

اکتشاف تله‌های هیدروکربوری منطقه قم با روش هندسه فرکتال و مدل سامانه اطلاعات جغرافیایی

فرامرز دولتی ارده‌جانی^{۱*}، مونا پیشدادیان^۲، علیرضا عرب‌امیری^۳، رضا خالوکاکایی^۴ و مجتبی محمدو خراسانی^۵

^۱ استاد، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران.

^۲ کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

^۳ استادیار، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

^۴ استاد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

^۵ کارشناسی ارشد، گروه اکتشاف، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۱۰

چکیده

به منظور انجام مطالعات اکتشافی ذخایر هیدروکربوری، تعیین وضعیت تله‌های مناسب نفتی مدفون در رسوبات، شناسایی چین خوردگی‌های سازند قم و نیز بررسی وضعیت توده‌های آذرین منطقه، اندازه‌گیری‌های گرانی و مغناطیس در ۲۰۵۹ ایستگاه در منطقه قم انجام شد. آنگاه پس از اعمال تصحیحات لازم، نقشه‌های بی‌هنجاری بوگه و شدت کل مغناطیسی منطقه رسم شد. نقشه‌های باقیمانده گرانی و مغناطیسی به روش فرکتال تهیه و تفسیر و با نقشه‌های حاصل از روش روند سطحی مقایسه شد. تعبیر و تفسیر کیفی و کمی نتایج نشانگر آن بود که هر چند تنها بی‌هنجاری مثبت در نقشه باقیمانده گرانی منطقه می‌تواند از دید اکتشافات بعدی مورد توجه قرار گیرد؛ در بخشی از آن، شدت میدان مغناطیسی بالاست؛ بنابراین این احتمال وجود دارد که این محدوده تحت تأثیر گسل‌های پیرامون خود قرار گرفته باشد. نتایج ارائه‌شده در این نوشتار می‌تواند در تصمیم‌گیری برای انجام مراحل بعدی اکتشاف مفید باشد.

کلیدواژه‌ها: روش فرکتال، تله‌های نفتی، داده‌های گرانی و مغناطیس، شدت-مساحت.

*نویسنده مسئول: فرامرز دولتی ارده‌جانی

E-mail: fdoulati@ut.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

روش‌های گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی در اکتشافات مقدماتی هیدروکربوری نقش مهمی دارد. پروژه گرانی و مغناطیس‌سنجی قم (منطقه مورد مطالعه) به منظور تعیین موقعیت تله‌های هیدروکربوری احتمالی مدفون در رسوبات منطقه انجام شد. محدوده مورد بررسی بخشی از حوضه رسوبی ایران مرکزی است و شناسایی سازند قم هدف اصلی عملیات اکتشافی است. این سازند در ساختمان البرز خاوری (چاه شماره ۵ البرز در شمال قم که هنوز آثار آن در منطقه باقی است) دارای نفت و در سراج (چاه سراج در جنوب خاوری قم که بر روی تاق‌دیس سراج حفاری شده) دارای گاز است. بنابراین به منظور تعیین وضعیت سازند قم (مدفون در زیر رسوبات آبرفتی عهد حاضر)، نقشه‌برداری منطقه، طراحی نقاط و برداشت داده‌های گرانی و مغناطیس انجام شد؛ سپس پردازش‌های اولیه و تعبیر و تفسیر داده‌های گرانی نیز صورت گرفت (دولتی ارده‌جانی، ۱۳۸۷). در ادامه مطالعات و به منظور برطرف کردن برخی ابهامات موجود در نتایج تعبیر و تفسیر، از روش فرکتال کمک گرفته شد. نتایج برآمده از این مطالعه نشانگر آن بود که وجود یک بی‌هنجاری تاق‌دیس‌شکل قابل توجه به عنوان یک تله هیدروکربوری در منطقه محتمل است.

۲- مطالعات پیشین

روش‌های گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی از مؤثرترین روش‌های ژئوفیزیک اکتشافی هستند که از آنها به عنوان روش‌های میدان پتانسیل نیز یاد می‌شود. سالیان درازی است که برای پردازش کمی و کیفی داده‌های برداشت شده آنها روش‌های بسیاری ابداع و به کار گرفته می‌شود. برای نمونه برای حذف اثرات ناحیه‌ای از داده‌های مشاهده‌ای روش‌هایی همچون تحلیل روند سطحی، وزن‌های شعاعی، طول موج پایین‌گذر، بالاگذر و پهنه‌گذر، مشتقات اول و دوم، روش‌های گسترش، برآورد منطقی و ... ابداع و به کار گرفته شده‌اند. افزون بر این موارد، فیلترهای بسیاری مانند تبدیلات فوریه سریع، وینر و فیلترهای بازگشتی نیز برای جدایش داده‌های برداشت

ابداع شده‌اند (Elkins, 1951; Simpson, 1954; Clarke, 1969; Griffin, 1989; Pawlowski & Hansen, 1990; Beltrao et al., 1991; Fedi et al., 1999). هر چند با استفاده از روش‌های یادشده در بالا امکان جدایش مؤلفه‌های باقیمانده و ناحیه‌ای و بیان برخی ویژگی‌های ساختاری مناطق برداشت تا حدودی فراهم شده است؛ ولی در چند دهه گذشته با وجود به کارگیری وقت و هزینه‌های بسیار، تغییر بنیادی چندانی در جدایش کامل مناطق بی‌هنجاری رخ نداده است و طیف برآمده از روش‌های موجود به‌طور جزئی یا کلی با طیف مؤلفه روند ناحیه‌ای همپوشانی دارد. در ادامه هدف آن است تا با استفاده از روش‌های فرکتال با سرعت و دقتی افزون‌تر از روش‌های متداول موجود به جدایش مؤلفه‌های ناحیه‌ای و باقیمانده داده‌های گرانی و مغناطیسی ناحیه قم پرداخته شود.

