



دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک
پایان نامه کارشناسی ارشد

تفکیک آنومالی های میدان پتانسیل با استفاده از روش اجزاء محدود در ناحیه دهنو (فارس جنوبی)

استاد راهنما:

دکتر فرامرز دولتی
دکتر سید هاشم طباطبائی

استاد مشاور:

دکتر علی مراد زاده

محقق:

محمد یعقوبی پور

تابستان ۱۳۸۴

تقديم به خانو اده مهربانم

تقدیر و تشکر

با تشکر فراوان از اساتید راهنما دکتر فرامرز دولتی و دکتر هاشم طباطبایی و همچنین استاد مشاوره اینجانب جناب دکتر علی مراد زاده و ریاست محترم دانشکده معدن جناب دکتر رضا کاکایی که ما را از کمک های خود محروم نکردند.

یا تشکر از خانم مهندس آزاده آگاه، آقایان مهندس جهانبخش بدری، مهندس مهدی سیاهی، مهندس حمید سرخیل، مهندس امیر یوسفی، مهندس محمد طلوع و کلیه دوستانی که در این راه ما را یاری فرمودند.

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- میدان دو قطبی مغناطیسی..... ۱۰
- شکل ۱-۲- مؤلفه های میدان مغناطیسی..... ۱۲
- شکل ۱-۳- نقشه های ساده تک قطبی و دو قطبی برای زوایای میل مختلف..... ۱۴
- شکل ۱-۴- تعریف مختصات..... ۱۵
- شکل ۱-۲- نمایش شماتیکی تفکیک آنومالیهای باقیمانده و منطقه ای..... ۳۰
- شکل ۲-۳- المان هشت گرهی در فضای ایده آل..... ۳۹
- شکل ۲-۲- المان هشت گرهی در فضای واقعی..... ۳۹
- شکل ۳-۳- گره ها و توابع درون یاب در المان..... ۴۲
- شکل ۲-۵- نقشه آنومالی بوگه ناحیه دهنو..... ۴۴
- شکل ۲-۶- نقشه گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از
روش هشت گرهی اجزاء محدود..... ۴۴
- شکل ۲-۷- مقدار گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از
روش چهار گرهی اجزاء محدود..... ۴۴
- شکل ۲-۸- مقدار گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از
روش اجزاء محدود روش دوازده گرهی..... ۴۵

شکل ۲-۹- مقدار گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده

از روش روند سطحی درجه سه ۴۶

شکل ۲-۱۰- مقدار گرانی باقی مانده با استفاده از روش

مشتق اول قائم ۴۶

شکل ۲-۱۱- مقدار گرانی باقی مانده با استفاده از روش گریفین ۴۷

شکل ۲-۱۲- مقایسه اثرات باقی مانده حاصله از روشهای مختلف ۴۸

شکل ۳-۱- نقشه موقعیت منطقه دهنو ۵۱

شکل ۳-۲- عکس ماهواره ای منطقه ۵۲

شکل ۳-۳- وضعیت زمین شناسی منطقه ۵۲

شکل ۳-۴- نقشه موقعیت ایستگاه های گرانی و مغناطیسی ۵۳

شکل ۳-۵- نقشه آنومالی بوگه منطقه دهنو ۵۵

شکل ۳-۶- نمایش سه بعدی از نقشه آنومالی بوگه دهنو ۵۶

شکل ۳-۷- شبکه بندی منطقه به منظور محاسبه گرانی باقی مانده ۵۷

شکل ۳-۸- اثر منطقه ای المان شماره یک- منطقه دهنو ۵۸

شکل ۳-۹- اثر باقی مانده المان شماره یک- منطقه دهنو ۵۸

شکل ۳-۱۰- نقشه اثر باقی مانده گرانی محاسبه شده با استفاده از روش اجزاء محدود ۵۹

شکل ۳-۱۱- نقشه سه بعدی باقی مانده حاصل از روش اجزاء محدود ۵۹

شکل ۳-۱۲- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش ارتونرمال (روند ۳) - منطقه دهنو ۶۱

شکل ۳-۱۳- نمایش سه بعدی از نقشه آنومالی باقیمانده روند ۶۱

شکل ۳-۱۴- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش ارتونرمال (روند ۳) - منطقه دهنو ۶۲

شکل ۳-۱۵ - مقایسه نتایج روشهای روند سطحی بادرجات متفاوت واجزاء محدود برای

محاسبهٔ آنومالی باقی مانده..... ۶۳

شکل ۳-۱۶ - نقشه باقی مانده گرانی به روش متوسط وزنی - منطقه دهنو..... ۶۴

شکل ۳-۱۷ - نقشه باقی مانده مشتق اول قائم - منطقه دهنو..... ۶۵

شکل ۳-۱۸ - نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت بالا با

عمق گسترش ۱۰۰۰ متر منطقه دهنو..... ۶۶

شکل ۳-۱۹ - نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با

عمق گسترش ۵۰۰ متر - منطقه دهنو..... ۶۷

شکل ۳-۲۰ - نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با

عمق گسترش ۱۷۵۰ متر - منطقه دهنو..... ۶۸

شکل ۳-۲۱ - نقشه شدت کل مغناطیسی - منطقه دهنو..... ۶۹

شکل ۴-۲۲ - نقشه شدت کل مغناطیسی پس از اعمال

فیلتر بر گردان به قطب - منطقه دهنو..... ۷۰

شکل ۳-۲۳ - نقشه اثر باقی مانده مغناطیسی به روش روند سطحی درجهٔ ۳ - منطقه دهنو... ۷۱

شکل ۳-۲۴ - مقطع انتخاب شده روی ساختمان تاقدیسی A نقشه آنومالی باقی مانده

گرانی حاصل از روش اجزاء محدود..... ۷۴

شکل ۳-۲۵ - مقاطع انتخاب شده روی ساختمان های تاقدیسی نقشه آنومالی

باقی مانده گرانی منطقه دهنو..... ۷۴

شکل ۳-۲۶ - مدل دوبعدی روی تاقدیس بزرگ A درجهت عمود بر آن که مقطع آن در

شکل ۳-۲۴ - آمده است..... ۷۵

شکل ۳-۲۷ - مدل دو بعدی روی تاقدیس A در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵)..... ۷۶

- شکل ۳-۲۸- مدل دو بعدی روی تاقدیس A در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵) ۷۶
- شکل ۳-۲۹- مدل دو بعدی روی تاقدیس B در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵) ۷۷
- شکل ۳-۳۰- مدل دو بعدی روی ناودیس D در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵) ۷۸
- شکل الف- ۱- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش ارتونرمال (روند ۲) - منطقه دهنو... ۸۸
- شکل الف- ۲- نقشه تلفیق عکس ماهواره ای منطقه با آنومالی
- باقی مانده گرانی روند درجه سه ۸۸
- شکل الف- ۳- تلفیق نقشه زمین شناسی منطقه با آنومالی باقی مانده گرانی به روش ارتونرمال (روند ۳) منطقه ده نو ۸۹
- شکل الف- ۴- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی روند ۳ که خطوط برداشت داده ها را نیز شامل می گردد ۸۹
- شکل الف- ۵- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش ارتونرمال (روند ۲) - منطقه دهنو ۹۰
- شکل الف- ۶- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش متوسط وزنی - منطقه دهنو ۹۱
- شکل الف- ۷- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت بالا با عمق گسترش ۲۰۰۰ متر منطقه دهنو ۹۱
- شکل الف- ۹- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۷۵۰ متر - منطقه دهنو ۹۲
- شکل الف- ۱۰- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۰۰۰ متر - منطقه دهنو ۹۳
- شکل الف- ۱۱- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۲۵۰ متر - منطقه دهنو ۹۳

شکل الف-۱۲- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با

عمق گسترش ۱۵۰۰ متر- منطقه دهنو..... ۹۴

شکل الف-۱۲- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با

عمق گسترش ۱۶۰۰ متر- منطقه دهنو..... ۹۴

شکل الف-۱۳- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با

عمق گسترش ۱۷۰۰ متر- منطقه دهنو..... ۹۵

شکل الف-۱۴- نقشه اثر ناحیه ای مغناطیسی- منطقه دهنو..... ۹۵

شکل الف-۱۵- نقشه اثر باقیمانده مغناطیسی به روش متوسط وزنی- منطقه دهنو..... ۹۶

شکل الف-۱۶- نقشه اثر باقی مانده مغناطیسی به روش مشتق قائم- منطقه دهنو..... ۹۷

شکل الف-۱۷- نقشه اثر باقی مانده مغناطیسی به روش مشتق دوم قائم- منطقه دهنو..... ۹۷

شکل الف- ۱۸- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی چهار گرهی اجزاء محدود منطقه دهنو..... ۹۸

شکل الف- ۱۹- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی هشت گرهی اجزاء محدود منطقه دهنو..... ۹۸

شکل الف- ۲۰- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی دوازده گرهی اجزاء محدود منطقه دهنو..... ۹۹

فهرست

چکیده ۱

فصل اول: کلیات و مقدمه

۱-۱- مقدمه ۴

۲-۱- نقش ژئوفیزیک در اکتشاف ذخایر معدنی و هیدروکربوری ۴

۳-۱- نقش روش های گرانی سنجی و مغناطیسی سنجی

در اکتشاف ذخایر هیدروکربوری ۵

۴-۱- میدان های پتانسیلی ۶

۱-۴-۱- پتانسیل گرانشی ۶

۲-۴-۱- پتانسیل مغناطیسی ۹

۵-۱- عنصرهای میدان مغناطیسی زمین ۱۱

۶-۱- میدان مغناطیسی بین المللی مرجع ۱۲

۷-۱- روش های تفسیری در اکتشافات مغناطیسی ۱۳

۱-۷-۱- روش انطباق به قطب ۱۳

۲-۷-۱- محاسبه عددی فرمول انتقال به قطب ۱۴

۸-۱- به کارگیری روش های گرانی و مغناطیس سنجی

- در اکتشافات ژئوفیزیکی..... ۱۵
- ۹-۱- مطالعات انجام شده در این زمینه..... ۱۷
- ۱۰-۱- ضرورت انجام پایان نامه ۲۰
- ۱۱-۱- هدف از انجام پایان نامه ۲۱
- ۱۲-۱- روش تحقیق..... ۲۱
- ۱۳-۱- ساختار پایان نامه ۲۳

فصل دوم: تفکیک آنومالی های میدان پتانسیل

- ۱-۲- روش گرانی..... ۲۵
- ۲-۲- تعیین آنومالی بوگه ۲۶
- ۳-۲- روش مغناطیس سنجی..... ۲۶
- ۴-۲- تفسیر نقشه های مغناطیس سنجی ۲۷
- ۵-۲- روش های تفکیک آنومالی ها..... ۲۹
- ۶-۲- روش شبکه بندی تجربی..... ۳۰
- ۷-۲- روش مشتقات ۳۱
- ۱-۷-۲- مشتق قائم..... ۳۱
- ۲-۷-۲- مشتق افق..... ۳۱
- ۸-۲- فیلترهای مهم برای داده های میدان پتانسیل ۳۲
- ۱-۸-۲- فیلتر بالا گذر..... ۳۲
- ۲-۸-۲- فیلتر میان گذر..... ۳۲
- ۳-۸-۲- فیلتر پایین گذر..... ۳۲

- ۳۳ ۹-۲- روش گسترش رو به بالا.....
- ۳۳ ۱۰-۲- روش گسترش رو به پایین.....
- ۳۴ ۱۱-۲- برازش چندجمله ای.....
- ۳۵ ۱۲-۲- روش اجزاءمحدود در تفکیک آنومالی های میدان پتانسیل.....
- ۳۷ ۱۳-۲- مفهوم المان ایزوپارامتریک.....
- ۳۸ ۱۴-۲- تئوری مسئله.....
- ۳۸ ۱۵-۲- المان در فضای واقعی.....
- ۴۰ ۱۶-۲- محاسبه تابع شکل.....
- ۴۲ ۱۷-۲- تصحیح انتقال.....
- ۴۳ ۱۸-۲- نحوه استفاده از روش اجزاءمحدود.....
- ۴۳ ۱۹-۲- نحو اعمال روش اجزاءمحدود در قسمتی از نقشه آنومالی بوگه منطقه دهنو.....
- ۴۵ تفکیک ، مدل سازی و تفسیر آنومالی ها.....

فصل سوم: تفسیر و مدل سازی آنومال های حاصل از روش اجزاء محدود

- ۵۰ ۱-۳- مقدمه.....
- ۵۰ ۲-۳- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه.....
- ۵۳ ۳-۳- آماده سازی داده های گرانی و مغناطیسی.....
- ۵۲ ۴-۳- تعبیر و تفسیر اطلاعات گرانی و مغناطیسی منطقه دهنو.....
- ۵۴ ۵-۳- تفسیر کمی.....
- ۵۴ ۱-۵-۳- تفکیک آنومالی ها.....
- ۵۵ ۶-۳- تفسیر کیفی.....

۵۵	۳-۶-۱- نقشه آنومالی بوگه.....
۵۶	۳-۶-۲- نقشه های بدست آمده از روش اجزاءمحدود.....
۶۰	۳-۶-۳- روند سطحی.....
۶۳	۳-۶-۴- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش متوسط وزنی
۶۴	۳-۶-۵- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش مشتق اول و دوم
۶۵	۳-۶-۶- نقشه های گرانی گسترش به طرف بالا منطقه دهنو.....
۶۶	۳-۶-۷- نقشه های گرانی گسترش به طرف پایین منطقه دهنو.....
۶۸	۳-۶-۸- نقشه شدت کل مغناطیسی منطقه.....
۷۰	۳-۶-۹- نقشه های مغناطیسی تهیه شده با روش روند سطحی.....
۷۱	۳-۷-۷- تفسیر مدل سازی وتفسیر کمی وکیفی نتایج حاصل.....
۷۱	۳-۷-۱- مدل سازی.....

فصل چهارم: نتیجه گیری وپیشنهادات

۸۰	نتیجه گیری
۸۲	پیشنهاد.....
۸۴	منابع.....
۸۸	پیوست الف.....
۱۰۰	پیوست ب.....

چکیده

از آنجایی که نیاز روز افزون به مواد طبیعی هیدروکربوری نقش بسزایی در سیاست و اقتصاد یک کشور دارد محققین را همواره برآن می دارد که در پی راههایی برای اکتشاف این گونه منابع باشند.

از جمله روش های ژئوفیزیکی که در مراحل اکتشافات مقدماتی مورد استفاده قرار می گیرد. روش های گرانی و مغناطیس سنجی می باشند. این دو روش برای بررسی وضعیت ساختمانی زیر سطحی، وسعت و ضخامت حوضه های رسوبی مورد استفاده قرار می گیرد.

در این پایان نامه با استفاده از داده های گرانی و مغناطیس ناحیه دهنو(فارس جنوبی) در نظر است تا با استفاده از روش اجزاء محدود که یک روش نسبتاً جدید برای حذف بی هنجاری های ناشی از زمین می باشد اثرات ساختارهای ناحیه ای حذف شود و با استفاده از روش های متداول، قابلیت های روش اجزاءمحدود در جداسازی آنومالی های ناحیه ای ومحلی مورد ارزیابی قرارگیرد.

استفاده از اجزاءمحدود مارا به این نتیجه سوق داد که ازاین روش نیز می توان درکنار دیگر روش های تفکیک آنومالی استفاده نمود. نقشه حاصل شده از منطقه دهنو با استفاده از روش مذکور در منطقه دو آنومال بزرگ مثبت و سه آنومالی منفی وجود دارد. برای بررسی صحت کار از روش های دیگر تفکیک آنومالی نیز استفاده گردید.مقایسه بین روش ها نشان داد که نتایج حاصله درتطابق نسبتاً خوبی برخوردار می باشند که این موضوع خود قابلیت استفاده از روش اجزاء محدود را برای حذف اثرات ناحیه ای مقادیر گرانی و مغناطیسی را به اثبات می رساند. درمنطقه دهنوآنومالی های مثبت نمایان گر تاقدیس درمنطقه که تاقدیس بزرگ دهنو نیز از جمله آنهاست وآنومالی های منفی

نیز نمایان گر ناودیس می باشند. در ساختمان تاقدیسی بزرگ آنومالی دهنو هیچ گونه اثری مربوط به توده آذرین مشاهده نمی شود. افزایش رسوبات در آن به سمت شمال غرب منطقه نیز قابل تأیید است. همچنین وجود یک گنبد نمکی در قسمت شرق و جنوب شرقی منطقه قابل تأیید است که این نیز با استفاده از نقشه اجزاء محدود و نقشه های گسترش رو به پایین آنومالی از اعماق بیش از ۱۵۰۰ متر نشان داده می شود به طوری که در آن حالتی شبیه به جابجایی در روند ساختمانی تاقدیس ایجاد گردیده است. لازم به ذکر است که در روش اجزاء محدود آنومالی های نهفته در زیر زمین واضح تر و بزرگ تر نشان داده می شوند. داده های بدست آمده در رنجی بالاتر از دیگر روش های تفکیک قرار دارند.

