحی معین را می‌توان به سطوح بالاتر یا ادامه فراسو و سطوح پایین‌تر یا ادامه فرسو تبدیل نمود. همچنین با محاسبه مشتق دوم که همان انحناهای میدان بی‌هنجاری گرانی است، می‌توان بی‌هنجاری‌های محلی را در هر منطقه آشکارتر ساخت. روش‌های مشتق دوم و ادامه فراسو را می‌توان به عنوان متداول‌ترین روش‌های تحلیلی جداسازی بی‌هنجاری گرانی نام برد. در مقایسه با روش‌های ترسیمی که معمولاً با تعصبات ذهنی همراه‌اند، روش‌های تحلیلی از دقت بیشتری برخوردارند. در روش‌های مدل‌سازی، با استفاده از اطلاعات مستقل و کافی از پدیده‌های زمین‌شناختی منطقه، آثار گرانی آنها محاسبه و جداسازی می‌شوند (شارما، ۱۹۸۶؛ شریف، ۱۹۸۹).

۳ مطالعه و بررسی بی‌هنجاری‌های بوگه در منطقه چناران

دشت چناران در شمال شرق ایران بین طول‌های جغرافیایی ۵۵'، ۸۵' و ۳۵'، ۵۹' شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۰'، ۳۶' و ۵۰'، ۳۶' شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه از شمال و شمال شرق به رشته کوه‌های هزارمسجد، از جنوب و جنوب غرب به رشته کوه‌های بینالود، از غرب به دشت قوچان و از شرق به دشت مشهد محدود می‌شود. این دشت از رسوبات کواترنر پوشیده شده است. تنها در حاشیه‌های شمالی و شمال شرقی آن بیرون‌زدگی‌هایی از سازند ماسه‌سنگی شوربچه وجود دارد. وجود سازندهای مارنی یا آهکی دوره‌های ژوراسیک و کرتاسه در منطقه چناران، مانند سازند مارنی و آهکی چمن‌بید، سازندهای متخلخل آهکی و دولومیتی تیرگان و مزدوران و سازندهای شیلی و مارنی سرچشمه و سنگانه، شرایط زمین‌شناسی مطلوبی برای تولید و تجمع مواد هیدروکربونی مهیا ساخته و این منطقه را در زمره مناطق نفت‌خیز ایران قرار داده است (افشارحرب، ۱۹۶۹ و

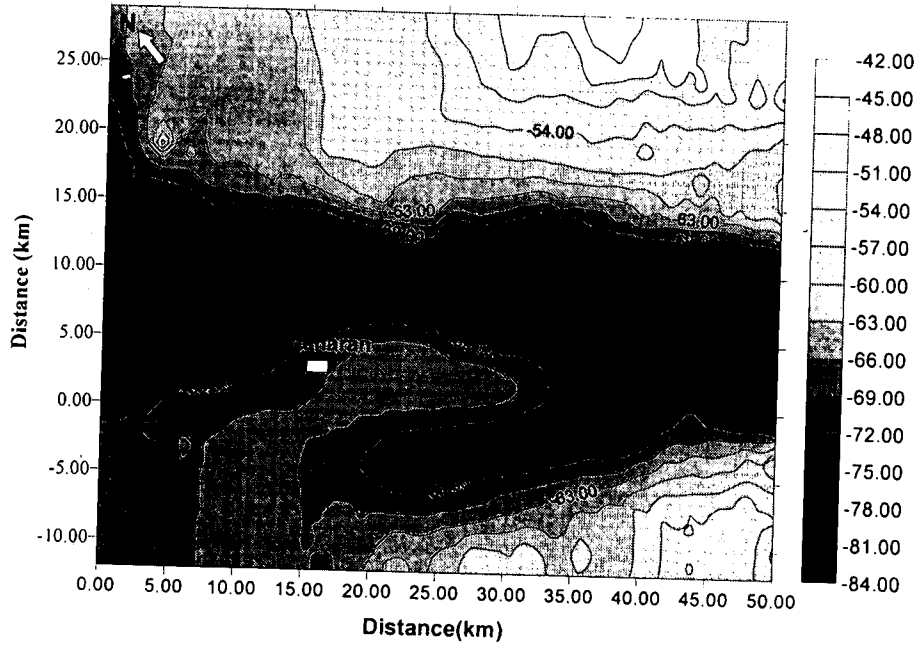


شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (NIOC, 1977).