۳- استفاده از هندسه فرکتال در جدایش بی‌هنجاری‌ها

بر پایه هندسه اقلیدسی، اشیای فیزیکی پیرامون را می‌توان به شکل‌های بدون بعد، یک، دو و سه‌بعدی تعریف کرد. در این میان، اگر چه ادراک فیزیکی انسان نمی‌تواند بیش از سه بعد را تشخیص دهد؛ ولی ادراک ذهنی او این محدودیت را ندارد. در هندسه اقلیدسی بعد می‌تواند تنها عدد صحیحی مانند یک، دو، سه و ... باشد؛ ولی پدیده‌هایی در طبیعت یافت می‌شوند که در چارچوب هندسه اقلیدسی قابل توجه نیستند. برای نمونه امکان تعیین بعد برخی پدیده‌ها یا رویدادها همچون ناهمواری سطح کوه‌ها، ریخت خطوط ساحلی و بسیاری دیگر از اشیا و رویدادهای طبیعی، با اعداد صحیح فراهم نیست؛ همچنین محورهای مختصاتی که برای شرح این پدیده‌ها و رویدادها تعریف می‌شوند نیز ممکن است عمود بر هم نباشند (Dimiri, 2000). بر پایه یک نگرش غیر اقلیدسی می‌توان بعد پدیده‌ها و یا رخدادها را در پاره‌ای موارد به شکل یک عدد غیر صحیح پنداشت. در این حالت‌ها بعد می‌تواند به‌طور پیوسته از صفر تا یک، از یک تا دو، از دو تا سه و یا بیشتر تغییر کند (Thorarinsson & Magnusson, 1990).

راست پدیدار شود، وجود دارد؛ که در این حالت‌ها، محل شکستگی‌ها نشان‌دهنده حدود بی‌هنجاری‌های مختلف است و هر کدام از آنها تفسیرهای ویژه‌ای دارند (Hisarli & orbay, 2002; Gregotski et al., 1991).

۴- شناسایی فرکتالی بی‌هنجاری‌های گرانی و مغناطیسی

حال که می‌توان از روش عیار- مساحت برای شناسایی برخی بی‌هنجاری‌ها استفاده کرد، در ادامه افزون بر بررسی ماهیت فرکتالی برخی مفاهیم ژئوفیزیکی اکتشافی مانند مطالعات مغناطیسی سنجی و گرانی سنجی - با توجه به این که با هندسه فرکتال می‌توان جوامع مختلف را با در نظر گرفتن اختلاف در بعد فرکتالی از یکدیگر جدا کرد- با رسم نمودارهای بوگه- مساحت و شدت مغناطیسی- مساحت، سعی شده است در شناسایی و جدایش ابعاد مختلف موجود در محیط برداشت که نشانگر وجود جوامع مختلف است گامی برداشته شود (Dimiri, 2000). در این مطالعه هدف از به کارگیری این روش، برطرف کردن پاره‌ای ابهامات در مطالعات گذشته اکتشافات هیدروکربوری انجام شده در منطقه قم توسط مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران است. از آنجا که مقادیر بوگه و شدت مغناطیسی با مساحت رابطه‌ای چندفرکتالی دارند، نمودار لگاریتمی بوگه- مساحت و شدت مغناطیسی- مساحت بخش‌هایی جدا، با شیب‌های مختلف دارند که هر بخش نشان‌دهنده وجود یکی از این جوامع است. حال برای دست‌یابی به این موضوع، در ابتدا باید نقشه کنتوری یا نقشه شبکه‌بندی منطقه مورد نظر تهیه شود. برای نمایش تغییرات در این نوع نقشه‌ها، باید مقادیر متغیرهای مورد بررسی در همه نقاط معلوم باشند. به این منظور، به نظر می‌رسد استفاده از روش‌های زمین‌آماری بهترین گزینه خواهند بود؛ چرا که در این روش‌ها افزون بر برآورد مقدار متغیر آن هم با کمترین خطای ممکن در هر نقطه از فضای مورد نظر، می‌توان به مقادیر عدم قطعیت یا خطای برآورد نیز دست یافت.

در این مطالعه، داده‌های گرانی و مغناطیسی در شبکه‌ای منظم با به ابعاد 1000×2000 متر برداشت شد. در شکل ۱ نقشه پربندی بوگه و در شکل ۲ شدت مغناطیسی مربوط به داده‌های برداشت شده در این منطقه نشان داده شده است (دولتی ارده‌جانی، ۱۳۷۸). در نقشه بی‌هنجاری بوگه فاصله منحنی‌های تراز ۲ میلی‌گال در نظر گرفته شد. در این نقشه یک بی‌هنجاری مثبت (بی‌هنجاری A) در زیر دشت مشخص شده است که روند شمال باختر- جنوب خاور دارد (دولتی ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴).