فصل اول

کلیات

کلیات

۱-۱- مقدمه

ژئوفیزیک به بیان ساده دانش مطالعه زمین با استفاده از روش های فیزیکی است. این دانش همان طور که از نام آن بر می آید با فیزیک زمین و جو اطراف آن سر و کار دارد. بررسی های ژئوفیزیکی در مقایسه با مطالعات زمین شناسی از جنبه کاملاً کمی و غیر توصیفی تری برخوردارند. هر چند در بسیاری از مطالعات ژئوفیزیکی، به ویژه در صنعت نفت، کارشناسان با داده های کمی اندازه گیری شده به صورت نگاشت های لرزه ای، الکتریکی و نمودار های درون چاهی سر و کار دارند، با این وجود، اعتبار این داده های کمی تنها به کمک اطلاعات کیفی زمین شناسی قابل افزایش است و علاوه بر آن به کارگیری مجموعه ای از روش های ژئوفیزیکی غالباً کمک زیادی به کاهش اشتباهات و خطاها در تفسیر اطلاعات می کند [۱].

۱-۲- نقش ژئوفیزیک در اکتشاف ذخایر معدنی و هیدروکربوری

تقاضای مداوم و فزاینده بهره برداری از فلزات، کانی ها و افزایش شدید مصرف هیدروکربورهایی مانند نفت و گاز طبیعی، در طول پنجاه سال گذشته موجب توسعه بسیاری از روش های ژئوفیزیکی با دقت های زیاد برای آشکارسازی نهشته ها و ساختار های غیر قابل رویت شده است.

چون اکثر نهشته های کانی در زیر سطح زمین قرار دارد، آشکار سازی آنها به خواص بستگی دارد که آنها را از محیط اطراف متمایز می سازد. روشهایی بر مبنای تغییرات خواص کشسانی سنگها توسعه پیدا شد که توسط آنها می توان ساختارهای مربوط به نفت و گاز نظیر

گسلها، تاقدیس ها و ناودیس ها را، هرچند که در عمق هزاران فوتی در زیر زمین قرار داشته باشند، تعیین کرد. تغییرات در رسانندگی الکتریکی و جریانهای طبیعی زمین، آهنگ و پاشی اختلاف پتانسیل های مصنوعی وارده به زمین، تغییرات محلی گرانی، مغناطیس و رادیواکتیویته همگی اطلاعاتی را در مورد طبیعت ساختارهای زمینی برای ژئوفیزیکدان فراهم می آورد که او را در تعیین محل های مناسب برای جستجوی نهشته های کانی یاری می کند.

در کل هدف اصلی مطالعات ژئوفیزیکی در اکتشافات نفتی پی بردن به وجود نفتگیرها^۱ و مشخص نمودن آن ها است. آثار بعضی از نفتگیرهای ساختمانی^۲ مانند تاقدیس ها در رخنمون های سطحی آشکار است ولی در غالب موارد این ساختمان ها در مناطقی که کاملاً به وسیله آبرفت ها پوشیده شده است قرار دارند و تنها با مطالعات ژئوفیزیکی می توان به وجود این نفتگیرها پی برد. در مورد ساختمان هایی که در سطح زمین دارای رخنمون هستند نیز در اغلب موارد اطلاع از وضع طبقات مختلف در عمق حائز اهمیت می باشد. اکتشاف نفتگیر های نوع چینه ای بدون کمک ژئوفیزیک عملاً غیر ممکن و مستلزم حفر تعداد فراوانی چاه اکتشافی می باشد و اولین قدم در این گونه اکتشافات انجام مطالعات ژئوفیزیکی است [صالحی، ۱۳۴۸].

۱-۳- نقش روش های گرانی سنجی و مغناطیسی سنجی در اکتشاف ذخایر

هیدروکربوری

گرانی سنجی و مغناطیس سنجی از روشهای اساسی ژئوفیزیک می باشند که هر دو منشأ طبیعی دارند و از جمله میدانهای پتانسیلی به حساب می آیند. به علت اینکه کره زمین هموزن نبوده و از طبقات مختلف با چگالی های متفاوت به وجود آمده است لذا اندازه گیری هر دو روش

1. Traps
2. Structural traps

در هر نقطه ای از سطح زمین نمادی از تغییرات مربوط به لایه های زیرین در آن نقطه می باشد که در شناخت بهتر ساختارهای زیرین زمین به ما کمک می کند.

به طور کلی هر ساختار زمین شناسی که بتواند نفت را در خود جمع کند و به طریقی از حرکت نفت و هیدروکربورها جلوگیری کند به آن تله نفتی می گویند.

ساختارهایی که توسط این دو روش قابل شناسایی هستند گنبد های نمکی، گسلها، تاقدیس ها و ناودیس ها می باشند که همه این موارد خود نوعی تله نفتی به حساب می آیند.

۴-۱- میدان های پتانسیلی

۱-۴-۱- پتانسیل گرانشی

میدانهای گرانشی پایسته اند^۱، بدین معنی که کار انجام شده در حرکت دادن یک جسم در میدان گرانشی، مستقل از راه پیموده شده است و فقط به نقاط انتهایی مسیر بستگی دارد. در واقع چنانچه جرم در چنین میدانی به مکان اولیه خود بازگردانده شود مصرف انرژی کل برابر صفر خواهد بود و یا به عبارتی مجموع انرژی جنبشی (حرکت) و پتانسیل در داخل یک سیستم بسته، ثابت خواهد بود.

نیروی گرانشی برداری است در راستای خط واصل بین مرکز های دو جرم. نیرویی که یک میدان پایسته را بوجود می آورد ممکن است مشتق از یک تابع پتانسیل باشد [۱].

$$\nabla U(r) = F(r) / m_2 = g(r) \quad (1-1)$$

از طرف دیگر می توان این معادله را برای پتانسیل گرانی به صورت زیر حل نمود.

$$U(r) = \int_{\infty}^R g \cdot dr = -\gamma M \int_{\infty}^R \frac{dr}{r^2} = \frac{\gamma M}{R} \quad (2-1)$$

این معادله بیانگر کار انجام شده در جابجا کردن واحد جرم از یک نقطه بسیار دور (از نظر ریاضی بینهایت) در یک مسیر دلخواه به نقطه ای در فاصله R از گرانی گاه M است. U پتانسیل نرده ای می باشد.

پتانسیل نیوتنی یا سه بعدی پتانسیل برای یک نقطه به فاصله نسبتاً دور از یک جرم با شکل دلخواه به این صورت می باشد:

$$dU = \gamma dm / r = \gamma \sigma dx dy dz / r$$

که در آن:

dm : یک جزء جرم

r : فاصله بین نقطه تا مرکز جرم

σ : چگالی و $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ است

که در این صورت پتانسیل جرم کلی m برابر است با:

$$U = \gamma \sigma \int \int \int \frac{1}{r} dx dy dz \quad (3-1)$$

الف- معادلات میدان پتانسیل^۱

طبق قضیه دیورژانس^۲ (قضیه گاوس)، انتگرال دیورژانس یک میدان برداری در هر قسمت

از فضا برابر انتگرال مؤلفه قائم میدان بر روی سطحی است که این قسمت را در بر گرفته و جهت آن متوجه به خارج سطح است.

به زبان ریاضی داریم:

$$\int_v \nabla \cdot g dv = \int_s g_n \cdot ds \quad (4-1)$$

چنانچه ماده رباینده در داخل حجم وجود نداشته باشد، مقدار انتگرال برابر صفر است داریم.

1. Potential field
2. Divergence

$$\nabla \cdot g = 0$$

طبق رابطه (۱-۱) ، نیروی گرانشی ، گرادیان پتانسیل اسکالر است به طوری که:

$$\nabla \cdot g = \nabla \cdot \nabla U = \nabla^2 U = 0 \quad (۵-۱)$$

و این یعنی اینکه پتانسیل در فضای آزاد در معادله لاپلاس صدق می کند از طرف دیگر چنانچه ذره ای به جرم m در داخل حجم موجود باشد و بویژه اگر این ذره در مرکز سطح کروی به شعاع r فرض شود، طرف راست رابطه (۴-۱) برابر است با [۱] :

$$\int_s g_n ds = -(\gamma m / r^2)(4\pi r^2) = -4\pi\gamma m$$

حال چنانچه حجم V را به اندازه ای کوچک نماییم که فقط یک نقطه از منطقه را در بر گیرد. در این صورت می توان علامت انتگرال را حذف نمود و داریم:

$$\nabla \cdot g = -4\pi\gamma\sigma$$

که در آن:

σ : چگالی در نقطه مذکور است. در نهایت از رابطه (۱-۱) رابطه زیر حاصل می گردد:

$$\nabla^2 U = -4\pi\gamma\sigma \quad (۶-۱)$$

از رابطه (۵-۱) و (۶-۱) ملاحظه می شود که پتانسیل گرانی در فضای آزاد در معادله لاپلاس و در فضایی که ماده رباینده وجود داشته باشد، در معادله پواسن صادق است.

ب- مشتقات پتانسیل

گرانی قائم برابر مشتق پتانسیل در امتداد محور قائم است که به وسیله گرانی سنج اندازه گیری می شود. مشتقات گرانی به طور قابل ملاحظه ای در کار تفسیر گرانی برای بزرگ نمودن بی هنجاری های کوچک به قیمت از دست دادن اثرهای بزرگ مقیاس ، بکار می رود.

۱-۴-۲- پتانسیل مغناطیسی

نظیر گرانی سنجی، بردار میدان مغناطیسی ممکن است از یک تابع پتانسیل اسکالر^۱

مشتق باشد:

$$F(r) = -\nabla A(r) \quad (7-1)$$

از رابطه (۷-۱) می توان میدان مغناطیسی دو بعدی را بدست آورد، که یک مؤلفه شعاعی در امتداد r و یک مؤلفه زاویه ای عمود بر r دارد. این پتانسیل ممکن است بصورت کار انجام شده برای حرکت یک قطب واحد در میدان مغناطیسی تعریف شود که رابطه آن چنین است:

$$A(r) = -\int_{\infty}^r F(r).dr = \frac{m}{\mu r} \quad (8-1)$$

که در آن: m یک قطب مجازی در یک نقطه از فضا، r فاصله قطب از نقطه، μ تراوایی محیط اطراف قطب و F نیروی وارد بر m می باشد.

چون قطب مغناطیسی تک، تنها یک تصور است، پتانسیل مغناطیسی اسکالر نیز تا اندازه ای مبهم است، هرچند از لحاظ ریاضی قابل استفاده است. با مراجعه به شکل (۱-۱) که در آن $\mu = 1$ است A را برای یک نقطه خارجی p می توان حساب کرد، چون داریم:

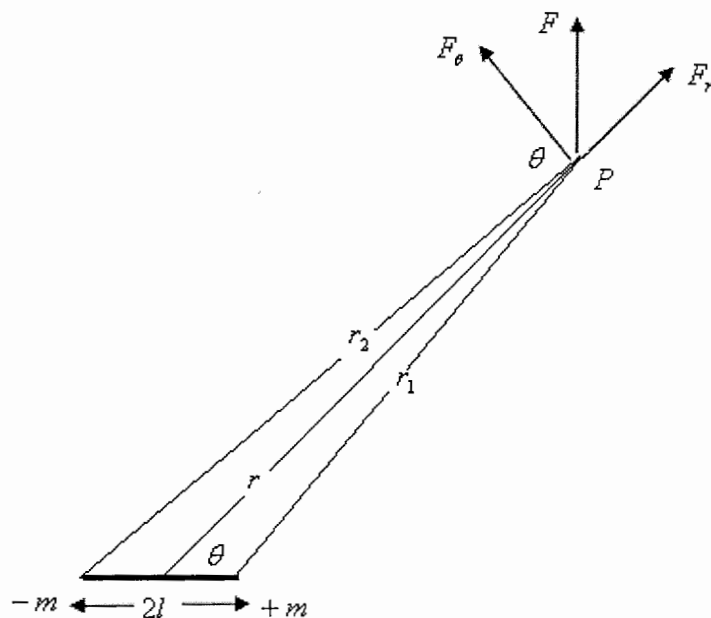
$$A = \frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2} = m \left\{ \frac{1}{\sqrt{(r^2 + l^2 - 2rl \cos \theta)}} - \frac{1}{\sqrt{(r^2 + l^2 + 2rl \cos \theta)}} \right\} \quad (9-1)$$

در صورتی که $r \geq l$ باشد، این رابطه به شکل زیر ساده می شود:

$$A \approx 2ml \cos \theta / r^2 \approx M \cos \theta / r^2 \quad (10-1)$$

حجمی از ماده مغناطیسی را می توان به صورت مجموعه ای از دو قطبی در نظر گرفت.

1. Scalar



شکل ۱-۱- میدان دو قطبی مغناطیسی [۱]

۱-۲-۴-۱- رابطه پواسن^۱

رابطه ای منسوب به پواسون بین پتانسیل گرانی U و پتانسیل مغناطیسی I مربوط به

یک حجم، وقتی که هم چگالی σ و هم گشتاور دو قطبی ثابت باشند، وجود دارد [۱۶].

از این رو می توان نشان داد که:

$$A = -\frac{\varphi}{\gamma\sigma} \frac{\partial U}{\partial \alpha} = -\frac{\varphi}{\gamma\sigma} \nabla U \cdot \alpha_1 = -\frac{\varphi}{\lambda\sigma} g_\alpha \quad (11-1)$$

که در آن:

γ برابر شدت میدان مغناطیسی (ارستد $\gamma = 10^{-5}$)، φ گشتاور مغناطیسی، α و بردار واحد α_1 در

راستای قطبش و g_α مؤلفه گرانی در همان راستا است.

به جای پتانسیل می توان بر حسب میدان نوشت:

$$F_\beta(r) = \beta_1 \text{ در راستای } F(r) \text{ مؤلفه} = -\frac{\partial A}{\partial \beta} = \frac{\varphi}{\gamma\sigma} \frac{\partial g_\alpha}{\partial \beta}$$

پتانسیل مغناطیسی همانند گرانی در معادله لاپلاس صدق می کند:

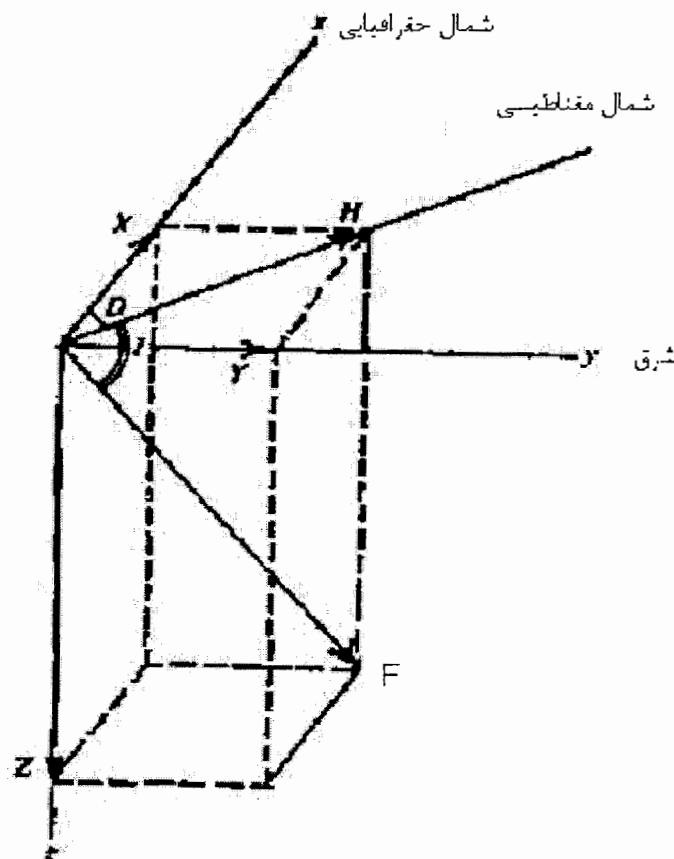
$$\nabla^2 A = 0 \quad (12-1)$$

به همین شکل پتانسیل مغناطیسی در هر نقطه داخل منطقه ای که محتوی ماده مغناطیسی باشد، نظیر پتانسیل گرانی داخل بی هنجاری جرم، در معادله پواسون صدق می کند. بنابراین داریم:

$$\nabla^2 A = 4\pi \nabla \cdot M(r) \quad (13-1)$$

۵-۱- عنصرهای میدان مغناطیسی زمین

اگر یک سوزن فولادی که قبلاً مغناطیده نشده است توسط نخی از مرکز آن آویزان شود، به طوری که بتواند آزادانه در هر راستایی در فضا قرار گیرد، در بیشتر نقاط سطح زمین، در راستایی قرار می گیرد که نه افقی و نه موازی با نصف النهار جغرافیایی است. این توجیه، راستای میدان مغناطیسی کلی زمین در آن نقطه است. F بزرگی این میدان، I میل سوزن نسبت به افقی و D انحراف آن یعنی زاویه ای که با شمال جغرافیایی می سازد، جمعاً میدان مغناطیسی را تعریف می کنند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- مؤلفه های میدان مغناطیسی [۱]

۱-۶- میدان مغناطیسی مرجع بین‌المللی (IGRF)

بیان ریاضی میدان مغناطیسی زمین که توسط مجامع بین‌المللی پذیرفته شده است IGRF نامیده می‌شود که شامل ضرایب گاوس تا مرتبه ۱۰ و بالاتر می‌باشد. بعلت تغییرات میدان مغناطیسی با زمان، مجمع بین‌المللی ژئومغناطیسی و فضا-نوردی IAGR هر ۵ سال مدل IGRF را به روز می‌کند. متأسفانه تغییرات میدان مغناطیسی زمین کاملاً قابل پیش‌بینی نیست، و اختلاف بین IGRF پیش‌بینی شده و مقدار واقعی آن در طول دوره ۵ سال در حال افزایش است. بنابراین یک مدل نهایی به نام DGRF ایجاد شده است که تغییرات میدان زمین در گذشته را نیز در نظر می‌گیرد. در اکتشافات ژئومغناطیسی بررسی سنگهای پوسته زمین مدنظر است. بنابراین لازم است که در هر نقطه از منطقه برداشت میدان مغناطیسی مرجع زمین با

1. International Geomagnetic Referece Field

استفاده از روابط موجود محاسبه شده و از داده‌ها حذف گردد. تا بدین ترتیب، اثر میدان هسته زمین در داخل داده‌های موجود نباشد.