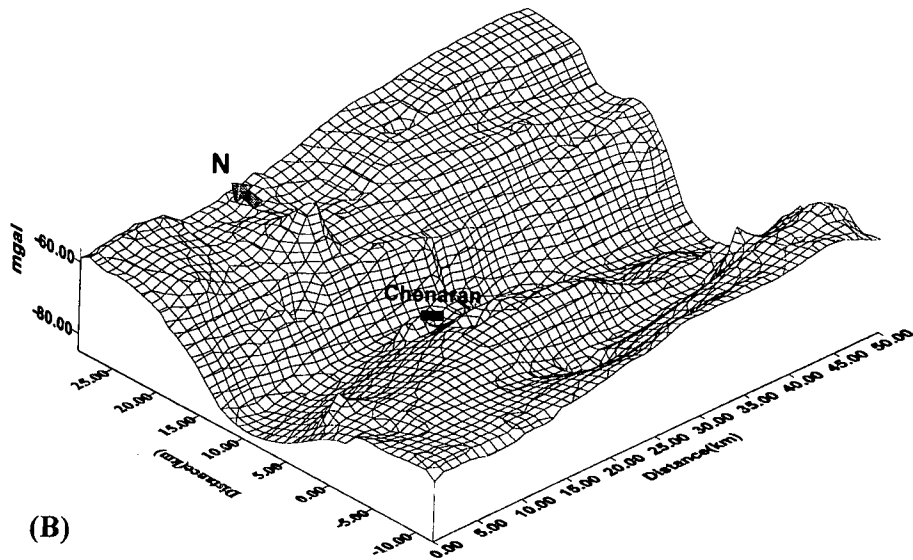
برای تجمع نفت در منطقه چناران است. طول منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰ کیلومتر و عرض آن بین ۴ تا ۱۸ کیلومتر است. اطلاعات برداشت شده مربوط به ۸۱۶ ایستگاه گرانی‌سنجی است که به فاصله ۱ کیلومتر از هم و در طول ۲۶ پروفیل قرار گرفته‌اند. فاصله پروفیل‌ها از یکدیگر ۲ کیلومتر است. فرمول بین‌المللی گرانی (فلاور، ۱۹۹۰) برای محاسبه مقادیر نظری گرانی به کار

دشت چناران به دلیل واقع شدن بین دو زون متفاوت کپه‌داغ و ایران مرکزی از ویژگی‌های خاص زمین‌شناختی برخوردار است و به سادگی نمی‌توان از مطالعات زمین‌شناختی سطح‌الارضی آن، به ساختارهای زمین‌شناختی در عمق پی برد. هدف از این عملیات، استفاده از روش گرانی‌سنجی برای شناسایی مقدماتی و پی‌جویی ساختارهای زمین‌شناختی مناسب

Bouguer anomaly maps
Chenaran area



(A)