در مواردی ممکن است با انجام فرایند درون‌یابی برای ایجاد شبکه‌های منظم فشرده‌تر، شمار داده‌ها افزایش یابد و برخی از مقادیر در بیرون از گستره مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های اولیه برداشت قرار گیرند؛ در چنین مواردی نمی‌توان از به کارگیری فرایند جداسازی داده‌ها و رده‌بندی آنها خودداری کرد. به منظور رهایی از مشکل اشاره شده در ارتباط با شبکه‌های منظم شده، فرایند جداسازی و رده‌بندی به وسیله کدهایی که نگارندگان نوشتند انجام می‌پذیرد. گفتنی است که، رده‌بندی بر پایه میانگین مقادیر بی‌هنجاری بوگه در بازه‌های معین و به تعداد طبقات معین انجام و نمودار بوگه بر پایه مساحت جمع‌ی رسم می‌شود.

در شکل ۳ نمودار بوگه- مساحت و در شکل ۴ نمودار شدت میدان مغناطیسی- مساحت برای داده‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. در این شکل‌ها بوگه بر حسب میلی‌گال و شدت میدان مغناطیسی بر حسب گاما نمایش داده شده است. با توجه به شکل‌های ۳ و ۴، می‌توان ۳ جامعه جداشده را مشاهده کرد که از چپ به راست عبارتند از زمینه، منطقه با مقادیر بوگه متوسط (شدت میدان مغناطیسی متوسط) و منطقه با مقادیر بوگه بالا (شدت میدان مغناطیسی بالا). نکته مهم دیگری که از این شکل‌ها به دست می‌آید آن است که با افزایش مقادیر بی‌هنجاری بوگه، از مساحت منطقه مربوطه کاسته می‌شود؛ این نشانگر کاهش مساحت از زمینه به سوی مناطق بی‌هنجار است.

مقیاس واحد اندازه‌گیری روی طول شی فرکتالی تأثیر وارون دارد. بدین صورت که هر چه مقیاس واحد اندازه‌گیری کوچک‌تر باشد، طول اندازه‌گیری شده بزرگ‌تر خواهد بود. به بیان ریاضی طول شی فرکتالی با وارون واحد اندازه‌گیری متناسب است (حسینی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۴):

$$N \propto 1/r \quad (1)$$

در این رابطه N طول اندازه‌گیری شده بر پایه واحد اندازه‌گیری r است. حال چنانچه بزرگی r به‌طور تصاعدی کاهش یابد، مقدار N به‌صورت خطی افزایش نمی‌یابد؛ بلکه پس از تغییر تا یک مقدار معین r_c ، افزایش در N ناچیز خواهد بود. این موضوع بیانگر این است که در تناسب وارون موجود در رابطه ۱ رفتاری لگاریتمی برقرار است. این موضوع در روابطی که پس از این می‌آید بهتر نشان داده شده‌اند.

$$N \propto 1/r^D \quad (2)$$

$$N = C/r^D \quad (3)$$

در روابط ۲ و ۳، C ثابت تناسب و D نشانگر بعد فرکتالی است. این روابط نشان می‌دهند که ویژگی‌های فرکتالی از قانون توانی (power-law) پیروی می‌کنند. بر پایه قانون یادشده و برای محاسبه بعد فرکتالی (D) داریم:

$$\log N = \log C + D \log(1/r) \quad (4)$$

حال چنانچه در یک نمودار لگاریتمی N در برابر $1/r$ رسم شود؛ نتیجه یک خط راست خواهد بود که شیب آن برابر D یعنی بعد فرکتالی است (Dimiri, 1998).

برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های فرکتال‌ها این است که دارای ساختار ریز (Fine Structure) هستند؛ یعنی جزئیات زیادی در یک مقیاس کوچک دلخواه دارند. همچنین برخی از آنها، خود همانند هستند؛ یعنی یک بخش کوچک تر همانند یک بخش بزرگ‌تر فرکتالی است که در پایان شبیه به کل شیء است و این به بیان ریاضی یعنی اینکه فرکتال‌ها اشیایی هستند که در آنها بعد فرکتالی از بعد توپولوژی بزرگ‌تر است (Dimiri, 2000). هر چند در اشیای اقلیدسی مانند دایره، بعد فرکتالی و بعد توپولوژی با یکدیگر برابرند (Cheng et al., 1994; Xu & Cheng, 2000). برخی از شکل‌های طبیعی خودمتناسب هستند (Self Affine) و ویژگی فرکتالی دارند (تخم‌چی، ۱۳۸۳). مطالعات تئوری فرکتالی و بررسی‌های اخیر در علوم زمین نشانگر آن است که برخی از فرایندهای زمین‌شناسی همچون کانی‌سازی، رسوب‌گذاری، ته‌نشست، آتشفشان، ریخت‌شناسی و ... ویژگی‌های خودهماندی دارند. بنابراین از این موارد می‌توان شواهدی بر وجود ویژگی‌های فرکتالی یافت (Cheng, 1999).

حال نوبت به محاسبه بعد فرکتالی می‌رسد. برای محاسبه بعد فرکتالی روش‌های مختلفی وجود دارد که در این نوشتار با توجه به ماهیت موضوع که بخشی از آن جداسازی مقادیر بی‌هنجاری از زمینه با استفاده هندسه فرکتال است؛ روشی با عنوان روش عیار- مساحت مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش رابطه میان بعد فرکتال خط هم‌عیار و مساحت را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$A = Cr^{-D} \quad (5)$$

رابطه ۵ وقتی برقرار است که $r \geq r_0$ باشد. در این رابطه r_0 عیار، A مساحت جمع‌ی دربر گرفته‌شده توسط خطوط هم‌عیاری است که عیار متناظر آنها بزرگ‌تر یا مساوی r_0 است. همچنین D متغیری مرتبط با بعد خط هم‌عیار است (حسینی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۴).