۷-۱- روش‌های تفسیری در اکتشافات مغناطیسی

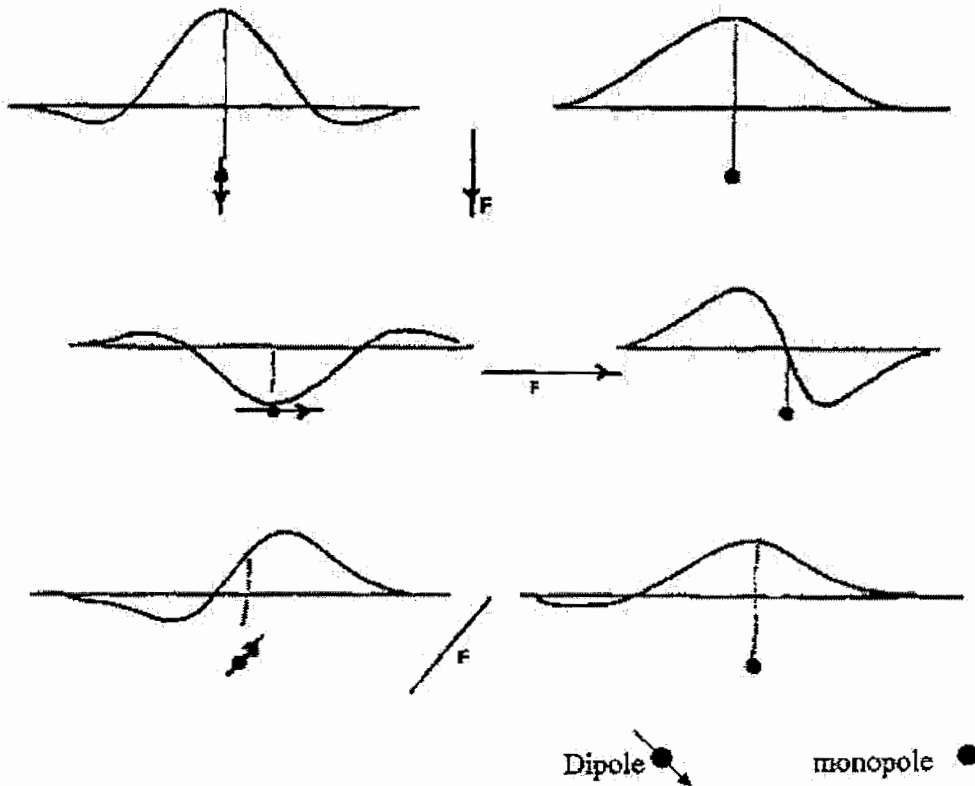
۱-۷-۱- روش برگردان به قطب^۱

روش‌هایی که برای تفسیر داده‌های مغناطیسی داده می‌شود شباهت زیادی به روش گرانی دارد. برای اینکه تئوری قوانین پتانسیل در هر دو روش، قوانین بنیادی هستند. این شباهت‌ها وقتی زیاد می‌شوند که داده‌های گرانی که برای آنها شتاب گرانش که همواره بطور قائم است با داده‌های شدت کلی مغناطیسی که به قطب انتقال داده شده باشند و در آنجا نیز میدان مغناطیسی بطور قائم است مقایسه می‌شوند. یعنی میدان مغناطیسی در قطب بطور قائم بوده و درست مانند میدان گرانش خود را نشان می‌دهد.

در روش انطباق به قطب داده‌های مغناطیسی در یک عرض جغرافیایی مشخص که در آن میدان قائم نیست با فرمولهای ریاضی به قطب منتقل می‌گردد. در این روش داده‌های شدت کلی را که در یک عرض جغرافیایی دلخواهی اندازه‌گیری شده باشند به محلی که این جسم به طور قائم مغناطیس شده باشد (قطب شمال مغناطیسی) منتقل می‌کنند. با این روش اجسامی که دارای تقارن باشند (مثل کره) آنومالی‌های متقارن ایجاد می‌کنند بطوری که مرکز آنها در روی جسم قرار می‌گیرد. مثلاً برای جسمی که به طور قائم مغناطیس شده باشد، یا برای یک دو قطبی افقی و یا تک قطبی و آنومالی‌های مختلف در شکل (۱-۳) آورده شده است، این روش اولین بار توسط پارانوف در سال ۱۹۵۷ ارائه شد [۲]. و سپس توسط افراد مختلف گسترش یافت. تبدیل آنومالی‌های مغناطیسی به قطب و استوای مغناطیسی به عنوان یک تبدیل خطی می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد و به عنوان یک روش استاندارد در تجزیه و تحلیل آنومالی‌های مغناطیسی مورد قبول واقع شود. برای عرض‌های مغناطیسی پایین (کمتر از ۱۵ درجه) روش تبدیل به قطب

1 . Reduction to the Pole

کاربردی ندارد زیرا در این حالت این روش ناپایداری هایی دارد و از تبدیل به استوا استفاده می‌شود [۲۲]. در قسمت بعد مختصری از محاسبه عددی و بدست آوردن فرمول انتقال به قطب آورده شده است.



شکل ۱-۳- نقشه های ساده تک قطبی و دو قطبی برای زوایای میل مختلف [۲].

۱-۷-۲- محاسبه عددی فرمول انتقال به قطب

بطور کلی فرمول های زیر برای میدان انتقال به قطب ارائه شده اند:

$$T_p = \mu T(o) + I$$

که در آن I به صورت زیر داده می‌شود

$$I = \frac{1}{2\pi} \iint T(\omega, \rho) \Omega_3(\omega) \frac{d\rho}{\rho} d\omega \quad (14-1)$$

انتگرال روی تمام سطح $\Omega_3(\omega) = \gamma_0 + 2\gamma_1 \cos \omega + \dots + 2\gamma_k \cos k\omega + \dots$,

$$\gamma_0 = 0, \gamma_k = (-\eta)^k k(k + \mu), \eta = \frac{(1 - \mu)}{\lambda}$$

که در اینجا ω, ρ مطابق شکل (۴-۱) مختصات قطبی نقطه M هستند و مقدار $T(\omega, \rho)$ میدان کل در نقطه M می‌باشد. $T(0)$ مقدار میدان کل در جایی که محاسبه انجام می‌شود است

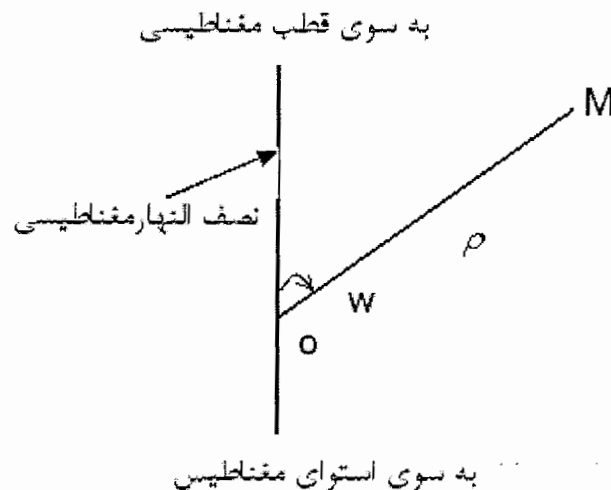
و $\mu = \sin I$ و $\lambda = \cos I$ بوده که $I =$ زاویه میل مغناطیسی در سطح مورد نظر است [۲].

انتگرال‌گیری برای مقادیر کوچک I نسبت به مقادیر زیاد مشکل‌تر است، برای مقادیر متوالی،

γ_k آهسته کاهش می‌یابد و $\Omega_3(\omega)$ شامل هارمونیک‌های مرتبه‌های بالا و دامنه زیاد است. در

نتیجه استفاده از روش‌های محاسباتی پیچیده‌تری برای زوایای میل کم از زوایای میل زیاد مورد

نیاز است [۲].



شکل (۴-۱) تعریف مختصات

۸-۱- به کارگیری روش های گرانی و مغناطیس سنجی در اکتشافات ژئوفیزیکی

به کارگیری روش های گرانی و مغناطیس سنجی را برای اکتشافات ژئوفیزیکی می توان

در ۳ مرحله زیر خلاصه نمود:

(۱) جمع آوری داده ها و تصحیح آن ها

این مرحله شامل طراحی شبکه برداشت، جمع آوری داده ها و اعمال تصحیحات لازمه بر روی آنها می شود. در مرحله طراحی شبکه برداشت ابتدا بایستی مشخص شود که برداشت به صورت زمینی انجام می شود یا هوایی. سپس بر اساس نوع برداشت و مشخصات منطقه، پارامترهایی از قبیل فواصل ایستگاه های برداشت، امتداد پروفیل های برداشت، فواصل پروفیل ها، ارتفاع پرواز و نوع وسیله اندازه گیری و ... تعیین و طراحی می شوند. پس از طراحی شبکه برداشت، داده ها بر اساس دقت مورد نظر اندازه گیری و ثبت می شوند. از آن جا که داده های حاصل از اندازه گیری تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله توپوگرافی منطقه، عرض جغرافیایی و ... هستند، لذا بایستی اثرات این عوامل را با اعمال تصحیحات مختلف (بر حسب نیاز) بر روی داده ها حذف نمود یا به حداقل ممکن کاهش داد. وقتی تمامی نویزهای قابل پیش بینی از داده های میدان های پتانسیل حذف شدند، داده های آنومالی شامل طیفی از اثرات منابع زمین شناسی منطقه باقی می ماند.

(۲) تفکیک و آشکار سازی آنومالی ها

در عبارات آنومالی های محلی (باقی مانده) و آنومالی های منطقه ای اصطلاحات محلی و منطقه ای واژه های مطلق نبوده بلکه نسبی می باشند. بدین معنی که با توجه به وسعت منطقه عملیاتی، هدف و نوع عملیات ژئوفیزیکی تعریف می شوند. به عنوان مثال ممکن است که یک اثر محلی در اکتشافات نفتی به عنوان یک اثر ناحیه ای در اکتشاف کرومیت محسوب می شود. بنابراین تفکیک آنومالی ها به مؤلفه های مذکور با توجه به هدف اکتشافی صورت می گیرد.

در میدانهای پتانسیل طبیعی مانند گرانی سنجی و مغناطیس سنجی، آنومالیهای به نقشه در آمده مانند بوگه و شدت کل مغناطیسی که از نتایج عملیات میدان های پتانسیل به نقشه در می آیند، اثرات توده ها را از پایین به بالا در بر می گیرد. بنابراین در نقشه ها، این توده ها با توجه به ابعاد، عمق و شکل آنها در نقشه جای می گیرند. آنومالی هایی که دارای طول موج بلند و فرکانس

پایین هستند از اثرات توده‌های عمیق به وجود می‌آیند، آنومالی‌هایی که دارای طول‌موج کوتاه و فرکانس بلند هستند ناشی از اثرات سطحی می‌باشند. با توجه به اینکه نقشه‌ها بطور کلی مجموعه اثرات اینها را مشخص و معین می‌کنند، جهت اهداف اکتشافی، بایستی این آنومالی‌ها را از هم تفکیک کرده و آنومالی‌های سطحی و محلی و آنومالی‌های عمقی و منطقه‌ای را در این نقشه‌ها از هم جدا نمود.

بطور کلی روش‌های مختلفی در تفکیک آنومالی‌های بوگه و شدت کل مغناطیس بکار گرفته می‌شود. در تفسیر نقشه‌های گرانی‌سنجی دهنو از روش‌های مدرن مانند فیلتر دو بعدی (بالا گذر - پایین گذر) و همین‌طور از روش ارتونرمال و روش‌های گرادیان افقی و قائم استفاده شده است که هر کدام از آنها جهت مشخص کردن ساختارهای زمین‌شناسی در اعماق معین می‌باشند. بعلاوه اینکه داده‌های گرانی این منطقه با استفاده از روش اجزاء محدود نیز مورد تفکیک قرار گرفت که تأکید اصلی این پایان‌نامه بر آن استوار می‌باشد.

۳) مدل‌سازی آنومالی‌های زیرین زمین

در این مرحله به مدل‌سازی داده‌های حاصل از روش قبل که بر اساس عمق از یکدیگر تفکیک شده بودند می‌پردازیم و در نهایت با استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی منطقه و مدل‌های بدست آمده به تفسیر منطقه می‌پردازیم.

۹-۱- مطالعات انجام شده برای جداسازی و تفسیر آنومالی‌ها

محققین همواره به دنبال به یک روش دقیق برای کشف آنومالی‌های زیر زمین می‌باشند روش‌های مختلفی در تفسیر داده‌های میدان پتانسیل طی سالیان متوالی مورد بررسی قرار گرفت که بسیاری از آنها مفید واقع بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن جایی که در اکتشافات ذخایر معدنی آنومالی‌های باقی مانده از اهمیت بیشتری برخوردار هستند، لذا حذف اثرات ناحیه‌ای از داده‌های میدان‌های پتانسیل و مسأله ایزوله نمودن آنومالی‌ها از مسایل مهم

در تفسیر بوده و قبل از این که آنومالی های ژئوفیزیکی به آنومالی های زمین شناسی تفسیر گردند، بایستی در مرحله تفکیک، آنومالی ها به درستی جداسازی شده باشند که کارهای زیادی توسط محققین در راستای حل این مسأله انجام شده است. این مطالعات منجر به ارائه روش هایی مانند استریپینگ^۱ [هامر^۲ ۱۹۶۳]؛ روند سطحی [اولدهام و ساترلند^۳ ۱۹۵۵]؛ گرت^۴؛ وان ورتیز و دیویس^۵ ۱۹۶۴؛ فاکلیویچ^۶ ۱۹۵۹، عبدالرحمن و همکاران^۷ ۱۹۸۵]، گریفین کانس و همکاران [گریفین، ۱۹۴۹]، روش های طول موج شامل روش های پایین گذر^۸، بالا گذر^۹ و پهنه گذر^{۱۰}، [زارفلاهِ^{۱۱} ۱۹۶۷]؛ لیدیاک^{۱۲} و همکاران [۱۹۸۵]، روش های مشتق [پیترز ۱۹۴۹]؛ مسکو^{۱۳} [۱۹۶۶] روش های گسترش [پیترز، ۱۹۴۹؛ هندرسن^{۱۴} ۱۹۴۹؛ دین^{۱۵} ۱۹۵۸]، و روش های امتدادی [چاندلر^{۱۶} ۱۹۸۵]؛ لیدیاک و همکاران، [۱۹۸۵] شدند. علاوه بر روش های فوق الذکر برخی از محققین جهت حذف اثرات انحراف داده های مغناطیسی ناشی از تغییرات زاویه میل و انحراف پلاریزاسیون^{۱۷} مغناطیسی با فرض این که پلاریزاسیون مغناطیسی کلاً

1 stripping

2 Hammer

3. Oldham and Sutherland

4. Grant

5. Van Voorthis and Davis

6. Fajklewicz

7. Abdurrahman et al

8. Low pass filter

9. High pass filter

10. Band pass filter

11. Zurflueh

12. Lidiak et al

13. Mesko

14. Henderson

15. Dean

16. Chandler

17. Polarization

بوسیله میدان مغناطیسی زمین هدایت می شود، از روش برگردان به قطب استفاده نمودند [بارانوف^۱ ۱۹۵۷].

بکارگیری اجزاء محدود در حل مسائل میدان پتانسیل (گرانی و مغناطیس) به صورت خیلی محدود مورد استفاده قرار گرفته است. می توان گفت که اجزاء محدود در گرانی در دو جهت مورد استفاده قرار می گیرد یکی استفاده از آن به عنوان نوعی فیلتر برای حذف بی هنجاری های ناحیه ای ناشی از زمین و در مرحله بعد برای داده های حاصله به منظور تعیین شکل و پارامترهای فیزیکی آنومالی ها می تواند بکار رود.

استفاده از روش اجزاء محدود به عنوان یک فیلتر جداسازی آنومالی های گرانی توسط شارما [۱۸] مورد بررسی قرار گرفت.