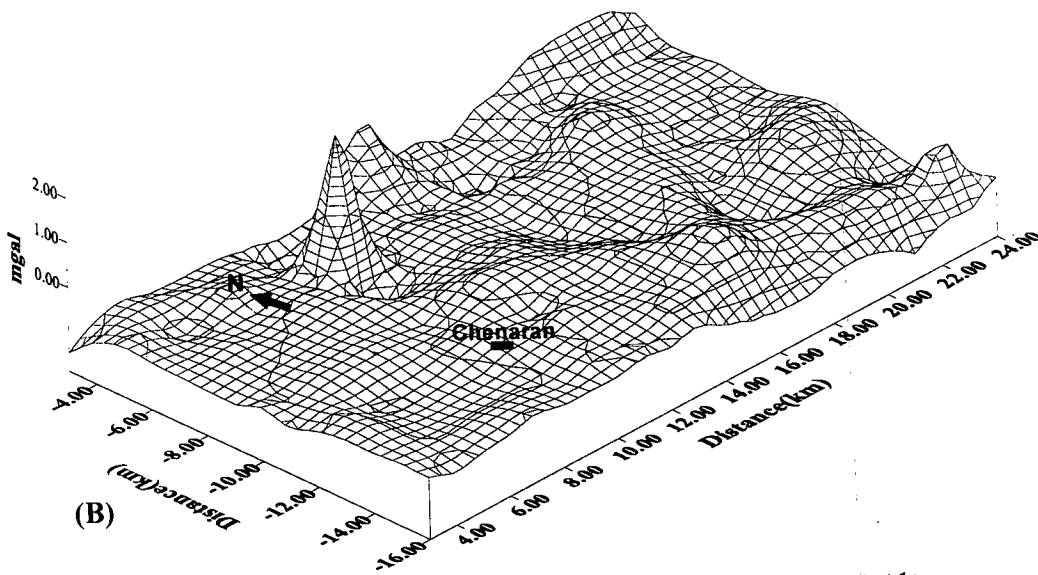
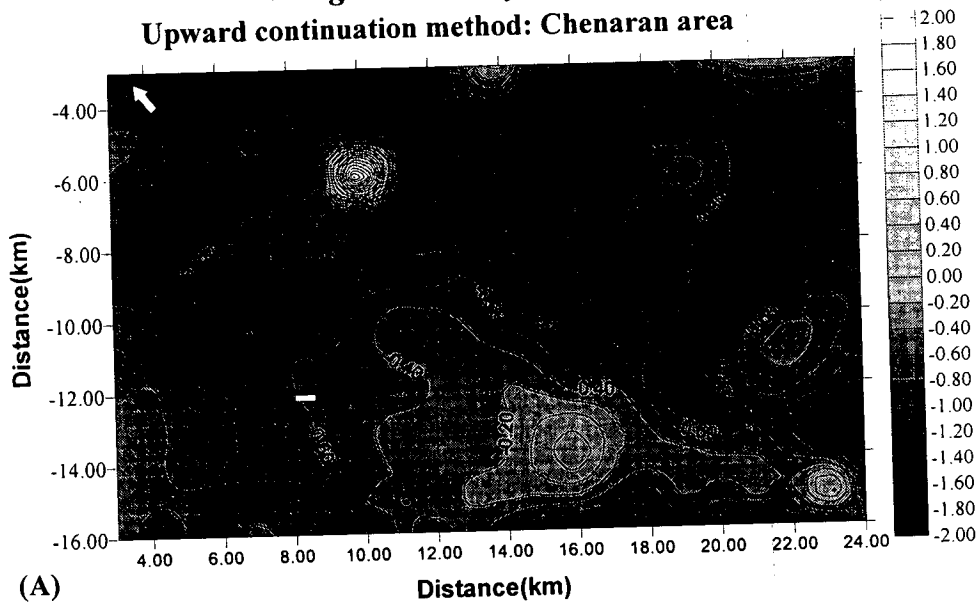
(B)

شکل ۲. نقشه دوبعدی (A) و سه بعدی (B) بی‌هنجاری بوگه در منطقه مورد مطالعه.

تصحیح عرض جغرافیایی، تصحیح ناحیه‌ای، تصحیح دریافت و تصحیح جزر و مد (کشند) زمین، نقشه بی‌هنجاری بوگه منطقه تهیه و رسم شده است (شکل ۲). سپس با استفاده از روش‌های تحلیلی، ادامه فراسو و مشتق دوم، به ترتیب بی‌هنجاری‌های

رفته است. از روش (نتلون، ۱۹۵۴ و ۱۹۷۶) نیز برای محاسبه چگالی سطحی استفاده شده و رقمی برابر با ۲/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب برای منطقه مورد مطالعه به دست آمده است. پس از انجام تصحیحات لازم از قبیل تصحیح هوای آزاد، تصحیح بوگه،