از آنجا که در ادامه کاربرد روش یادشده در بالا در مباحث ژئوفیزیکی مطرح است؛ باید اشاره شود که متغیر عیار در ژئوفیزیکی می‌تواند ویژگی‌های ژئوفیزیکی مانند شدت میدان مغناطیسی، بی‌هنجاری بوگه، چگالی و ... باشد. پیش‌تر اشاره شد که بعد فرکتال یک پدیده فیزیکی در نموداری که محتوی تغییرات آن پدیده فیزیکی در برابر واحد اندازه‌گیری است و با شرط استقلال ویژگی فرکتالی آن پدیده از مقیاس، تعیین می‌شود. همچنین منحنی به‌دست آمده در نمودار بالا نیز به‌صورت یک خط راست خواهد بود. البته امکان آنکه تغییرات این پدیده فیزیکی به شکل چندین خط

نتایج حاصل از این ۲ مقطع همانند به صورت یک نمودار نمایش داده شد (شکل ۱۱). همان گونه که در این شکل به روشنی دیده می‌شود، نتایج حاصل از مطالعات فرکتالی تقارن بهتری نسبت به مطالعات روند سطحی دارند و این نشان از دقت بیشتر روش فرکتال نسبت به روش روند سطحی دارد.

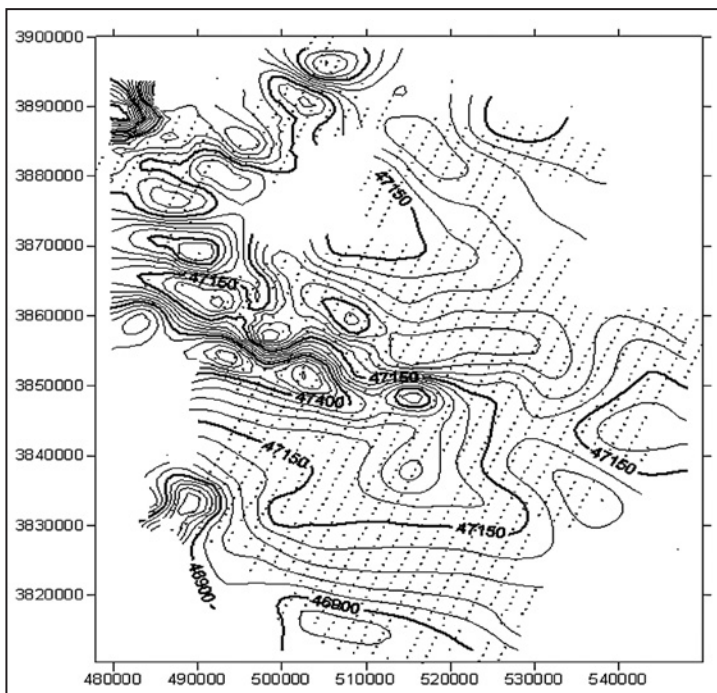
۵- نتیجه‌گیری

از آنجا که تفسیر داده‌های میدان‌های پتانسیل بیشتر با ابهام همراه است، برای انجام یک تفسیر کیفی نزدیک‌تر به واقعیت، باید از روش‌های مختلف برای جدایش بی‌هنجاری‌ها استفاده و نتایج این روش‌ها با یکدیگر مقایسه شوند. در این میان به کارگیری روش‌های جدید برای دست‌یابی به اهداف یادشده جایگاه ویژه‌ای دارد. از این رو در این پژوهش نیز برای تهیه نقشه‌های باقیمانده و حذف اثرات ناحیه‌ای داده‌های مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی منطقه قم، از روش فرکتال بوگه-مساحت و شدت میدان مغناطیسی-مساحت استفاده شد. نتایج گویای آن است که روش فرکتال در مقایسه با دیگر روش‌ها، در تعیین حد آستانه‌ای نتایج معتبرتری دارد. بنابراین از این روش می‌توان به صورت مکمل و برای مقایسه همراه با دیگر روش‌ها استفاده کرد.

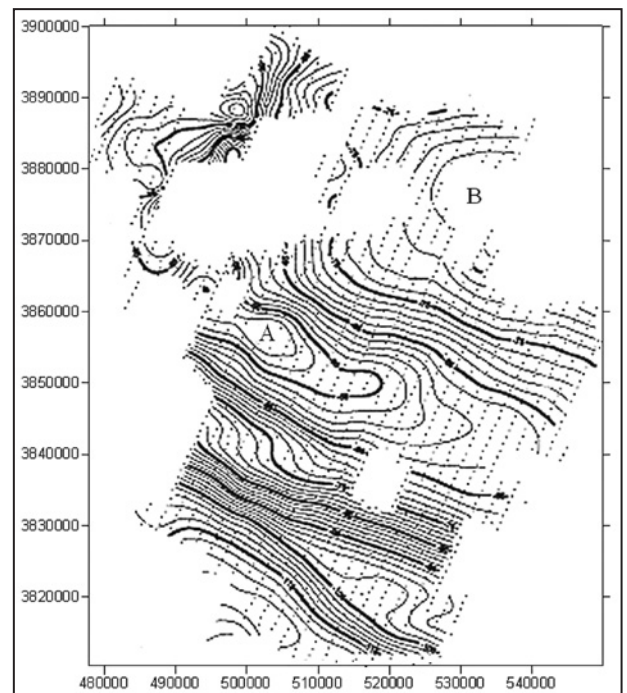
هدف از کاربرد روش فرکتال نزدیک‌تر شدن به منبع اصلی بی‌هنجاری و تعیین محل تله‌های احتمالی هیدروکربوری بود که نقشه‌های بی‌هنجاری‌های به دست آمده در مقایسه با نقشه‌های روش روند سطحی، همخوانی مطلوبی را نشان می‌داد. در مجموع نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که با استفاده از روش فرکتال در جدایش بی‌هنجاری از مقادیر زمینه، روی داده‌های میدان پتانسیل، می‌توان محل ساختارهای زیرسطحی پوشیده را که در مراحل اولیه اکتشافات هیدروکربوری بسیار مؤثر است، تعیین کرد.