روش های مورد استفاده در این مطالعات دارای معایبی از جمله موارد زیر می باشد:

اگر چه روش های تحلیلی که اکثراً بر اصول هموار سازی استوارند با استفاده از ضرایب وزنی ارائه شده می توانند آنومالی ها را نسبتاً تفکیک نمایند ولی یکی از معایب اصلی کلیه این روش ها حذف یک سری از داده های اصلی در چهار گوشه نقشه آنومالی بوگه می باشد که با افزایش شعاع دوایر استفاده شده، اطلاعات بیشتری حذف خواهد شد. این مسأله یکی از مهمترین اشکالات این روش های تحلیلی در بعد زمانی می باشد. از دیگر نقاط ضعف این روش ها این است که حتماً بایستی نقشه بوگه را به صورت یک شبکه منظم مربعی یا مستطیل شبکه بندی نمود که چه بسا اکثر مناطق تحت پوشش داده های میدان های پتانسیل فاقد یک شکل منظم خصوصاً به صورت مربعی یا مستطیل می باشند. همچنین ضرایب وزنی استفاده شده در روش های تحلیلی ممکن است در هر منطقه ای صدق نکنند. اما با تبدیل داده ها از بعد زمان به بعد فرکانس می توان ضرایب وزنی مناسبی برای هر منطقه ای تولید نمود. زیرا در بعد فرکانس لزومی ندارد

1. Baranov

که وضعیت اپرا تور، به صورت دایره ای مشخص گردد، یعنی امکان انتخاب اپرا تور های مربعی و مستطیلی نیز وجود دارد. بدین ترتیب اطلاعات کمتری از چهار گوشه شبکه برداشت حذف می گردد.

پس از جدا سازی آنومالی ها نقشه های تهیه شده از اندازه گیری های میدان های پتانسیل نمی توانند هیچ گونه اطلاعات کمی درباره عمق، ابعاد و یا توزیع خاصیت فیزیکی مورد اندازه گیری در زیر زمین فراهم نمایند، ولی فرآیند مدل سازی داده ها این امکان مهم را در تعبیر و تفسیر داده های میدان های پتانسیل مهیا می سازد. استفاده از فرآیند مدل سازی جهت تعیین پارامترهای هندسی و فیزیکی ساختارهای زمین شناسی توسط محققین زیادی گزارش شده است کارهای ارائه شده توسط محققین شامل به کارگیری دو روش مدل سازی پیشرو و معکوس برای داده های میدان های پتانسیل و حل مشکلات مربوط به هر یک از آن ها می شود.

در زمینه مدل سازی محققینی از جمله: تالوانی، گرانت، لوین، نلتون و... تحقیقات به عمل آورده اند [۶].

۱-۱۰- ضرورت انجام پایان نامه

از جمله روشهای که طی چند سال اخیر در تفسیر میدان های پتانسیلی مورد استفاده قرارگرفت روش اجزاء محدود می باشد که در دو شاخه جداسازی بی هنجاری ها توسط شارما^۱ در سال ۱۹۹۹ [۱۸]، و مدلسازی داده ها توسط کافتن، سالک و ساری^۲ در سال ۲۰۰۳ [۲۹] مورد بررسی قرار گرفته که هیچکدام از این دو روش تا کنون در سطح وسیع در دنیا مورد استفاده قرار نگرفته است. با توجه به اینکه جداسازی آنومالی ها اهمیت زیادی در تعیین مدل سازی و شناسایی آنومالی ها دارد لذا در این پایان نامه بر آن شدیم که تئوری انجام شده توسط شارما را

1. Sharma

2. I. Kaftan , M. Salk , C. Sari

مورد بررسی بیشتری قرار داده و روش را برای اولین بار بر روی داده های ثقل و مغناطیس منطقه ای در ایران پیاده نماییم. و با مقایسه این روش با دیگر روش ها کارایی این روش را در کاربردهای عملی مورد بررسی قرار دهیم.

۱-۱۱-هدف از انجام پایان نامه

هدف از انجام این پایان نامه بررسی و تحقیق روی نظرات و تئوری های ارائه شده توسط شارما و همکارانش و بکارگیری روش اجزاء محدود و ارائه کد های مربوطه برای اجرای این روش جهت جداسازی آنومالی های باقی مانده و ناحیه ای (گرانی و مغناطیس) می باشد. علاوه بر آن ارزیابی قابلیت این روش و برشمردن مزایا و معایب آن در مقایسه با دیگر روش ها نیز از جمله اهداف این پایان نامه می باشد. در پایان نیز به مدل سازی داده های حاصل از روش اجزاء محدود به منظور تفسیر کیفی و کمی داده های گرانی و مغناطیس دهنو می پردازیم.

۱-۱۲-روش تحقیق

پس از در اختیار گرفتن داده های ثقل و مغناطیس که تصحیحات مختلفی روی آنها توسط کاشناسان شرکت نفت انجام شده بود نقشه آنومالی بوگه و شدت میدان مغناطیس کل تهیه گردید. داده های مذکور مجموعه ای از اثرات مربوط به مناطق کم عمق و عمیق می باشد که به روش اجزاء محدود به صورت زیر آنها را از یکدیگر جدا می کنیم :

- ۱- نقشه آنومالی بوگه و یا شدت میدان مغناطیس را که برحسب طول و عرض جغرافیایی است به اجزاء مختلف تقسیم می نماییم،
- ۲- یک جزء را انتخاب می کنیم.

۳- با استفاده از روابط مورد نظر و برنامه نویسی در محیط نرم افزار **Matlab** اثرات منطقه ای مربوط به جزء انتخابی را محاسبه می نماییم.

۴- این روش را بر روی دیگر اجزاء ها نیز اعمال می کنیم و اثرات منطقه ای مربوط به آنها را بدست می آوریم.

۵- تمامی داده های حاصله که نمایانگر اثرات منطقه ای کل منطقه می باشد را با استفاده از کد های تهیه شده به یکدیگر مرتبط می کنیم.

۶- اثرات منطقه ای کل منطقه را از مقدار آنومالی بوگه کم می کنیم تا اثرات باقی مانده حاصل گردد.

۷- در نهایت با انجام مدل سازی به تفسیر داده های مذکور می پردازیم
همچنین برای ارزیابی جهت نتایج بدست آمده و توانایی روش اجزاء محدود جداسازی آنومالی ها، به کمک نرم افزار حرفه ای **Model vision pro** که توانایی انجام روشهایی از جمله روش های گریفین ، روند سطحی ، مشتق گسترش به سمت بالا و گسترش به سمت پایین را دارد نیز انجام می پذیرد.

۱-۱۳- ساختار پایان نامه

این پایان نامه مشتمل بر چهار فصل می باشد. فصل اول شرح کلیاتی در مورد گرانی و مغناطیس و میدانهای پتانسیلی مرتبط به آن دو روش و همچنین ضرورت انجام پایان نامه می باشد. فصل دوم در مورد روش گرانی و مغناطیس و تئوری روش اجزاء محدود توضیح می دهد و در ادامه چگونگی اجرای روش مذکور را برای داده های گرانی بخش دهنو(فارس جنوبی) مورد بررسی قرار می دهد. فصل سوم اعمال کامل روش اجزاء محدود را برای تفکیک آنومالی های گرانی کل منطقه دهنو مورد مطالعه قرار داده و سپس به کمک نرم افزار

Model vision pro سایر روش ها جهت تفکیک آنومالی های اعمال شده و نتایج آن با نتایج بدست آمده از روش اجزاء محدود مقایسه می شود و در مورد مزایا و معایب آن بحث می گردد. در ادامه کلیه نقشه های تهیه شده مربوط به داده های گرانی و مغناطیس منطقه مورد تفسیر کیفی قرار گرفته و سپس با انجام مدل سازی عددی در قالب نرم افزار Model vision pro کلیه آنومالی ها مورد تفسیر قرار می گیرند. فصل آخر پایان نامه به جمع بندی مطالب و نتیجه گیری های لازم می پردازیم و پیشنهاد ات لازم نیز ارائه می گردد.

فصل دوم

تفکیک آنومالی های میدان پتانسیل

۱-۲- روش گرانی

معمولاً در پی‌جویی و اکتشاف منابع هیدروکربنی مناطق نفت‌خیز از گرانی‌سنجی برای شناسایی مقدماتی استفاده می‌شود. متداول‌ترین روش برای این کار مقایسه میان مقدار مشاهده شده و مقدار تئوری نیروی گرانی در نقاط مختلف منطقه مورد کاوش است؛ تعیین تفاوت این دو مقدار در هر نقطه که در اصطلاح بی‌هنجاری یا آنومالی گرانی آن نقطه نامیده می‌شود، از اهداف اصلی کاوش‌های گرانی به شمار 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 تکتونیکی منطقه مورد مطالعه پی برد.

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. جداسازی و بررسی بی‌هنجاری محلی به طور عمده در پی‌جویی و اکتشاف منابع زیرزمینی، و بی‌هنجاری‌های منطقه‌ای برای مطالعه ساختارهای بزرگ، تغییر رخساره سنگ در پوسته زمین استفاده می‌شود.

در این تحقیق از داده‌های گرانی و مغناطیس به منظور شناسایی مقدماتی و اکتشاف منابع هیدروکربنی در منطقه دهنو استفاده شده است. برای این کار اطلاعات برداشت شده از ۵۷۹ ایستگاه گرانی و مغناطیس سنجی که به فاصله ۱ کیلومتر از هم در طول ۲۳ پروفیل قرار داشته‌اند مورد استفاده قرار گرفته است. فاصله پروفیل‌ها از یکدیگر ۲ کیلومتر بوده است. تعیین چگالی و انجام کلیه تصحیحات لازم روی اطلاعات برداشت شده به همراه نقشه‌های آنومالی بوگه و مغناطیس توسط گروه اکتشاف شرکت نفت انجام شده است.

۲-۲- تعیین آنومالی بوگه

پس از تعیین دانسیته سطحی منطقه و اعمال تصحیحات بوگه هوای آزاد و توپوگرافی برای تک تک ایستگاه‌ها، آنومالی بوگه ساده (S.B.A) به دست می‌آید.

$$S.B.A = g_{obs} - g_{\phi} + (0.3086 - 0.0419\sigma)h \quad mgal \quad (1-2)$$

که در آن :

g_{ϕ} گرانی نرمال ، g_{obs} گرانی اندازه‌گیری شده برحسب میلی گال h ارتفاع و دانسیته می‌باشند.

پس از محاسبه آنومالی بوگه ساده، آنومالی بوگه (B.A) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B.A = S.B.A + dg_{tc} \quad mgal \quad (2-2)$$

که در آن dg_{tc} تصحیح توپوگرافی می‌باشد.

۲-۳- روش مغناطیس سنجی

مطالعه مغناطیس زمین قدیمی‌ترین شاخه ژئوفیزیک است. از سه قرن پیش معلوم بوده که زمین به صورت یک مغناطیس بزرگ و تا اندازه‌ای بی‌نظم رفتار می‌کند. روش مغناطیسی با روش گرانی امروزه به طور گسترده برای تعیین محل کانیهای پنهان و هم برای تعیین مدل ساختارهای حاوی نفت و گاز به کار گرفته می‌شود.

روشهای مغناطیسی و گرانی نقاط مشترک زیادی دارند. با وجود این نقشه‌های مغناطیسی (معمولاً میدان کلی یا مولفه قائم) عموماً پیچیده‌تر و تغییرات میدان نابسامان‌تر و محلی‌تر از نقشه‌های گرانی است. این امر تا اندازه‌ای مربوط به اختلاف میان میدان دوقطبی مغناطیسی و میدان یک قطبی گرانی است، که اولی دارای بزرگی و راستای متغیر است، و دومی دارای بزرگی بوده و تنها در راستای قائم می‌باشد. در حالی که نقشه گرانی عمدتاً نشان دهنده اثرهای منطقه‌ای

است، به نظر می‌رسد که نقشه مغناطیسی مجموعه‌ای از بی‌هنجاری‌های باقیمانده باشد که نتیجه تغییرات بزرگ در جزئی از کانی‌های مغناطیسی است که در داخل سنگهای نزدیک به سطح وجود دارد.

بنابراین تفسیر دقیق داده‌های میدان مغناطیسی بسیار مشکل‌تر از تفسیرهای گرانی است. از طرف دیگر، در مقایسه با اغلب روشهای ژئوفیزیکی، اندازه‌گیریهای صحرایی در این روش راحت، ارزان و ساده بوده، علاوه بر این به علت اینکه تغییرات میدان مغناطیسی در اغلب موارد مشخص‌کننده ساختارهای سنگی و نیز ساختارهای منطقه ای است و این خود برای اکتشافات نفتی مساعد می‌باشد. روش مغناطیسی به مراتب از کاراترین روشهای کاوش ژئوفیزیکی است.

دراکتشاف نفت روش مغناطیسی همراه با روش گرانی به عنوان مقدمه‌ای بر کارهای لرزه‌ای برای تعیین عمق تقریبی، توپوگرافی و خصوصیات پی سنگها بکار می‌رود. چون خودپذیری سنگهای رسوبی نسبتاً کم است، پاسخ اصلی مربوط به سنگهای آذرین زیر رسوبها است. در نتیجه انتظار می‌رود که در چنین نواحی برجستگی‌های مغناطیسی نسبتاً کوتاه باشد که معمولاً نیز چنین است.

۲-۴- تفسیر نقشه‌های مغناطیسی

نتیجه نهایی یک اندازه‌گیری مغناطیسی چه زمینی و چه هوابرد یک سری پروفیل یا نقشه پربند(تراز) مغناطیسی است و در نواحی رسوبی ممکن است تشابه‌هایی بین نقشه‌های مغناطیسی و گرانی موجود باشد ولی عموماً آنومالی‌های مغناطیسی متعددتر، پیچیده تر و بزرگی بیشتر از گرانی‌اند. در نتیجه جداسازی اثرهای منطقه‌ای و باقی‌مانده بسیار مشکل است و اغلب حتی بدان مبادرت نمی‌شود [۲]. اخت دادن آنومالیهای میدان با شکلهای هندسی ساده معمول‌ترین روش تفسیر است، البته روشهای دیگری نیز وجود دارند.

الف) تفسیر کیفی

بدین صورت است که از روی داده‌های پروفیل برداشت شده یک منحنی ترسیم می‌شود و یا نقاط هم شدت را به هم وصل کرده و یک نقشه پربندی بدست می‌آید و در نهایت یک نقشه مغناطیسی از منطقه مورد نظر بدست می‌آید در تفسیر کیفی از روی منحنی ترسیم یا نقشه تهیه شده پی می‌برند که در آن منطقه یک آنومالی مغناطیسی وجود دارد ولی نمی‌توان عواملی چون جنس آنومالی، عمق دفن، شکل توده و جهت گسترش آن را از روی آن مشخص کرد. گاهی اطلاعات بدست آمده در مورد وجود یک گسل یا یک توده نفوذی خیلی مهم تر از اینکه شکل آن چگونه است یا در چه عمقی واقع شده اند. منظور این است که گاهی تفسیر کیفی مهمتر از تفسیر کمی است، در بسیاری از اندازه‌گیری‌های مغناطیسی هدف توصیف مرز بین لایه‌های رسوبی و نواحی است که در آنها سنگ کف^۱ در عمق کمی قرار دارد. چنین اطلاعاتی را می‌توان اغلب با بررسی نقشه‌های مغناطیسی بدست آورد (اغلب اوقات از روی نقشه‌ها می‌توانیم تفسیر کیفی داشته باشیم) اغلب یک مرز مشخص بین زون‌ها، با مغناطیس متفاوت می‌تواند وجود یک گسل بزرگی را در سنگ کف نشان دهد.

در مناطقی که سنگهای آذرین (بازالت و گرانیت) در عمق کم قرار دارند و به طور یکنواخت مغناطیس شده باشد یک چنین فرضی ممکن است اطلاعات کیفی مفیدی را در ساختارهای سنگی به ما بدهد خصوصاً موقعی که علائم خطی مشاهده شوند. نقشه‌های مغناطیس در روی گودیه‌های رسوبی و لایه‌های رسوبی که در آنها سنگهای مغناطیس خیلی عمیق باشند، اغلب اطلاعات قابل قبولی را درباره ساختار سطح سنگ کف به ما نمی‌دهد (چون توپوگرافی تغییراتی هر چند کم ایجاد می‌کند ۴۰ تا ۵۰ گاما) [۲۵]. این خطوط مغناطیسی که روی مناطق رسوبی مشاهده می‌شوند اکثراً به لیتولوژی زیر لایه (جنس سنگ کف) بستگی دارند. تغییرات در جنس که باعث اختلافات جانبی

1. Basement

در K^1 و باقی مانده مغناطیسی می شود بطور واضح تری در نقشه مغناطیسی ظاهر می شود تا علائمی که مربوط به توپوگرافی در سطح سنگ کف باشند، تغییر در مغناطیدگی سنگهای سنگ کف که در عمق یک کیلومتر یا بیشتر قرار دارند، ممکن است آنومالیهای مغناطیسی تا چند هزار گاما را در سطح زمین به وجود آورند در صورتیکه در همین عمق تغییر توپوگرافی زیر لایه حتی اگر ۵۰۰ فوت باشد نمی توان آنومالی مغناطیسی بیشتر از ۵۰ گاما بوجود آورد، پس تغییر جنس در سنگ کف اثرش بیشتر از تغییر توپوگرافی سنگ کف است [۲].

(ب) تفسیر کمی

در تفسیر کمی می توانیم جنس آنومالی، عمق دفن، شکل توده و جهت گسترش را مشخص کنیم. برای تفسیر کمی معمولاً علاوه بر روش مغناطیسی شاید لازم باشد که از روشهای گرانی و غیره استفاده شود، چون تغییرات خودپذیری مغناطیسی توده های مختلف معمولاً بسیار زیاد است و همچنین جهت مغناطیس شدگی سنگها معمولاً نامشخص است و همیشه در امتداد میدان مغناطیسی زمین نیست. اما حالتی هم هستند که ضرایب قابلیت مغناطیس شدگی تا اندازه ای معلوم هستند و می توان فرض کرد که جهت بردار میدان مغناطیسی در سنگ هم جهت با میدان مغناطیسی زمین است. در چنین حالاتی محاسبه عمق احتمالی و ابعاد توده منبع آنومالی مفید می باشد.