Bouguer anomaly maps
Upward continuation method: Chenaran area



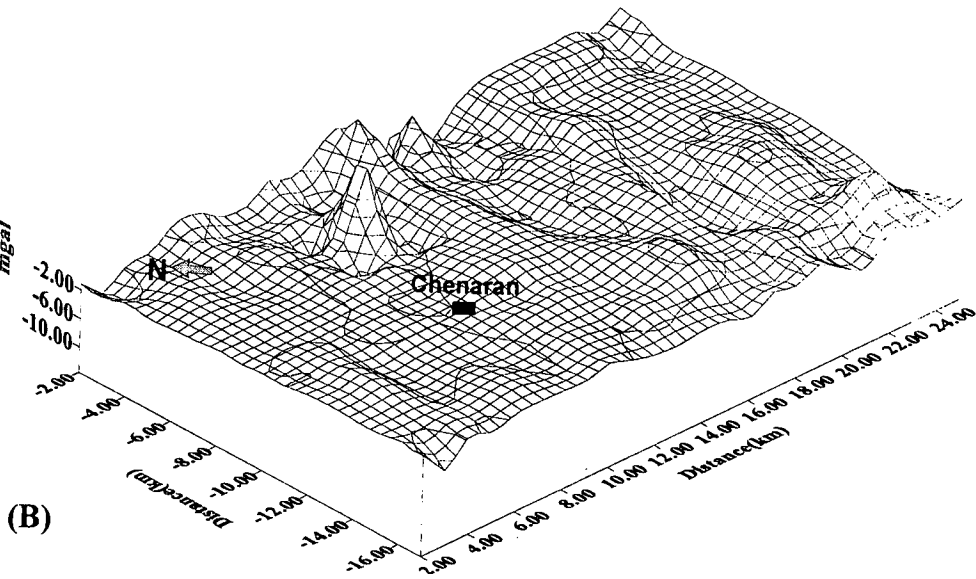
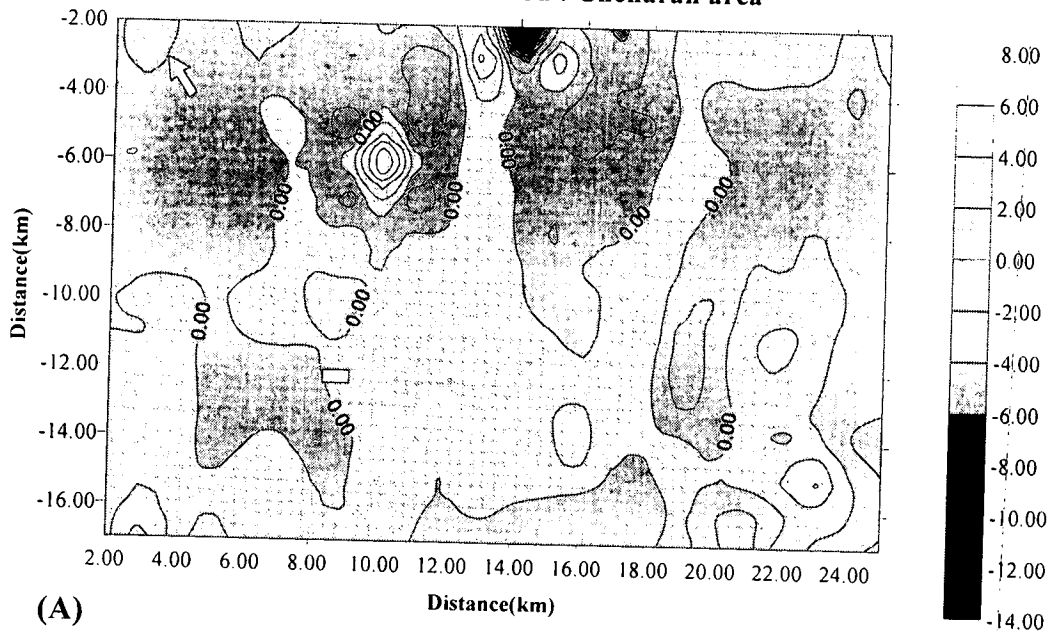
شکل ۳. نقشه دوبعدی (A) و سه‌بعدی (B) بی‌هنجاری‌های بوگه جداسازی شده با روش ادامه فراسو.

$$\Delta G_h = \frac{1}{N} [(\Delta g_{B1} \times f_1) + (\Delta g_{B2} \times f_2) + (\Delta g_{B3} \times f_3) + \dots + (\Delta g_{BN} \times f_N)] \quad (1)$$

نقشه بی‌هنجاری‌های بوگه منطقه چناران پس از جداسازی با روش ادامه فراسو در شکل ۳ نشان داده شده است. برای جداسازی بی‌هنجاری‌های بوگه به روش مشتق دوم از فرمول ۲

منطقه‌ای و محلی جداسازی و تفسیر شده‌اند. فرمول ۱ برای جداسازی بی‌هنجاری‌ها به روش ادامه فراسو به کار رفته است. در این فرمول Δg_{Bi} بی‌هنجاری هر ایستگاه گرانی‌سنجی، f_i ضرایب ثابت که بستگی به مساحت شبکه، ارتفاع و فاصله نقطه تبدیل از هر ایستگاه دارد، N تعداد ایستگاه‌های شبکه و $i = 1, 2, 3, \dots, N$ است.