با استفاده از محل نقطه برخورد خطوط برازش شده امکان تعیین حدود بی‌هنجاری جوامع مختلف نیز فراهم است که این مقدار برای داده‌های مغناطیسی بیش از ۴۷۴۷۰ گاما و برای داده‌های گرانی بزرگ‌تر از ۶۲/۴۳- میلی‌گال به دست آمد. در پایان پس از جداسازی سلول‌هایی که مقادیر بوگه بیش از حد بی‌هنجاری داشته باشند، نقشه موقعیت دوبعدی بی‌هنجاری‌های احتمالی موجود در منطقه مورد مطالعه رسم و نتایج مربوط به آن نیز در شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸ نشان داده شد. به منظور شتاب دادن به دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر، داده‌های شدت میدان مغناطیسی و گرانی در این شکل‌ها، با ساختارهای زمین‌شناسی موجود در نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (شکل ۵) در سامانه اطلاعات مکانی تلفیق شده‌اند. حال با به کارگیری روش‌های فرکتال روی داده‌های مغناطیس‌سنجی و گرانی‌سنجی و سپس جداسازی بی‌هنجاری‌ها، محل قرارگیری تاقدیس‌ها (خط‌چین) و ناودیس‌ها (خط پیوسته) را به‌ویژه در شکل‌های مربوط به روش گرانی می‌توان به روشنی مشاهده کرد؛ هر چند در مناطق دارای گسل و شکستگی-مانند گسل البرز- داده‌های مغناطیس‌سنجی تحت تأثیر این ساختارها نیز قرار گرفته است. البته به ازای مقادیر بالاتر از حد بی‌هنجاری در برداشت‌های مغناطیس‌سنجی، باز هم محل تشکیل تاقدیس‌ها قابل تشخیص است.

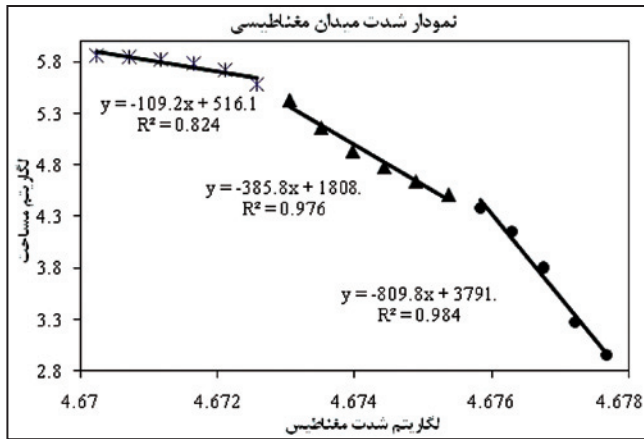
از آنجا که در تفسیر داده‌های میدان‌های پتانسیل معمولاً ابهاماتی وجود دارد، برای رسیدن به نتیجه‌ای نزدیک‌تر به واقعیت باید از روش‌های مختلف برای جدایش بی‌هنجاری‌ها استفاده و نتایج آنها با هم مقایسه شود. بنابراین برای بررسی نتایج حاصل از مطالعه با روش فرکتال، از نتایج حاصل از روش روند سطحی نیز که پیش‌تر در این منطقه انجام گرفته بود (دولتی‌ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴)، استفاده شد. برای این منظور روی نقشه‌های برآمده از داده‌های گرانی با دو روش روند سطحی (Sarma & Selvaraj, 1990) و فرکتال مقاطعی زده شد (شکل‌های ۹ و ۱۰). آن‌گاه



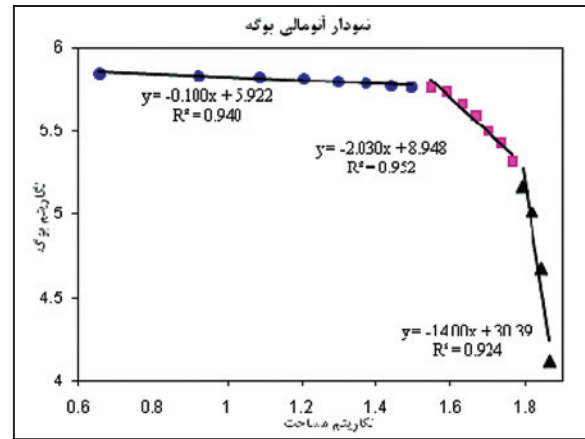
شکل ۲- نقشه پربندی شدت میدان مغناطیسی منطقه برداشت.