۲-۵- روشهای تفکیک آنومالیها^۲

در حالت کلی جهت تفکیک بی هنجاری های میدان پتانسیل دو روش وجود دارد:

۱. روش ترسیمی

۱. خود پذیری مغناطیسی

می‌باشد، دایره‌ای به مرکز آن نقطه و به شعاع r زده می‌شود. سپس میانگین مقادیر گرانی روی محیط این دایره بعنوان مقدار منطقه‌ای بوده و تفاضل آن از مقدار گرانی برداشت شده، مقدار گرانی باقی مانده خواهد بود [۱۲].

بدیهی است که نتیجه حاصل از این روش بستگی به شعاع دایره داشته باشد. مشخص است که اگر شعاع کوچک باشد اثرات ناحیه ای به آنومالی بوگه نزدیک می شود و مقدار باقی مانده به سمت صفر میل می کند، از طرف دیگر برای شعاع های بزرگتر اثرات ناحیه ای ناچیز بوده و مقدار باقی مانده تقریباً برابر آنومالی بوگه می شود. همچنین دایره های نسبتاً بزرگ نیز ممکن است به باقی مانده های نزدیک هم پوشانی داشته باشند که به نوبه خود نتایج را بی معنی می سازد [۷].

۲-۷- روش مشتقات

۲-۷-۱- مشتق قائم^۱

مشتقات قائم به صورت ذاتی جهت بزرگتر کردن آنومالی های محلی که به وسیله روند ناحیه‌ای در هم آمیخته شده است، بکار می‌رود تا کمکی در جهت آشکار نمودن مرزهای توده‌های سطحی باشد. یک سیمای زمین‌شناسی کم عمق که محدوده‌های آن بطور افقی گسترش یافته است (مانند یک گنبد نمکی) نمونه‌ای است که آنومالی گرانی آن انحنایی بیشتر از میدان ناحیه‌ای دارد. در استفاده از نقشه‌های مشتق اول و دوم قائم یک ناحیه، نقطه حائز اهمیت، دقت این امر است که نقشه‌های مشتقات قائم بر مبنای اختلاف مقدار گرانی در یک نقطه و نقاط اطراف آن می‌باشند. بطور کلی نقشه‌های مشتقات قائم آنومالی های محلی را که هموار هستند به صورت تیز در آورده و آشکار می‌کنند.

^۱ . Vertical Derivative

مشتقات قائم می‌توانند به عنوان نوعی از فیلترهای بالاگذر باشند که بستگی به بزرگی طول موج روند ناحیه‌ای آنومالی‌ها دارد [۱۳].

۲-۷-۲- مشتق افقی^۱

فرض کنید مقادیر شتاب گرانشی $g(x,y)$ بطور یکنواخت روی یک سطح افقی اندازه‌گیری شده است و این مقادیر گسسته را با g_{ij} نشان می‌دهیم. مشتقات افقی $g(x,y)$ بوسیله چندین روش مختلف قابل محاسبه می‌باشند یکی از روشها استفاده از روابط زیر می‌باشد [۱۳]:

$$\frac{dg(x,y)}{dx} \approx \frac{g_{i+1,j} - g_{i-1,j}}{2\Delta x} \quad (۳-۲)$$

$$\frac{dg(x,y)}{dy} \approx \frac{g_{i,j+1} - g_{i,j-1}}{2\Delta y} \quad (۴-۲)$$

این روابط همان تعاریف مشتقات نسبی هستند که علامت حد (limit) در آنها حذف شده و علامت تساوی تبدیل به علامت تقریب شده است. در روابط فوق داریم:

$g(x,y)/dx$: مشتق $g(x,y)$ در راستای محور x

$g(x,y)/dy$: مشتق $g(x,y)$ در راستای محور y

g_{ij} : مقدار گرانی اندازه‌گیری شده روی سطح افقی $i,j=1,2,3,\dots$

Δx و Δy : به ترتیب فواصل نمونه‌های عددی در امتداد محورهای x, y می‌باشند.

نقشه‌های گرانی افقی در به تصویر کشیدن ساختارها در سطح افقی کاربرد دارند. واضح است که هر چه مقادیر Δx و Δy کوچکتر انتخاب شود محل مرزها دقیق‌تر بوده و به محل واقعی آنها در سطح زمین نزدیکتر خواهد بود [۱۳].

۲-۸-۱- فیلترهای مهم برای داده‌های میدان پتانسیل گرانی

۲-۸-۱-۱- فیلتر بالاگذر

این فیلتر برای دستیابی به مقادیر بزرگتر از عدد موج خاص بکار می‌رود. به این معنی که عددهای موج کوچکتر را که مبین طول موج های بلند (منابع عمیق) هستند، حذف می‌کند و آنومالی های سطحی را نمایان می‌سازد.

۲-۸-۲- فیلتر میان گذر

برای دستیابی مقادیری از اعداد موج بکار می‌رود که مابین دو عدد موج خاص قرار گیرد. به این معنی که اثرهای کاملاً سطحی و اثرهای عمیق را حذف می‌کند.

۲-۸-۳- فیلتر پایین گذر

همانند فیلتر بالاگذر است. با این تفاوت که در این حالت برای دستیابی به مقادیر کوچکتر از عدد موج خاص کاربرد دارد. یعنی اینکه نوع فیلتر برای حذف عددهای موج بلند یا طول موج‌های کوتاه که حاصل آنومالی های سطحی است، بکار می‌رود.

۲-۹- روش گسترش بطرف بالا^۱

روش فوق قابلیت اندازه‌گیری مقادیر گرانی در سطحی بالاتر از سطح زمین را دارد بدون اینکه عملیات گرانی در آن سطح صورت گرفته باشد برای انجام محاسبات چیزی که نیاز داریم مقادیر بوگه منطقه است که روی سطح مبنا که همان سطح زمین می‌باشد اندازه‌گیری شده است. طرز عمل در روش گسترش رو به بالا به قرار زیر می‌باشد:

۱. Upward Continuation

با لغزیدن (بالا بردن) سطح اندازه‌گیری به سطحی بالاتر از سطح زمین، به علت اینکه فاصله از منابع آنومالی بیشتر می‌شود، شتاب جاذبه آنها کم خواهد شد. اما مقدار جاذبه محلی در مقایسه با منابع ناحیه‌ای بطور چشمگیر کاهش می‌یابد، چرا که تغییر در مسافت متناسب با بزرگی منبع است؛ به این صورت که نسبت بزرگی منبع آنومالی به فاصله‌اش تا ایستگاه اندازه‌گیری، تعیین کننده مقدار کاهش گرانی اندازه‌گیری شده است یعنی هر چه منبع آنومالی بزرگتر باشد، کاهش گرانی آن نسبت به منبع کوچکتر کم خواهد بود.

۱۰-۲- روش گسترش بطرف پایین^۱

این روش نیز همانند روش گسترش رو به بالا، مقادیر گرانی بوگه را از یک سطح مبنا (مثلاً سطح زمین) به سطح دیگری انتقال می‌دهد، با این تفاوت که در این حالت سطح جدید در زیر سطح مبنا قرار خواهد گرفت. گسترش رو به بالا یک روش ساده‌ای است، چرا که سطوح تصویر شده در فضای آزاد از میدان قرار دارند ولی در فرآیند گسترش رو به پایین ممکن است چنین نباشد و آنومالیهای جدیدی با شدتهای مختلف پدید آید که عمل تعبیر و تفسیر را با مشکل مواجه کند. در هر صورت روش گسترش رو به پایین یک روش غیرقابل اطمینان در اکتشافات منابع معدنی می‌باشد. با این حال در اکتشاف منابع هیدروکربن با توجه به اینکه جرمهای بی‌هنجار بین سطح زمین و عمق مورد بررسی ممکن است افت و خیزهای بزرگی در مقدار گرانی در ترازهای میانی تولید کنند، به گفته تلفورد، فرآیند ادامه فرسو شاید مناسب‌ترین تفسیر در اکتشاف نفت باشد که در آن ویژگی‌های اصلی مورد توجه اکثراً توسط پی‌سنگ کنترل می‌شود [۱۶] با توجه به توضیحات داده شده، به وسیله فرآیند فرسو می‌توان تا عمقی پیشرفت که به سطح بالایی منابع هیدروکربنی رسید و عمق تقریبی این منابع را تخمین زد.

1. Downward Continuation

۱۱-۲- برازش چند جمله‌ای^۱

یکی از روش های تحلیلی برای محاسبه گرانی ناحیه‌ای، برازش چند جمله‌ای است. در این حالت همه داده‌ها برای محاسبه مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً از روش کمترین مربعات استفاده می‌شود. سطحی که با این روش به وسیله عملیات ریاضی محاسبه و بر داده‌ها برازش می‌شود باید سطحی باشد که بهترین برازش را بر داده‌ها داشته باشد این سطح که می‌تواند درجات معینی را داشته باشد، مبین گرانی ناحیه‌ای است و اختلاف آن با مقادیر گرانی اندازه‌گیری شده، گرانی باقی مانده خواهد بود [۲۵]. در عمل این سطح سریعاً توسط کامپیوتر با استفاده از مقادیر گرانی محاسبه می‌شود. اگر تغییرات میدان ناحیه‌ای و نوسانات مقادیر گرانی اندازه‌گیری شده، شدید نباشد می‌توان آن را به صورت یک صفحه مایل ساده به صورت زیر در نظر گرفت:

$$Z = Ax + By + C \quad (۵-۲)$$

که ضرایب A , B , C به وسیله کمینه کردن مقدار باقیمانده محاسبه می‌شوند. گام بعدی که در پیچیدگی بیشتر مقدار گرانی ناحیه‌ای کاربرد دارد، نمایش چند جمله‌ای به صورت درجه دو است که مطابق زیر خواهد بود:

$$Z = Ax^2 + By^2 + Cxy + DxEy + F \quad (۶-۲)$$

برای تعیین ضرایب چند جمله‌ای، روش کمترین مربعات که توسط اگوکس بیان شده است؛ تشریح می‌شود. اگر نقاط اندازه‌گیری شده به صورت (x_i, y_i, z_i) باشند و قرار دهیم:

$$R = \sum_{i=1}^n |Z_i - Z| \quad (۷-۲)$$

که در آن n : تعداد نقاط اندازه‌گیری شده می‌باشد.

بهترین برازش، زمانی اتفاق می‌افتد که مقدار R مینیمم شود.

در این پایان نامه جهت جلوگیری از کاستی های مذکور و با استفاده از نرم افزار Modelvisi pro [۲۰] مقادیر منطقه ای و باقیمانده گرانی با استفاده از روش های ارتونرمال به نقشه در آمده است [۷].

۲-۱۲- روش اجزاء محدود در تفکیک آنومالی های میدان پتانسیل

روش اجزاء محدود یک روش عددی برای یافتن حل تقریبی بسیاری از مسائل مهندسی تکنیک اجزاء محدود است. این روش برای اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط مالیک^۱ و در سال ۱۹۹۷ توسط مالیک و شارما^۲ جهت محاسبه اثر منطقه ای مورد استفاده قرار گرفت [۱۸]. در این تحقیق نیز سعی شده تا برای اولین بار در ایران این روش جهت جداسازی آنومالی های ناحیه ای و باقی مانده استفاده گردد و با استفاده از این روش و روشهای دیگر، فیلتر مناسبی جهت مشخص نمودن ساختارهای نفتی زیر سطحی پیشنهاد گردد.

در این روش محیط به تعدادی از المان های با اشکال دلخواه تفکیک و گره های فرضی ایجاد می گردد و سپس برای هر المان یک تابع تقریبی u با ضرایب پارامترهای گرهی^۳ مجهول در نظر گرفته می شود که به آنها توابع میانیاب^۴ المان گویند.

از آنجایی که هر المان می تواند دارای شکل، اندازه و خواص مختص به خود باشد تعجبی ندارد که این روش توانایی های بسیار خوبی در رابطه با بررسی مسائل مربوط به خاصیت غیر همگونی مواد، هندسه نا منظم و شرایط پیچیده دارا باشد. اگر چه در اکثر موارد جهت حل مسائل فقط از یک نوع المان بخصوص استفاده می شود ولی می تواند از ترکیب المان های مختلف نیز استفاده شود.

با توجه به مبحث فوق بدیهی است که انتخاب توابع میانیاب مهمترین قسمت این روش است. یک تابع میانیاب مناسب، به همگرایی خیلی خوب در سطح انتخابی منجر می شود برعکس انتخاب غلط

1 Mallick

2. Sharma

۳. منظور از پارامترهای گرهی مقدار تابع یا مشتقات آن در گره مفروض است

4. Interpolate

آن منجر به واگرایی یا همگرایی ضعیف در منطقه شده و گاهی اوقات نیز همگرایی به جوابهای غلط می انجامد.

از نقطه نظر عملی نیز باید توابعی را بکار گرفت که در صورت امکان به لحاظ جبری ساده باشند. یک تابع میانیاپ به دو صورت ارائه می شوند:

(الف)- یک چند جمله ای ساده با ضرایب نامعینی که متعاقباً به پارامترهای گرهی مرتبط می شوند.

(ب)- مستقیماً برحسب توابع شکل میانیاپ و پارامترهای گرهی که مقدار تابع و یا مشتقات آن را در گره مورد نظر برابر یک و در دیگر گره ها مساوی صفر قرار می دهد.

در حالت کلی دو نوع تابع میانیاپ لاگرانژ و هرمیتی در تحلیل اجزاء محدود مورد استفاده قرار می گیرد. میانیاپ لاگرانژ عبارت است از میانیاپی که در آن فقط توابع میانیاپی می شوند. در حالیکه میانیاپ هرمیتی، میانیاپی است که در آن توابع و مشتقات درون یابی می شوند. المانهای محدودی که به وسیله توابع میانیاپ نوع لاگرانژ ایجاد میگردند المانهای پیوسته از مرتبه C^0 نامیده می شوند و المانهای محدودی که بوسیله توابع میانیاپ نوع هرمیتی ایجاد می گردند المانهای پیوسته از مرتبه C^n نامیده می شوند که در آن $n > 0$ عبارت از مرتبه مشتقاتی که در میانیاپ وجود دارد [۳].

به عنوان مثال برای یک تیر، اگر در محدوده مورد نظر از تیر، فقط خیز پیوسته باشد، پیوستگی از طبقه C^0 است و اگر هم خیز و هم شیب پیوسته باشند، پیوستگی C^1 برقرار است.

بدین ترتیب هر متغیر وابسته در المان توسط توابع شکل مناسب تقریب داده می شود که با معلوم بودن تابع تقریبی میانیاپ \bar{u} برحسب پارامترهای گرهی المان، به فرمول بندی و استخراج معادلات صورت می پذیرند با استفاده از روشهای مختلف مانند روشهای باقی مانده وزنی^۱، روش تغییرات

1. Weighted Residuals Method (WRM) .

ریتز^۱ و یا روشهای انرژی قادر خواهیم بود تا ماتریس سختی و برداری برای هر المان بصورت روابط جبری حاصل شوند. مرتبه آن بستگی به تعداد درجات آزادی در داخل المان دارد. با معلوم بودن تابع تقریبی میانیاب \bar{u} برحسب پارامترهای گرهی المان می توان به شبیه سازی درونی المان یا اصطلاحاً درون یابی پرداخت. داده های حاصله همان داده های مربوط به اثرات منطقه ایی می باشد.

۲-۱۳- مفهوم المان های ایزو پارامترک

داده های گرانی برداشت شده در سطح زمین با توجه به اینکه از پیوستگی برخوردار نیستند نمی توان بین آنها معادلات دیفرانسیلی ارائه نمود. بنابراین بایستی سطحی که داده های گرانی از آن برداشت شده را به المان هایی تقسیم نمود و سپس با استفاده از روشهای درون یابی، داده های مربوط به درون هر المان را به دست آورد و در نهایت با استفاده از داده های حاصل شده از کل المانها اثر منطقه ای را شبیه سازی کنیم. به این منظور برای حل یک المان از یک منطقه به این شکل باید عمل نمود:

- ۱- یک المان چهار ضلعی با چهار، هشت و یا بیست گره انتخاب می گردد.
- ۲- باید توجه نمود که انتخاب محل المان حاکم بر منطقه خیلی مهم می باشد. اندازه ابعاد المان نیز بسته به همگرا بودن داده های برداشت شده دارد. این مقدار می تواند از $1/5$ کیلومتر که حداقل فاصله بین دو نقطه برداشت شده کنار هم تا کل سطح منطقه باشد.
- ۳- با توجه به انتخاب تعداد گره ها یعنی نوع المان (درجه دو یا سه) اثر منطقه ای به کمک فرمولی که برای المان تعریف می گردد محاسبه می شود.

1. Ritz Variation Method .

۴- تابع شکل^۱ هایی وجود دارند که برای محاسبه دقیق اثر منطقه ای خیلی مهم هستند توضیح محاسبه این فاکتورها در قسمت های جلوتر پیش است.

۵- اثرات حاصل شده با داده های گرانی برداشت شده مقایسه و از اختلاف آنها اثر باقی مانده محاسبه می گردد [۳].

۲-۱۴- تئوری مسئله

المان های انتخابی جزء خانواده المان های سریندیپیتی^۲ محسوب می شوند و ویژگی آنها در این است که کلیه گره های یک المان فقط بر اضلاع آن واقعند.