Bouguer anomaly maps
Second derivative method : Chenaran area



شکل ۴. نقشه دوبعدی (A) و سه بعدی (B) بی‌هنجاری‌های بوگه جداسازی شده با روش مشتق دوم.

اگر چه روش مشتق دوم بر خلاف روش ادامه فراسو باعث آشکارتر شدن بی‌هنجاری‌های محلی می‌شود، لیکن این روش بیش از حد به ناهمواری‌های سطحی منطقه مورد مطالعه حساس است. همچنین بعضی از نقاط حداکثر، حداقل و یا صفر که در نقشه‌های تهیه شده به روش مشتق دوم وجود دارند، ناشی از

استفاده شده است. در این فرمول Δg_0 بی‌هنجاری ایستگاه مبنا، $\Delta \bar{g}$ میانگین بی‌هنجاری ایستگاه‌های مجاور و S فاصله ایستگاه‌های گراتی‌سنجی است (پاراسینس، ۱۹۸۵)، و نتایج به دست آمده در شکل ۴ ارائه شده است.

$$\Delta G_0'' = 4(\Delta g_0 - \Delta \bar{g}) / S^2 \quad (2)$$

می‌شوند (اسلیپ و فوجیتا، ۱۹۹۷). لازم به ذکر است که به دلیل ضرورت‌های محاسباتی در روش‌های تحلیلی ادامه فراسو و مشتق دوم، محدوده نقشه‌های مربوط (شکل‌های ۳ و ۴) در مقایسه با منطقه عملیاتی از وسعت کم‌تری برخوردار است. آشکار شدن ساختارهای تاکدیمی در نقشه‌های ادامه فراسو و مشتق دوم (شکل‌های ۳ و ۴) دلالت بر گسترش عمقی و ناحیه‌ای این ساختارها در منطقه دارد. همان‌گونه که در مقطع زمین‌شناختی و نقشه شدت کل مغناطیسی منطقه (NIOC, 1976; GSI, 1989) نیز مشاهده می‌شود، به‌نظر می‌رسد که ساختارهای تکتونیکی موجود در پوشش رسوبی منطقه به‌طور عمده از چین‌خوردگی پی سنگ تبعیت نموده‌اند.

۴ نتیجه‌گیری

در این تحقیق و بررسی نقشه‌های بی‌هنجاری بوگه منطقه مورد مطالعه، دلالت بر وجود ساختارهای تاکدیمی و زون‌های گسله با سازوکار معکوس می‌کند. انجام مطالعات زمین‌شناختی و کاوش‌های ژئوفیزیکی نیز وجود این ساختارهای زمین‌شناسی در منطقه را تأیید نموده است. با توجه به وضعیت زمین‌شناختی منطقه، احتمال تجمع نفت و یا گاز در این ساختارهای تکتونیکی بسیار قوی است. استفاده از روش‌های ادامه فراسو و مشتق دوم برای جداسازی بی‌هنجاری‌های بوگه باعث حذف آثار گرانی زون‌های گسلیده است. این موضوع ناشی از کم عمق بودن این گسل‌ها است. زیرا استفاده از روش‌های ذکر شده، باعث کاهش یا حذف بی‌هنجاری‌های گرانی پدیده‌ها و یا ساختارهای زمین‌شناختی که از گسترش عمقی و یا ناحیه‌ای نسبتاً محدودی برخوردارند می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که روش‌های تحلیلی جداسازی بی‌هنجاری‌های بوگه برای آشکارسازی بی‌هنجاری‌های محلی و منطقه‌ای و پی بردن به ساختارهای زمین‌شناختی در درون زمین بسیار مفیدند.