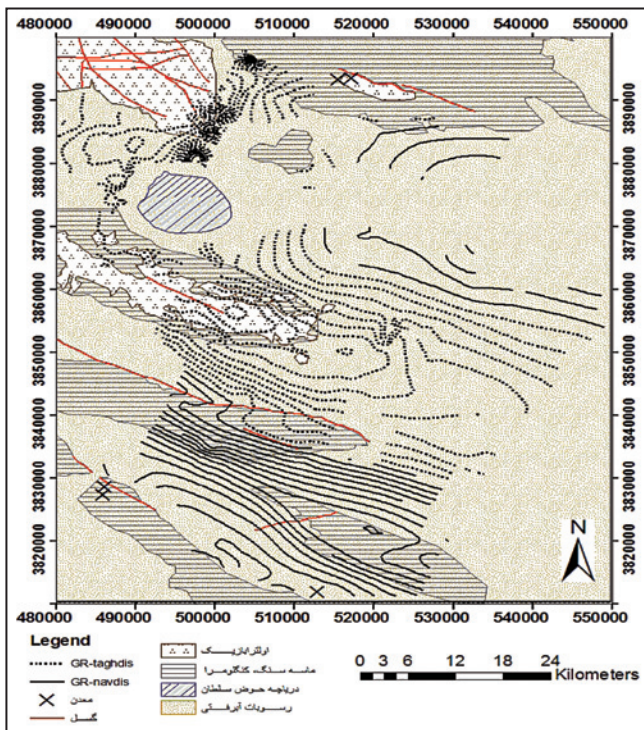
شکل ۱- نقشه پربندی بوگه منطقه برداشت.



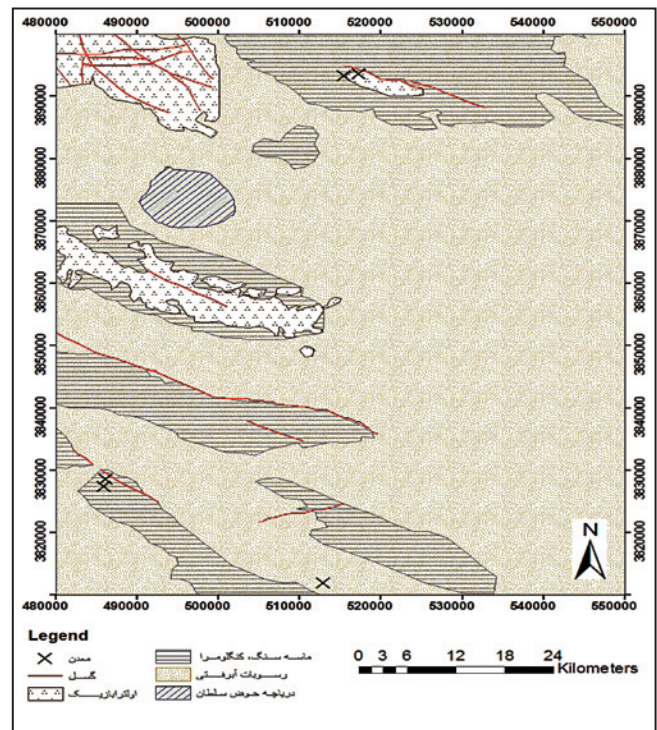
شکل ۴- نمودار تمام‌لگاریتمی شدت میدان مغناطیسی در منطقه برداشت.



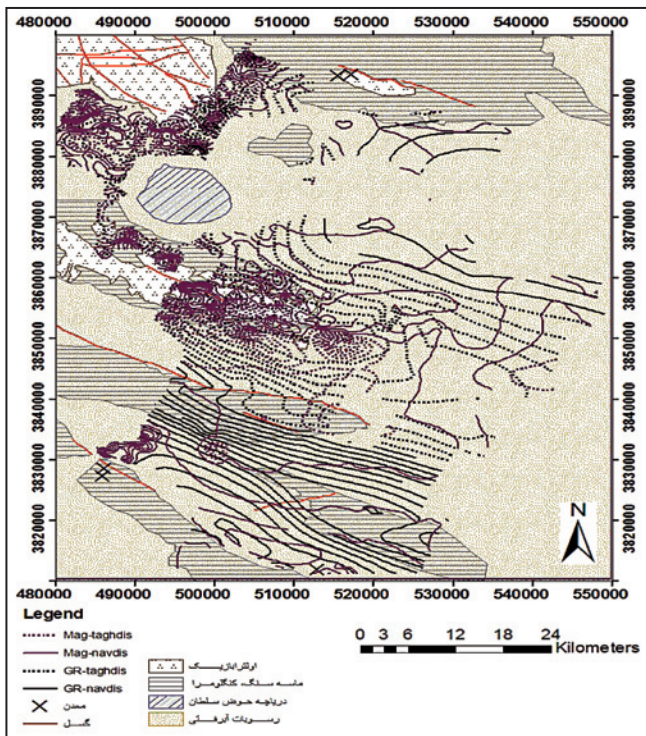
شکل ۳- نمودار تمام‌لگاریتمی بی‌هنجاری بوگه در منطقه برداشت.



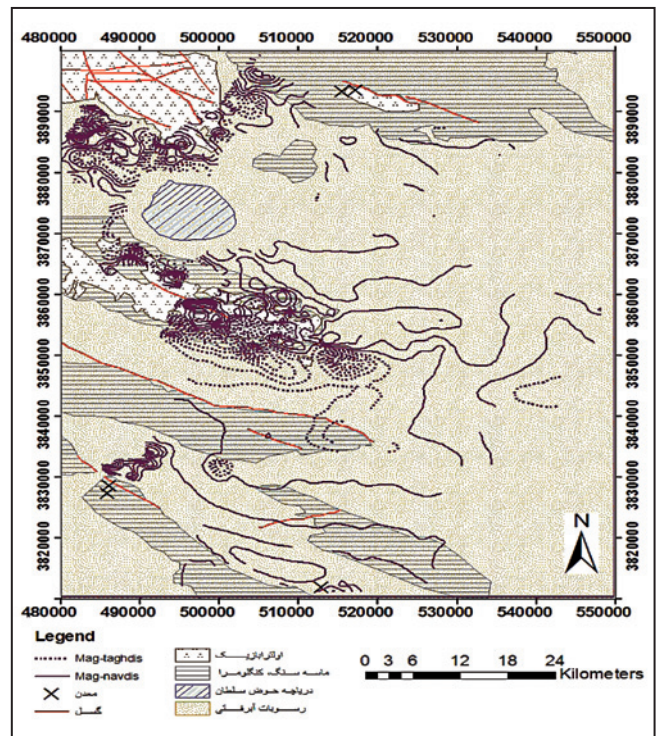
شکل ۶- نقشه فرکتال داده‌های گرانی (خط‌چین بیانگر مناطق با گرانی بالا و خط پیوسته نشان‌دهنده مناطق با گرانی پایین است).