فرض کنید متغیر مستقل u به وسیله عبارتی به صورت زیر تقریب زده می شود.

$$u = \sum_{i=1}^s u_i \phi_i \quad (۸-۲)$$

که در آن u تابع پتانسیل مجهول u_i تابع پتانسیل معلوم در گره ها و ϕ_i تابع شکل می باشند. باید توجه داشت که u بوسیله توابع میاناب از درجه $s-1$ تقریب زده می شود [۱۹].

به عنوان مثال وجود هشت گره در المان مستلزم این است که هریک از توابع شکل دارای هشت ثابت بوده که از مثلث پاسکال یک چند جمله ای درجه دوم کامل بعلاوه دوجمله درجه سوم انتخاب می شود.

$$g(x, y) = \sum_{i=1}^8 g_i(x, y) N_i(x, y) \quad (۹-۲)$$

- 1 Shape function.
2. Serendipity elements

که در آن $N_i(x, y)$ همان تابع شکل i ، تعداد گره ها در المان، $g_i(x, y)$ مقدار گرانی در گره ها و $g(x, y)$ مقدار اثر منطقه ای در نقطه ای با مختصات x و y است.

۲-۱۵- المان در فضای واقعی

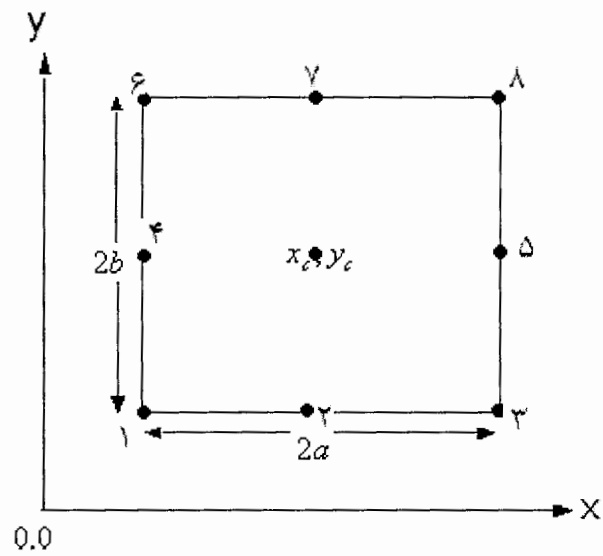
یک المان هشت گرهی را در شکل (۲-۲) مشاهده می کنیم که در فضای واقعی با دستگاه مختصات x - y می باشد.

مختصات مرکز المان را x_c, y_c می نامیم. طول و عرض المان را به ترتیب $2a$ و $2b$ انتخاب می کنیم. برای هر گره مقادیر مختصات x و y و مقدار پتانسیل u بایستی مشخص گردد. برای اینکه فرآیند درون یابی آسان تر صورت گیرد مقادیر را از فضای واقعی به فضای ایده آل با مختصات (ξ, η) تبدیل می کنیم یعنی تغییرات مکانی از فضای واقعی به بازه بین -1 تا 1 تبدیل می گردد در این فضا راحت تر می توان محاسبات را انجام داد (شکل ۲-۳).

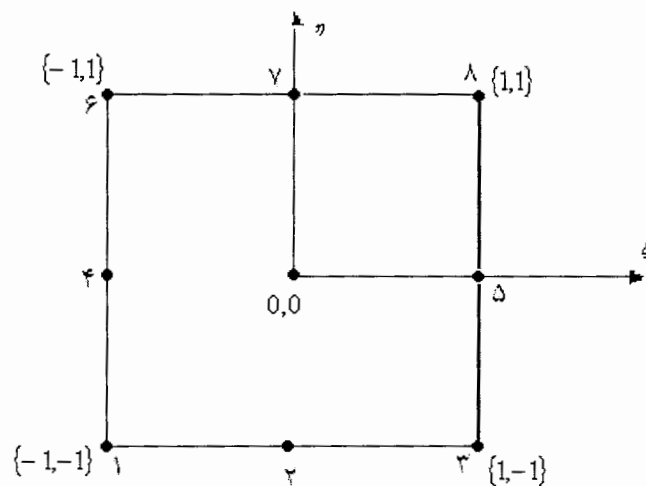
مقادیر ξ, η برای هر نقطه در مختصات جدید نیز براساس مختصات آن نقطه در فضای واقعی به صورت زیر بدست می آید [۱۸]:

$$\xi = x - x_c / a \quad \text{و} \quad \eta = y - y_c / b$$

که در آن x, y مختصات فضای واقعی ξ, η مختصات مربوط به فضای ایده آل می باشد. a, b برابر نصف مقادیر طول و عرض المان انتخابی در فضای واقعی می باشد.



شکل ۲-۲-المان هشت گرهی در فضای واقعی [۱۸]



شکل ۲-۳-المان هشت گرهی در فضای ایده آل [۱۸]

۲-۱۶-محاسبه تابع شکل

توابع شکل در گره های ۱ تا ۸ براساس شکل (۲-۳) به صورت زیر محاسبه

می گردند.

چون المان انتخابی از نوع هشت گرهی می باشد لذا معادله حاکم بر آن از نوع درجه دو بوده و

صفحه ای که بر آن عبور می کند از فرمول زیر تبعیت می نماید [۱۸]:

$$g = c_1 + c_2 x_i + c_3 x_i^2 + c_4 y_i + c_5 x_i y_i + c_6 y_i^2 + c_7 x_i^2 y_i + c_8 x_i y_i^2$$

که در فضای ایده آل برابر است با:

$$g = c_1 + c_2 \xi_i + c_3 \xi_i^2 + c_4 \eta_i + c_5 \xi_i \eta_i + c_6 \eta_i^2 + c_7 \xi_i^2 \eta_i + c_8 \xi_i \eta_i^2 \quad (۱۱-۲)$$

$$g_1 = c_1 + c_2 \xi_1 + c_3 \xi_1^2 + c_4 \eta_1 + c_5 \xi_1 \eta_1 + c_6 \eta_1^2 + c_7 \xi_1^2 \eta_1 + c_8 \xi_1 \eta_1^2$$

$$g_2 = c_1 + c_2 \xi_2 + c_3 \xi_2^2 + c_4 \eta_2 + c_5 \xi_2 \eta_2 + c_6 \eta_2^2 + c_7 \xi_2^2 \eta_2 + c_8 \xi_2 \eta_2^2$$

$$g_3 = c_1 + c_2 \xi_3 + c_3 \xi_3^2 + c_4 \eta_3 + c_5 \xi_3 \eta_3 + c_6 \eta_3^2 + c_7 \xi_3^2 \eta_3 + c_8 \xi_3 \eta_3^2$$

$$g_4 = c_1 + c_2 \xi_4 + c_3 \xi_4^2 + c_4 \eta_4 + c_5 \xi_4 \eta_4 + c_6 \eta_4^2 + c_7 \xi_4^2 \eta_4 + c_8 \xi_4 \eta_4^2$$

$$g_5 = c_1 + c_2 \xi_5 + c_3 \xi_5^2 + c_4 \eta_5 + c_5 \xi_5 \eta_5 + c_6 \eta_5^2 + c_7 \xi_5^2 \eta_5 + c_8 \xi_5 \eta_5^2$$

$$g_6 = c_1 + c_2 \xi_6 + c_3 \xi_6^2 + c_4 \eta_6 + c_5 \xi_6 \eta_6 + c_6 \eta_6^2 + c_7 \xi_6^2 \eta_6 + c_8 \xi_6 \eta_6^2$$

$$g_7 = c_1 + c_2 \xi_7 + c_3 \xi_7^2 + c_4 \eta_7 + c_5 \xi_7 \eta_7 + c_6 \eta_7^2 + c_7 \xi_7^2 \eta_7 + c_8 \xi_7 \eta_7^2$$

$$g_8 = c_1 + c_2 \xi_8 + c_3 \xi_8^2 + c_4 \eta_8 + c_5 \xi_8 \eta_8 + c_6 \eta_8^2 + c_7 \xi_8^2 \eta_8 + c_8 \xi_8 \eta_8^2$$

که در آنها مقادیر g_i برابرگرانی در هر گره، c_i ها ثابت می باشند و ξ_i, η_i موقعیت

گره ها می باشد. معادلات مذکور را می توان به صورت یک ماتریس نوشت:

$$\begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \\ g_5 \\ g_6 \\ g_7 \\ g_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \xi_1 & \xi_1^2 & \eta_1 & \xi_1 \eta_1 & \eta_1^2 & \varepsilon_1^2 \eta_1 & \varepsilon_1 \eta_1^2 \\ 1 & \xi_2 & \xi_2^2 & \eta_2 & \xi_2 \eta_2 & \eta_2^2 & \varepsilon_2^2 \eta_2 & \varepsilon_2 \eta_2^2 \\ 1 & \xi_3 & \xi_3^2 & \eta_3 & \xi_3 \eta_3 & \eta_3^2 & \varepsilon_3^2 \eta_3 & \varepsilon_3 \eta_3^2 \\ 1 & \xi_4 & \xi_4^2 & \eta_4 & \xi_4 \eta_4 & \eta_4^2 & \varepsilon_4^2 \eta_4 & \varepsilon_4 \eta_4^2 \\ 1 & \xi_5 & \xi_5^2 & \eta_5 & \xi_5 \eta_5 & \eta_5^2 & \varepsilon_5^2 \eta_5 & \varepsilon_5 \eta_5^2 \\ 1 & \xi_6 & \xi_6^2 & \eta_6 & \xi_6 \eta_6 & \eta_6^2 & \varepsilon_6^2 \eta_6 & \varepsilon_6 \eta_6^2 \\ 1 & \xi_7 & \xi_7^2 & \eta_7 & \xi_7 \eta_7 & \eta_7^2 & \varepsilon_7^2 \eta_7 & \varepsilon_7 \eta_7^2 \\ 1 & \xi_8 & \xi_8^2 & \eta_8 & \xi_8 \eta_8 & \eta_8^2 & \varepsilon_8^2 \eta_8 & \varepsilon_8 \eta_8^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_8 \end{bmatrix}$$

یعنی:

$$\{g\} = [A]\{c\} \quad (12-2)$$

در اینجا هشت معادله و هشت مجهول داریم (C ها ضرائب مجهول صفحه می باشند).

$$\{c\} = [A]^{-1}\{g\} \quad (13-2)$$

با بدست آوردن این مجهولات و جایگذاری آنها در معادله (11-2) فوق الذکر نتیجه نهایی به صورت به دست خواهد آمد [18]:

$$\begin{aligned} g(\xi, \eta) = & [(1-\xi)(1-\eta)(-1-\xi-\eta)/4]g_1 + [(1-\xi)(1-\eta)/2]g_2 + \\ & [(1+\xi)(1-\eta)(-1+\xi-\eta)/4]g_3 + [(1-\xi)(1-\eta^2)/2]g_4 + \\ & [(1+\xi)(1-\eta)/2]g_5 + [(1-\xi)(1+\eta)(-1-\xi+\eta)/4]g_6 + \\ & [(1-\xi^2)(1+\eta)/2]g_7 + [(1+\xi)(1+\eta)(-1+\xi+\eta)/4]g_8 \end{aligned}$$

$$g(\xi, \eta) = \sum_{i=1}^8 N_i(\xi, \eta)g_i \quad (14-2)$$

که در آن $N_1, N_2, N_3, \dots, N_8$ توابع شکل بوده و به صورت زیر تعریف می گردند:

$$N_1 = (1-\xi)(1-\eta)(-1-\xi-\eta)/4$$

$$N_2 = (1-\xi)(1-\eta)/2$$

$$N_3 = (1+\xi)(1-\eta)(-1+\xi-\eta)/4$$

$$N_4 = (1-\xi)(1-\eta^2)/2$$

$$N_5 = (1+\xi)(1-\eta^2)/2$$

$$N_6 = (1-\xi)(1+\eta)(-1-\xi+\eta)/4$$

$$N_7 = (1-\xi^2)(1+\eta)/2$$

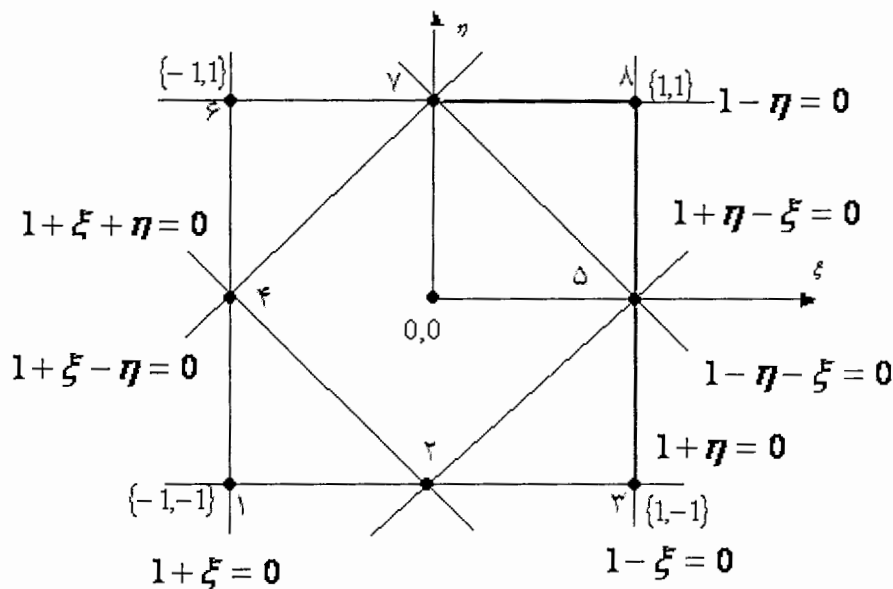
$$N_8 = (1+\xi)(1+\eta)(-1+\xi+\eta)/4$$

مقادیر تابع شکل رانیزمی توان به این صورت محاسبه نمود:

تابع درون یاب برای مثلاً گره شماره یک در شکل (۲-۴) برابر یک و دربقیه گره ها برابر صفر می باشد. مقدار N_1 را می توان بوسیله معادلات $1-\varepsilon=0$ و $1-\eta=0$ و $1+\xi+\eta=0$ محاسبه نمود. یعنی به این صورت نوشته می شود [۱۹]:

$$N_1(\xi, \eta) = c(1-\xi)(1-\eta)(1+\xi+\eta)$$

که در آن مقدار c با توجه به اینکه $N_1(-1,-1)=1$ می باشد برابر $1/4$ خواهد بود.



شکل ۲-۴-گره ها و توابع درون یاب درالمان

مقادیر N_i ها از دو شرط تبعیت می کند اول این که درمحل گره ها مقدار آنها برابر یک می باشد یعنی $N_i(\xi, \eta) = 1$ و دیگر اینکه در هر نقطه ای جمع کل ضرایب وزنی برابر با یک است. $\sum N_i(\xi, \eta) = 1$

۲-۱۷- تصحیح انتقال

هرنقطه ای در داخل المان که مقدار گرانی آن حاصل می شود دارای موقعیتی ایده آل در فضای انتقالی می باشد که پس از حاصل شدن برای استفاده در مراحل بعدی باید به فضای واقعی برگردانده شود یعنی انتقال از فضای $\xi - \eta$ به فضای $x - y$. این عمل به این صورت انجام می شود:

$$x(\xi, \eta) = \sum M_i(\xi, \eta) x_i \quad (2-15)$$

$$y(\xi, \eta) = \sum M_i(\xi, \eta) y_i \quad i = 1, 2, \dots, 8$$

مقدار M_i همان مقدار N_i را دارا می باشد و مقادیر x_i و y_i نیز بیان کننده موقعیت گرهها می باشد.

ضرایب حاصله برای المانی با هشت گره در نظر گرفته شده است که به دست آوردن آنها به وسیله یک معادله درجه دو انجام گرفته است در صورتی که از المان بیست گرهی استفاده شود در آن صورت از معادله درجه سه برای درونیابی داخل المان استفاده می شود [۱۸].

دقت در این تکنیک بستگی به دو فاکتور مهم بستگی دارد که عبارتند از انتخاب نوع المان (چهار گرهی، هشت گرهی، ...) و محل المان در فضای مورد تحقیق. مقدارگرانی در گره ها برای تقریب اثر منطقه ای خیلی مهم می باشند.

۲-۱۸- نحوه استفاده از روش اجزاء محدود

۱-ابتداء منطقه را المان بندی می نماییم.

۲-یک المان را انتخاب می کنیم.

۳-موقعیت و مقادیرگره های المان انتخابی را مشخص می کنیم. در اینجا فرض براین است که نقاط انتخابی که المان از آنها می گذرد به عنوان نقاط ایده آل فرض شده اند یعنی اینکه مقداراثر منطقه ای در آن نقاط با مقدار اثر میدان پتانسیل برداشت شده در همان نقاط برابر می باشد.