عملیات ریاضی این روش‌اند و ارتباطی با تغییرات میدان گرانی منطقه ندارند. مشتق دوم میدان بی‌هنجاری گرانی را می‌توان با استفاده از روابط ۱ و ۳ نیز محاسبه نمود.

$$\Delta G_h'' = (\Delta G_h' + \Delta h + \Delta G_h') / \Delta h \quad (3)$$

در نقشه‌های دوبعدی و سه‌بعدی بی‌هنجاری بوگه که در شکل ۲ رسم شده علاوه بر آشکار شدن ساختارهای تاکدیمی دو زون گسله یکی با روند N 50° W و دیگری با روند N 70° W مشاهده می‌شود. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه (شکل ۱) به نظر می‌رسد که گسل اولی مربوط به زون گسله چناران و گسل دومی متعلق به زون گسله سنگ‌بست - شاندریز است. انجام مطالعات زمین‌شناختی و کاوش‌های ژئوفیزیکی وجود این ساختارهای زمین‌شناختی را در منطقه تأیید نموده است (افشار-حرب). بر اساس مدل به کار رفته در این مطالعه، هر دو زون گسله دارای سازوکار معکوس‌اند که با رژیم زمین‌ساختی فشارشی در منطقه مطابقت دارد (مورتی و کریشناماچاریولو، ۱۹۹۰). نکته جالب توجه این است که ساختارهای تاکدیمی آشکار شده در نقشه‌های بی‌هنجاری بوگه (شکل ۲) با رسوبات آبرفتی دوران چهارم پوشیده شده و همان‌گونه که در مقطع و نقشه زمین‌شناسی منطقه مشاهده می‌شود (NIOC, 1976, 1977) هیچ‌گونه اثر قابل توجه توپوگرافی ناشی از وجود این ساختارها در سطح دشت مورد مطالعه مشهود نیست. با توجه به زمین‌شناسی و پتانسیل نفت‌خیز بودن منطقه، وجود این ساختارهای زمین‌شناختی نقش مؤثر و مهمی در تجمع و یا فرار نفت در منطقه دارند. همان‌گونه که در شکل‌های ۳ و ۴ ملاحظه می‌شود، آثار گرانی زون‌های گسله در نقشه‌های جداسازی شده بی‌هنجاری‌های بوگه به‌طور عمده حذف شده‌اند. این موضوع حاکی از کم عمق بودن این زون‌های گسله است. زیرا در اثر استفاده از روش‌های ادامه فراسو و یا مشتق دوم برای جداسازی بی‌هنجاری بوگه، آثار گرانی پدیده‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی که از گسترش عمقی و یا ناحیه‌ای نسبتاً محدودی برخوردار هستند، کاسته و یا حذف

- Flower, C. M. R., 1990, The solid earth: Cambridge University Press.
- GSI, 1989, Total intensity map, Sheet No. 3, North-East Iran, Geological Survey of Iran.
- Murthy, I. V. R. and Krishnamacharyulu, S. K. G., 1990, Automatic inversion of anomalies: Computer and Geosciences, 16, 4, 539-548.
- NIOC, 1976, Geological cross sections, North-East Iran, National Iranian Oil Company.
- NIOC, 1977, Geological map of Iran, Sheet No. 3, North-East Iran, National Iranian Oil Company.
- Nettleton, L. L., 1954, Regionals, and Structures, Geophysics, 19, 1-22.
- Nettleton, L. L., 1976, Gravity and magnetics in oil prospecting: Mc Graw-Hill, New York.
- Parasnis, D. S., 1985, Mining geophysics: Elsevier.
- Sharma, P. V., 1986, Geophysical methods in geology: Elsevier.
- Sheriff, R. E., 1989, Geophysical methods, Prentice Hall.
- Sleep, N. H. and Fujita, K., 1997, Principles of geophysics: Blackwell Science, Inc.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز به خاطر فراهم آوردن بخشی از امکانات مورد استفاده در این طرح سپاسگزاری می‌شود. از آقایان مهندس عبدالحمید معمارضیاء مسئول محترم بخش ژئوفیزیک شرکت ملی نفت ایران و مهندس محمدباقر زارع کارشناس ارشد این بخش به خاطر همکاری‌های صمیمانه در انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد. از خانم رضوان خاوری و آقایان سید ناصر هاشمی، بهزاد زمانی، سیدسعیدالرضا اسلامی و سعید عاروان که در رسم شکل‌های این مقاله همکاری نمودند تشکر می‌شود.

منابع

- Afshar - Harb, A., 1969, History of oil exploration and brief description of the geology of the Sarakhs area and the anticline of Khangiran: Iran. Petrol. Inst. Bull., 37.
- Afshar - Harb, A., 1970, Geology of Sarakhs area and Khangiran gas field: Nat. Iran. Oil Co., Paper Presented at 8th Session of ECAFE Working Party of Senior Geologists, Bandung.