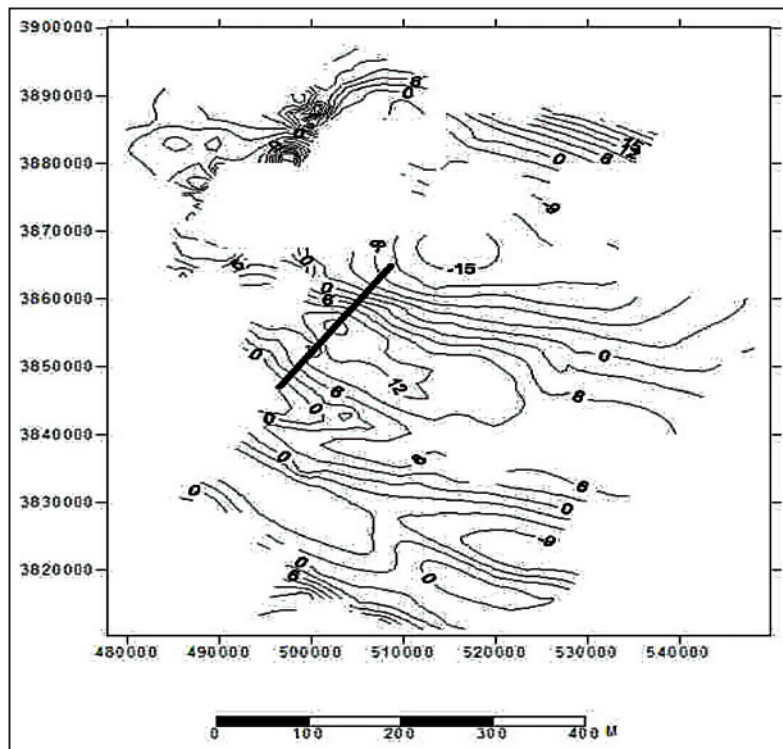
شکل ۵- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.



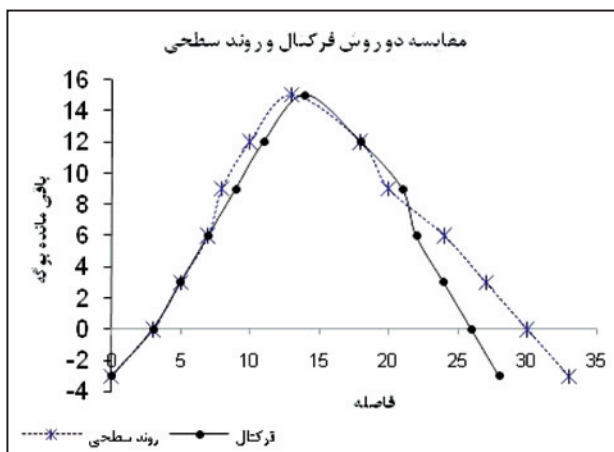
شکل ۸- نقشه فرکتال تلفیق داده‌های گرانی و مغناطیسی روی نقشه زمین‌شناسی منطقه برداشت.



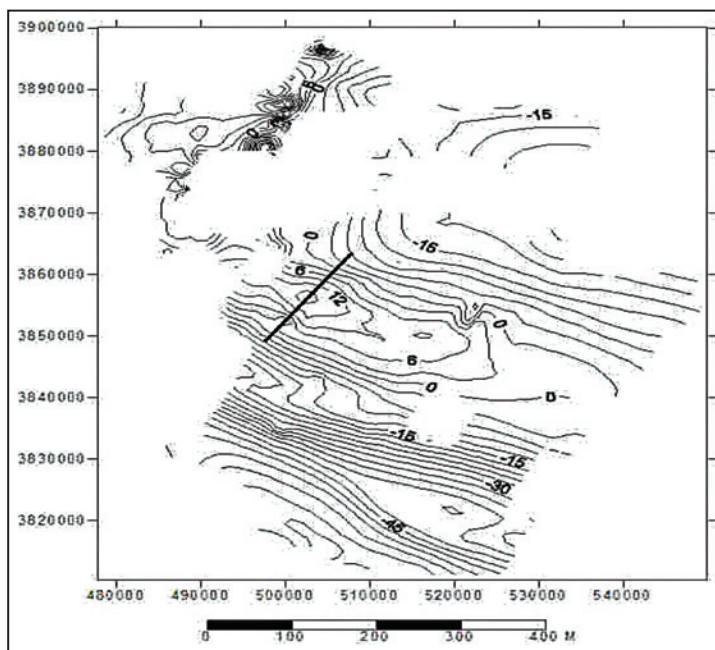
شکل ۷- نقشه فرکتال داده‌های مغناطیسی (خط چین بیانگر مناطق با شدت مغناطیسی بالا و خط پیوسته نشان‌دهنده مناطق با شدت مغناطیسی پایین است).