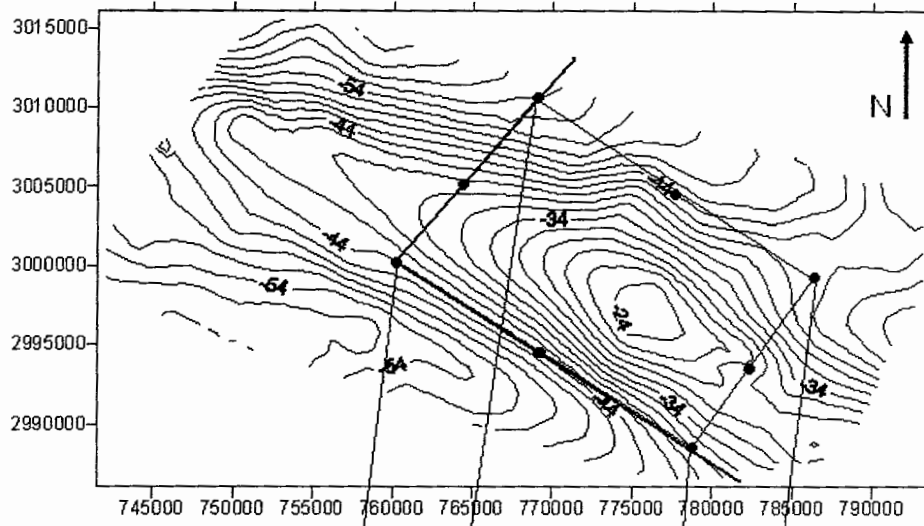
۴-با استفاده از برنامه تهیه شده داده های برداشت شده ای که در داخل این المان واقع اند را بدست می آوریم.

۵- با فرمولهای بدست آمده از قسمت قبل و همچنین داده های گره های المان انتخابی با استفاده از برنامه نویسی مقدار اثر منطقه ای را در همان نقاط محاسبه می کنیم.

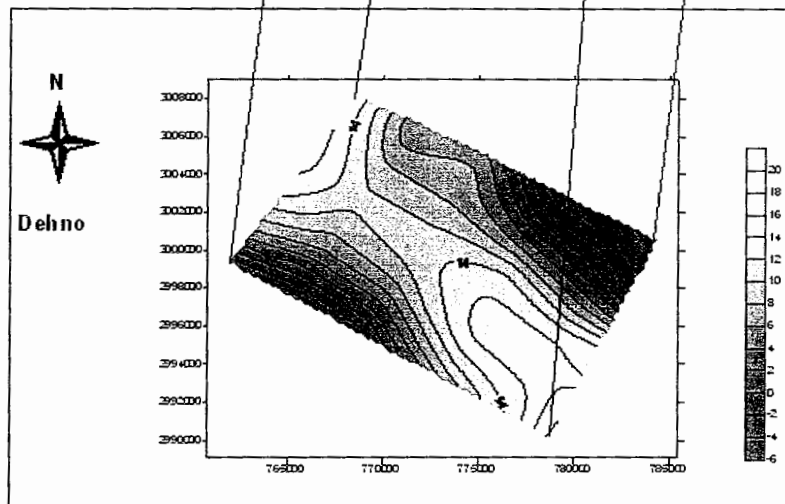
۶-مراحل ۱ تا ۵ را بر روی دیگر المان ها نیز انجام می دهیم. تا اثر منطقه ای کل حاصل گردد.
 ۷-داده های بدست آمده اثرات منطقه ای حاصل شده با استفاده از روش اجزاءمحدود می باشد.
 تفاضل آن از مقدار میدان پتانسیل برابر با مقدار باقی مانده است.

۲-۱۹- نحوه اعمال روش اجزاء محدود در قسمتی از نقشه آنومالی بوگه منطقه دهنو

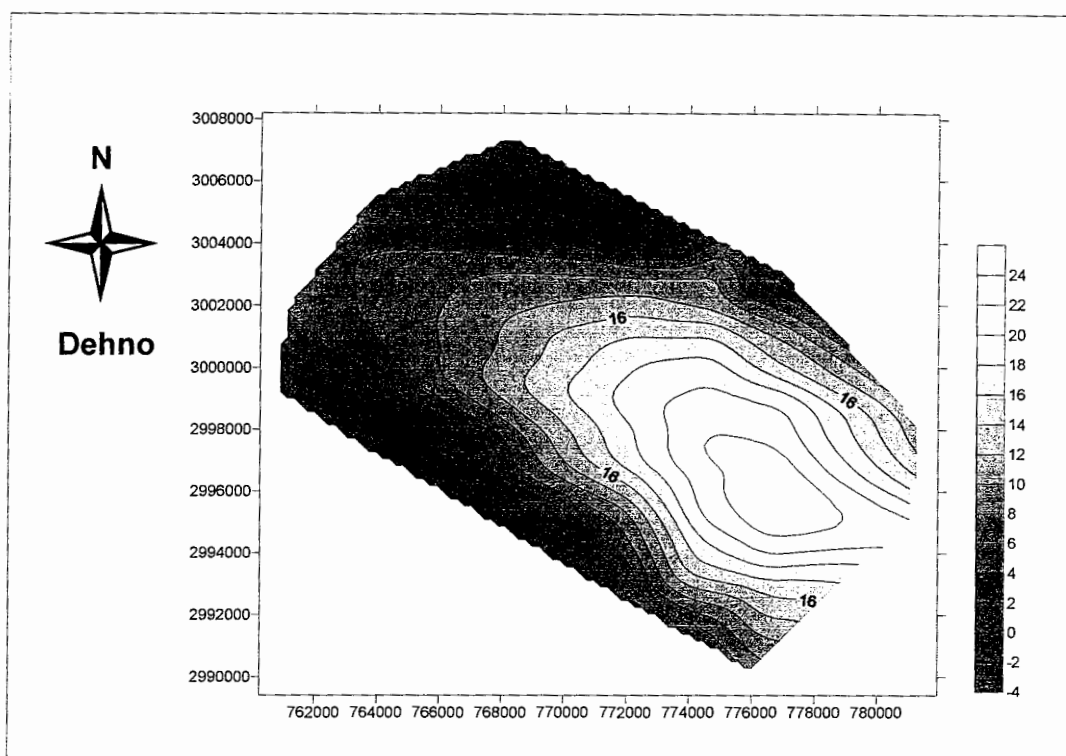
یک المان بر روی منطقه پیاده می کنیم (شکل ۲-۵). درون یابی بر روی المان مذکور را با تعداد گره های مختلف امتحان می کنیم (اشکال ۲-۶ و ۲-۷ و ۲-۸). انتخاب المان مذکور به گونه ایی است که تغییرات گرانی در گره ها آرام باشد. همانطور که مشاهده می کنید هرچه تعداد گره ها برای یک المان بیشتر باشد با توجه به اینکه از تعداد گره های بیشتری برای درون یابی استفاده می شود بنابراین داده های حاصل شده از همگنی بیشتری برخوردار خواهد بود (اشکال ۲-۶ تا ۲-۸ و الف-۱۸ تا الف-۲۰). به منظور نتیجه گیری بهتر در این زمینه از دیگر روشهای تفکیک آنومالی از جمله روند سطحی، مشتق قائم و روش گریفین نیز در محدوده همین المان استفاده می کنیم. نقشه های باقی مانده بدست آمده در اشکال (۲-۹ تا ۲-۱۲) نشان داده می شوند. نقشه باقی مانده حاصله با استفاده از روش هشت گرهی اجزاء محدود بخشی از یک تاقدیس با روند شمال غربی- جنوب شرقی را نشان می دهد که وضوح آن آنومالی نسبت به دیگر روش ها بیشتر است.



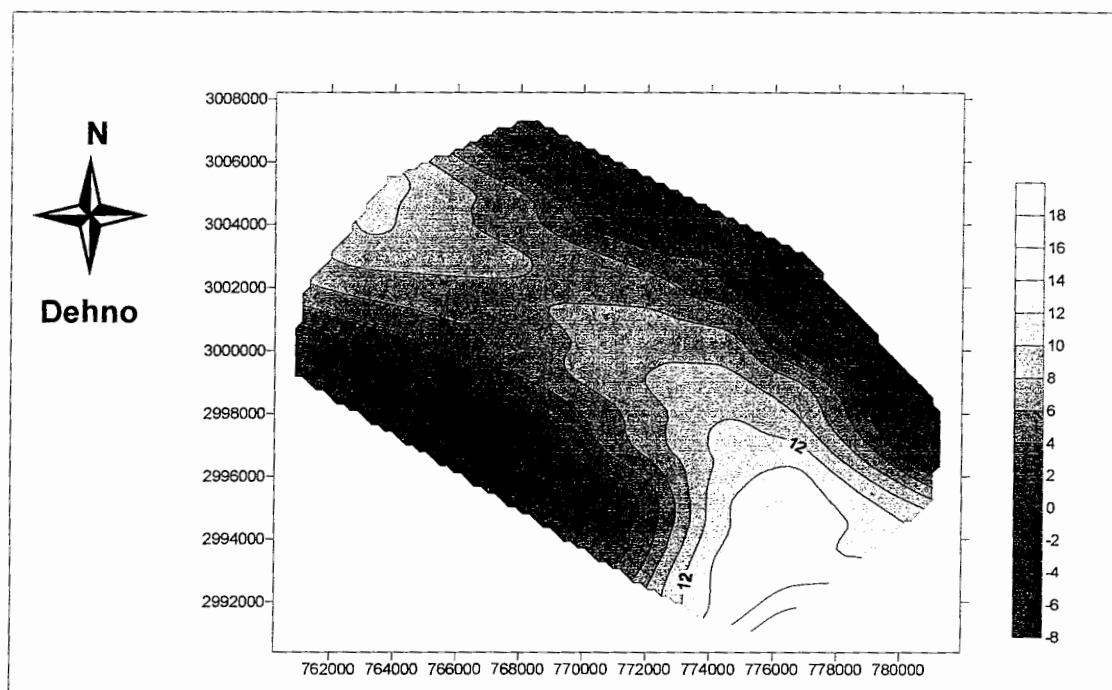
شکل ۲-۵- نقشه آنومالی بوگه ناحیه دهنو



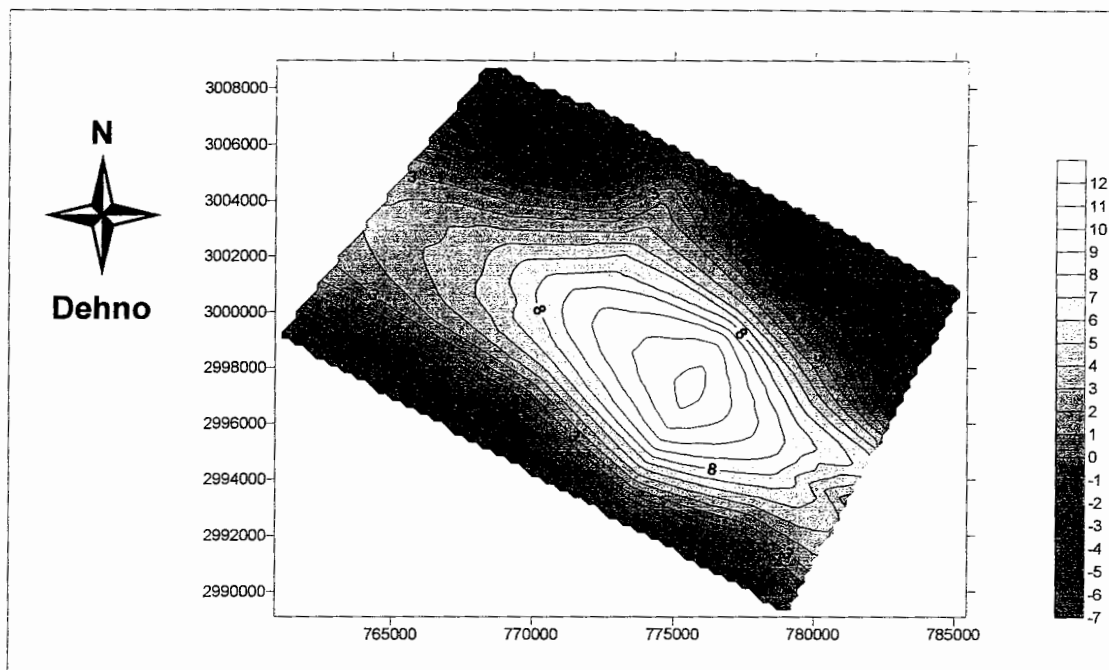
شکل ۲-۶- نقشه گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از روش هشت گرهی اجزاء محدود



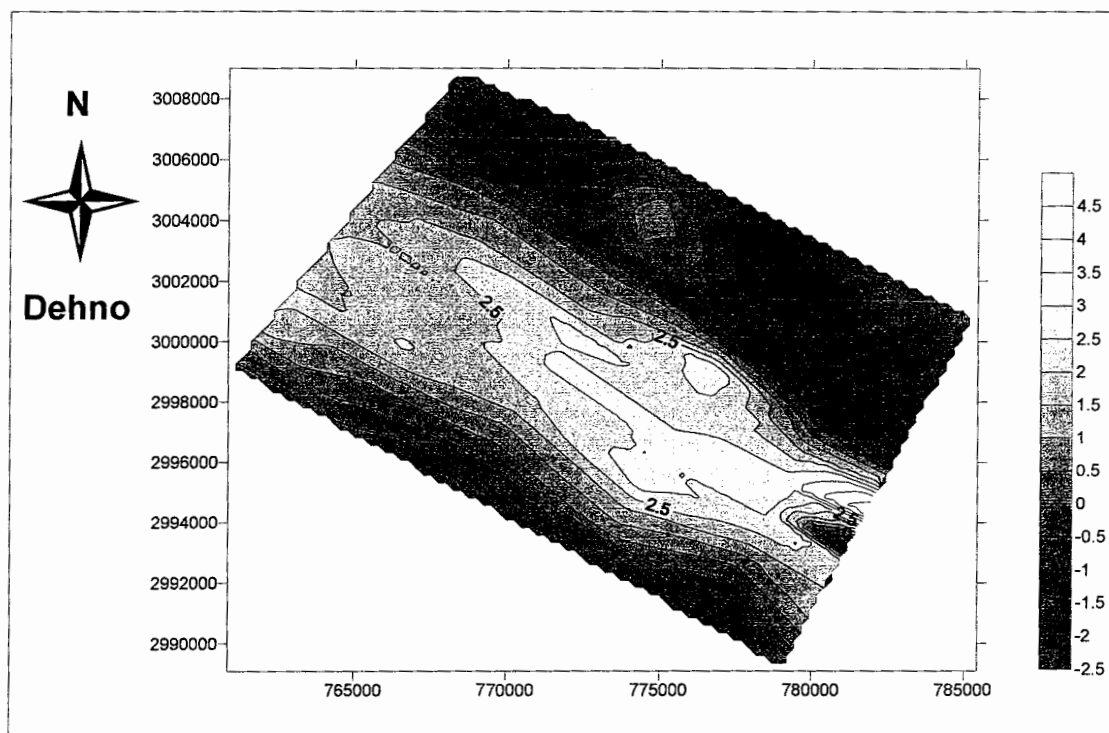
شکل ۲-۷- مقدار گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از روش چهار گرهی اجزاء محدود.



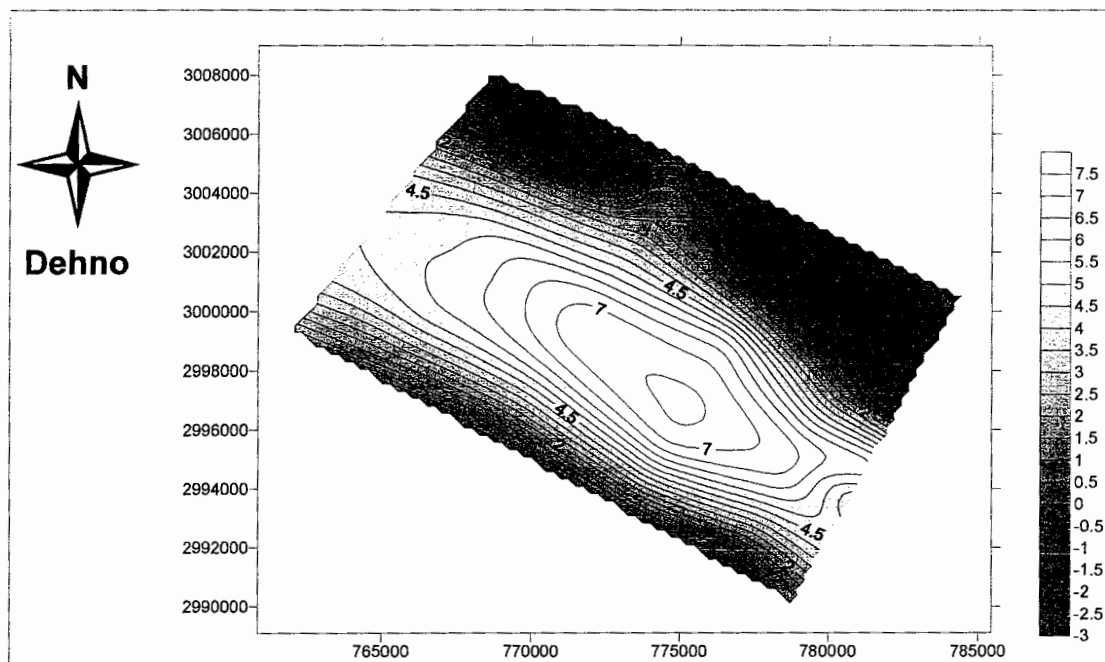
شکل ۲-۸- مقدار گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از روش اجزاء محدود روش دوازده گرهی.