شکل ۹- نقشه باقیمانده روش روند سطحی منطقه برداشت.



شکل ۱۱- مقایسه دوروش فرکتال و روند سطحی بر اساس نتایج حاصل از مقاطع موجود در شکل‌های ۹ و ۱۰.



شکل ۱۰- نقشه باقیمانده فرکتال منطقه برداشت.

کتابنگاری

- تخم چی، ب.، ۱۳۸۳- به کارگیری هندسه فرکتال برای شبیه‌سازی سطوح توپوگرافی، نشریه علمی و فناوری امیرکبیر، علوم پایه و مهندسی کاربردی، سال ۱۵، شماره ۵۹-۵۲، ص ۴۱-۵۲.
- حسینی پاک، ع. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۴- تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.
- دولتی‌ارده‌جانی، ف.، ۱۳۷۸- گزارش تعبیر و تفسیر گرانی‌سنجی و مغناطیس‌سنجی ناحیه قم، گزارش ژئوفیزیکی، بخش ژئوفیزیک، شرکت ملی نفت ایران، شماره فنی ۱۹۱۱، ص ۲۹.
- دولتی‌ارده‌جانی، ف.، مرادزاده، ع. و قاضی‌مرادی، م.، ۱۳۸۴- ارزیابی ناحیه قم از نظر تشکیل تله‌های نفتی با استفاده از تفسیر و مدل‌سازی داده‌های گرانی و مغناطیسی، دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران.

References

- Beltrao, J. F., Silva, J. B. C. & Costa, J. C., 1991- Robust polynomial fitting method for regional gravity estimation. *Geophysics*, 56, 80-89.
- Cheng, Q., 1999- Spatial and scaling modelling for geochemical anomaly separation: *Journal of Geochemical Exploration*, 65, 175-194.
- Cheng, Q., Agterberg, F. P. & Ballantyne, S. B., 1994- The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods, *Journal of Geochemical Exploration*, 51, 109-130.
- Clarke, G. K. C., 1969- Optimum second derivative and downward continuation filters, *Geophysics*, 34, 424-437.
- Dimiri, V. P., 1998- Fractal behavior delectability limits of geophysical surveys: *Geophysics*, 63, 1943-1946.
- Dimiri, V., 2000- Application fractals in earth sciences: Springer- Verlag, New York.
- Elkins, T. A., 1951- The second derivative method of gravity interpretation. *Geophysics*, 16, 29-50.
- Fedi, M., Rapolla, A. & Russo, G., 1999- Upward continuation of scattered potential field data. *Geophysics*, 64, 443-451.
- Gregotski, M. E., Jensen, O. & Arkani-Hamed, J., 1991- Fractal stochastic modeling of aeromagnetic data, *Geophysics*, 56, 1706-1715.
- Griffin, W. P., 1989- Residual gravity in theory and practice. *Geophysics*, 14, 39-56.
- Hisarli, Z. & Orbay, M., 2002- Determination of crustal density at the atmosphere-crust interface of western Anatolia by using the fractal method, *Journal of the Balkan geophysical society*, Vol. 5, No 1, pp. 3-8.
- Pawlowski, R. S. & Hansen, R. O., 1990- Gravity anomaly separation by Wiener filtering. *Geophysics* 55, 539-548.
- Sarma, D. D. & Selvaraj, J. B., 1990- Two-dimensional orthonormal trend surfaces for prospecting. *Computers and Geosciences*, 16, 897-909.
- Simpson, S. M., 1954- Least squares polynomial fitting to gravitational data and density plotting by digital computers. *Geophysics*, 19, 255-270.
- Thorarinsson, F. & Magnusson, S. G., 1990- Bouguer density determination by fractal analysis, *Geophysics*, 55, 932-935.
- Xu, Y. & Cheng, Q. A., 2000- Fractal Filtering technique for processing regional geochemical map for mineral exploration: Submitted to GEEA.

Exploration of Hydrocarbon Traps Using Fractal Method and GIS Model at Qum Area, Iran

F. Doulati Ardejani ^{1*}, M. Pishdadian ², A. R. Arab-Amiri ³, R. Kakaei ⁴ & M. Mohammado Khorasani ⁵

¹ Professor, School of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

² M.Sc., Faculty of Mining Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

³ Assistant Professor, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

⁴ Professor, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

⁵ M.Sc., Department of Exploration, National Iranian Oil Company (NIOC), Tehran, Iran.

Received: 2011 May 25

Accepted: 2012 April 29

Abstract

In the aim of petroleum exploration at Qum area, gravity and magnetic measurements incorporating 2059 measuring stations have been conducted in order to detect likely buried oil traps, any volcanic intrusive, faults and subsurface folding related to the Qum formation. Bouguer and total magnetic anomaly maps were produced when the required corrections were made on the gravity and magnet data. The fractal method incorporating intensity-area model was used to produce residual gravity and magnetic maps. These maps were compared with those maps produced by trend surface analytical method and then interpreted. The results obtained by the interpretation show that although the presence of an anticline which was determined using gravity method is important for petroleum exploration; however, the magnetic intensity is very high on a part of this anomaly. Furthermore, it is probably affected by the surrounding faults. The results obtained in this study can be effectively used to decide doing further exploration works in the study area.

Keywords: Fractal method, Oil traps, Gravity and magnetic data, Intensity-area

For Persian Version see pages 33 to 38

*Corresponding author: F. Doulati Ardejani; E-mail: fdoulati@ut.ac.ir