شکل ۲-۹- مقدار گرانی باقی مانده بدست آمده با استفاده از روش روند سطحی درجه سه



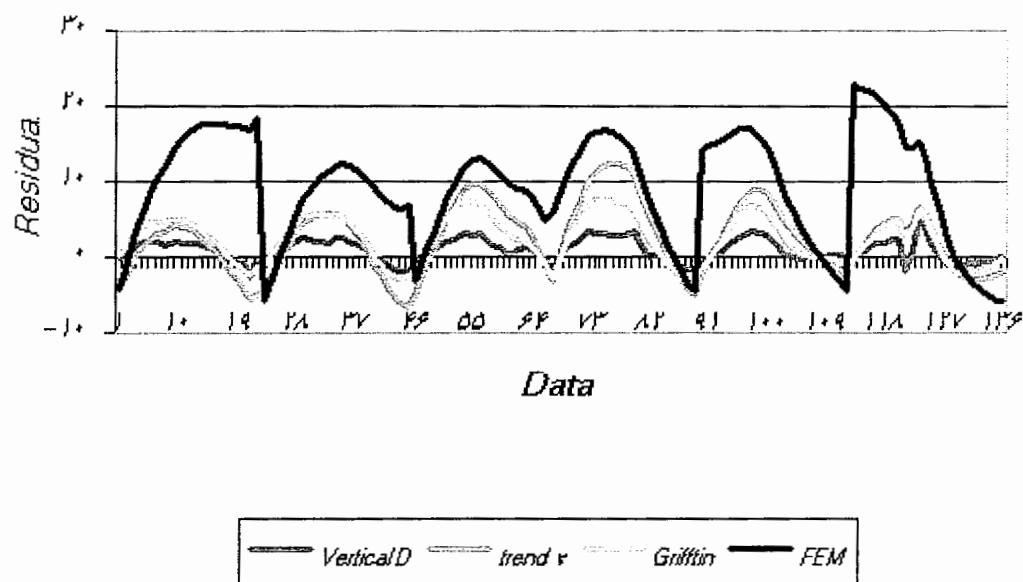
شکل ۲-۱۰- مقدار گرانی باقی مانده با استفاده از روش مشتق اول قائم



شکل ۲-۱۱- مقدار گرانی باقی مانده با استفاده از روش گریفین

با محاسبه مقادیر گرانی ناحیه ای ۱۳۵ نقطه برداشتی داخل المان انتخابی و کسر آنها از مقادیر آنومالی بوگه مقادیر باقی مانده مربوط به هر یک از روش های مذکور محاسبه و تایج برای آنها بصورت نموداری در شکل (۲-۱۲).

همانطور که در شکل (۲-۱۲) ملاحظه می شود گرانی باقی مانده حاصل از روش اجزاء محدود در رنج بالاتری نسبت به گرانی حاصل از سایر روشها قرار دارند و این موضوع می تواند نشان دهنده این حقیقت باشد که این روش در آشکار سازی عوارض نزدیک به سطح زمین (آنومالی های سطحی) بهتر عمل کند.



شکل ۲-۱۲- مقایسه اثرات باقی مانده حاصله از روشهای مختلف

البته در این مثال تنها یک المان مورد بررسی قرار گرفته است. برای تهیه یک نقشه باقیمانده از کل منطقه لازم است تا المان های دیگری نیز انتخاب گردند تا وضعیت ساختاری منطقه به درستی نمایان شود. به همین منظور منطقه را المان بندی می کنیم. که در فصل بعد در مورد چگونگی محاسبه و ترسیم آن توضیح داده شده است.

فصل سوم

تفسیر و مدل سازی آنومالی های حاصل از روش
اجزاء محدود

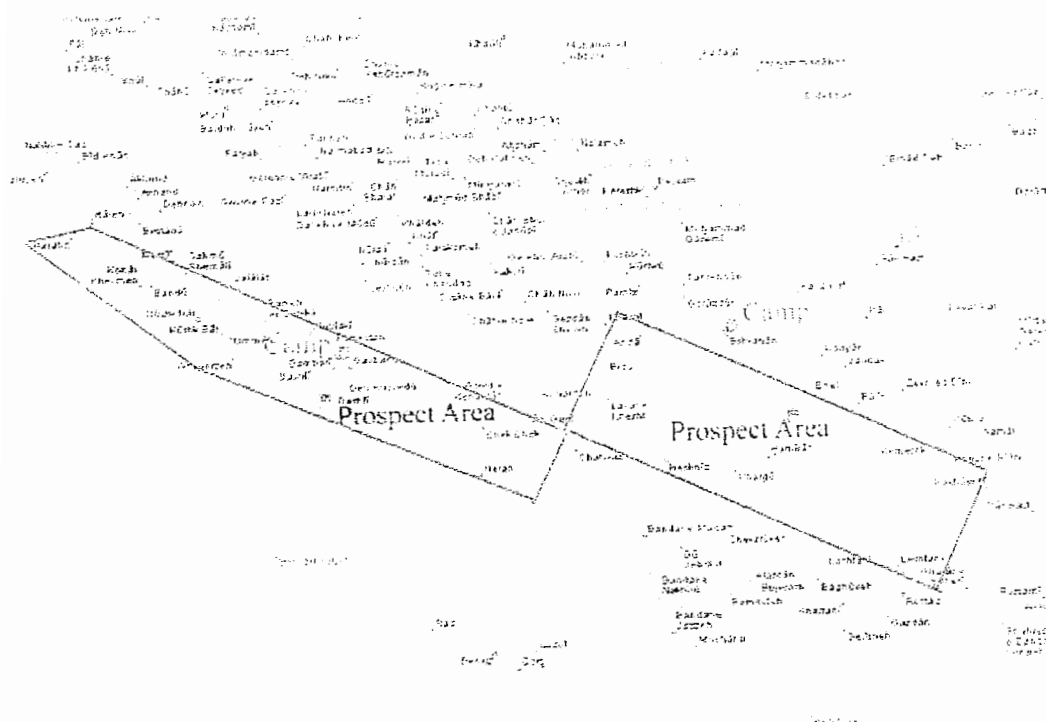
۳-۱- مقدمه

به منظور بررسی و مقایسه نتایج حاصل از روش اجزاء محدود و روش های دیگر به اعمال آن بر روی منطقه دهنو واقع در استان فارس می پردازیم. پروژه گرانی و مغناطیس سنجی دهنو در دو فاز که جمعاً شامل ۹۹۰ ایستگاه بود طراحی گردید. البته پس از اتمام برداشت فاز اول پروژه که ۵۷۹ ایستگاه را شامل می شد، فاز دوم عملیات بنابه پیشنهاد گروه غیر لرزه ای مدیریت اکتشاف حذف گردید. پیاده نمودن خطوط گرانی، مغناطیسی و برداشت اطلاعات به طور همزمان توسط گروه های نقشه برداری، گرانی و مغناطیس سنجی از تاریخ ۸۲/۵/۸ آغاز و در تاریخ ۸۲/۸/۲۲ به اتمام رسید. عملیات گرانی سنجی بوسیله دو دستگاه G#440 و CG-3M بدون در نظر گرفتن محدودیت زمانی با اعمال اثرات جزر و مد انجام پذیرفت. عملیات مغناطیس سنجی نیز توسط شش دستگاه مگنتومتر پروتون MP2، MP3 و بالاخره عملیات نقشه برداری بوسیله ۴ دستگاه جدید تعیین موقعیت ماهواره ای (GPS)، جهت تعیین مختصات نقاط برداشت و ارتفاع آنها انجام پذیرفت. البته تعدادی از ایستگاه ها به دلیل صعب العبور بودن منطقه و غیر قابل دسترس بودن حذف گردید.

۳-۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه

منطقه دهنو که از نظر زمین شناسی جزو حوزه رسوبی فارس می باشد در استان فارس واقع شده طوری که از شمال به شهر اشکنان و اهل و از جنوب به بوجیر، حمیران و هشتیز و از غرب به ساختمان گازی تابناک محدود می شود. راههای دسترسی به منطقه از طریق بندر عباس و بندر

لنگه به اشکنان و هم از طریق بندر عسلویه و گاو بندی به اشکنان امکان پذیر است. منطقه از توپوگرافی شدیدی برخوردار است. قدیمی ترین سازند موجود در منطقه سازند خامی و گروه بنگستان بوده به طوری که سازند های جوانتری همچون آغاچاری، مختاری، میشان، گچساران و آسماری نیز مشاهده می شوند. روند ساختمانی عمومی منطقه شمال غرب-جنوب شرق است. شکل (۱-۳)، (۲-۳) و (۳-۳) به ترتیب نقشه های موقعیت جغرافیایی، عکس هوایی و زمین شناسی منطقه دهنو را نشان می دهد. شکل (۴-۳) نیز نقشه موقعیت ایستگاه های گرانی و مغناطیسی را نشان می دهد [۴].



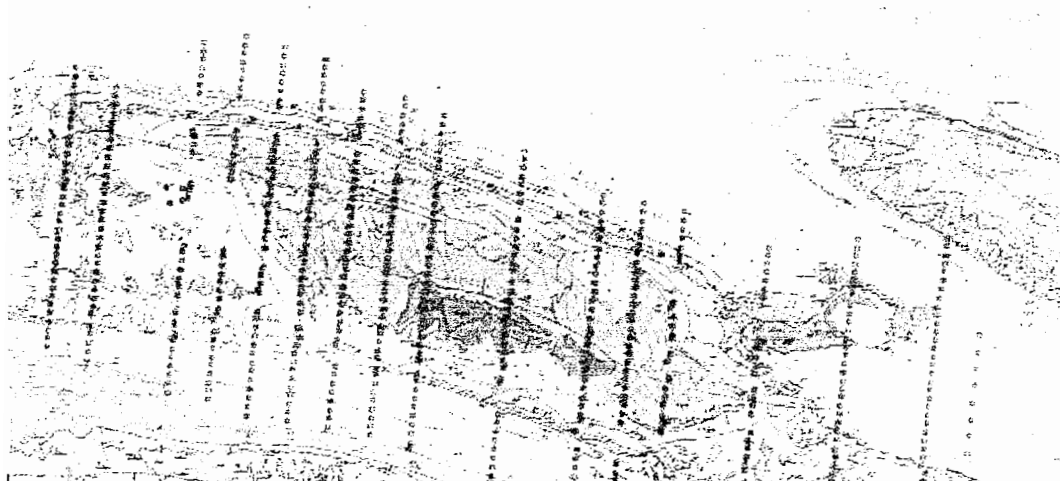
شکل ۳-۱- نقشه موقعیت منطقه دهنو [۴]



شکل ۳-۲- عکس ماهواره ای منطقه [۴]



شکل ۳-۳- وضعیت زمین شناسی منطقه [۴].



شکل ۳-۴- نقشه موقعیت ایستگاه های گرانی و مغناطیسی

۳-۳- آماده سازی داده های گرانی و مغناطیسی

داده های دریافت شده از شرکت نفت شامل مختصات ایستگاه های برداشتی در منطقه ، مقادیر آنومالی بوگه و شدت کل مغناطیسی برای هر ایستگاه می باشد. داده ها ابتدا مورد بررسی اولیه قرار گرفته و مقادیری که احتمال خطا و نادرست بودن در آنها زیاد بود حذف گردیدند. سپس جهت انجام عملیات تفکیک با استفاده از روش اجزاء محدود به برنامه نویسی در محیط نرم افزار **Matlab** پرداختیم (پیوست ب). در استفاده از برنامه نویسی داده ها بصورت ۳ ستون X, Y, U و به عنوان ورودی تعریف می گردند. برای هر المان کد نویسی شده نتیجه نهایی بعد از اجرای برنامه نویسی نیز به صورت ۴ ستون X, Y, U_{reg}, U_{re} می باشد. همچنین به مقایسه عملکرد این روش با روش های دیگر پرداخته ایم. جهت انجام روش های دیگر تفکیک آنومالی ها از نرم افزار **Model vision Pro** استفاده گردید. جهت استفاده از این نرم افزار ابتدا لازم است تا داده ها به صورت یک فرمت ورودی خاص تعریف شده در نرم افزار مرتب شوند تا قابل خواندن توسط نرم افزار گردند. جهت توضیح بیشتر در این مورد به منابع [۲۰] و [۶] رجوع گردد.

۳-۴- تفسیر اطلاعات گرانی و مغناطیسی منطقه دهنو

به منظور تعبیر و تفسیر داده های گرانی و مغناطیسی منطقه دهنو، نقشه های آنومالی بوگه (شکل ۳-۵ و ۳-۶) و شدت کل مغناطیسی (شکل ۳-۲۱ و ۳-۲۲) توسط نرم افزار Model vision تهیه و مورد بررسی کمی و کیفی قرار می گیرند. مرحله تفسیر کمی شامل تفکیک آنومالی ها و انجام مدل سازی بر روی بی هنجاری های امید بخش به منظور تعیین پارامتر های هندسی آنها می باشد. در مرحله تفسیر کیفی هدف این است که با استفاده از نتایج جداسازی آنومالی ها و مدل سازی، اصول زمین شناسی و دانش حاکم بر خصوصیات و ویژگی های فیزیکی لیتولوژی های مختلف و مهمتر از همه اطلاعات زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، نهایتاً مدل های فیزیکی به منابع زمین شناسی مولد آنها تفسیر گردند.

۳-۵- تفسیر کمی

۳-۵-۱- تفکیک آنومالی ها

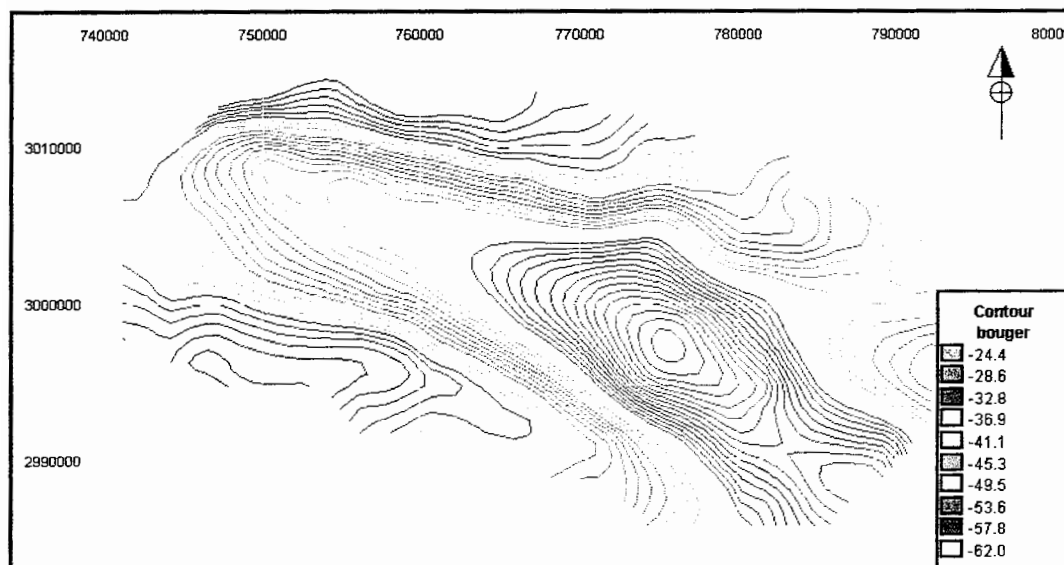
هدف اصلی در این مرحله حذف اثرات و آنومالی های ناحیه ای از مقادیر گرانی و مغناطیسی و رسیدن به آنومالی های باقی مانده می باشد. روش های تفکیک آنومالی ها در هر دو روش گرانی و مغناطیسی مشابه هستند.

جهت تفکیک داده های گرانی و مغناطیسی منطقه دهنو علاوه بر روش اجزاء محدود از روش های روند سطحی ارتونرمال، گسترش آنومالی ها به سمت پایین، روش متوسط وزنی و روش مشتقات اول و دوم استفاده شد و بر اساس مقادیر باقی مانده به دست آمده، نقشه های تراز باقیمانده گرانی و مغناطیسی تهیه گردید.

۳-۶- تفسیر کیفی

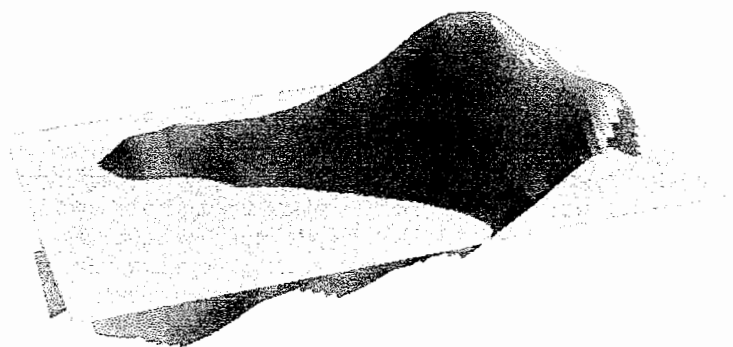
۳-۶-۱- نقشه آنومالی بوگه

نقشه آنومالی بوگه منطقه دهنو با فواصل خطوط تراز ۱ میلی گال تهیه شد. این نقشه وضعیت ساختمانی زیر سطحی منطقه را به صورت یک آنومالی مثبت^۱ در جنوب شرقی منطقه با روند شمال غربی - جنوب شرقی مشخص می نماید که اختلاف گرادیان این آنومالی مثبت حدود ۲۵+ میلی گال می باشد. شیب در دو دامنه ساختمان مورد بحث زیاد می باشد (شکل ۳-۵ و ۳-۶).



شکل ۳-۵- نقشه آنومالی بوگه منطقه دهنو

^۱. High



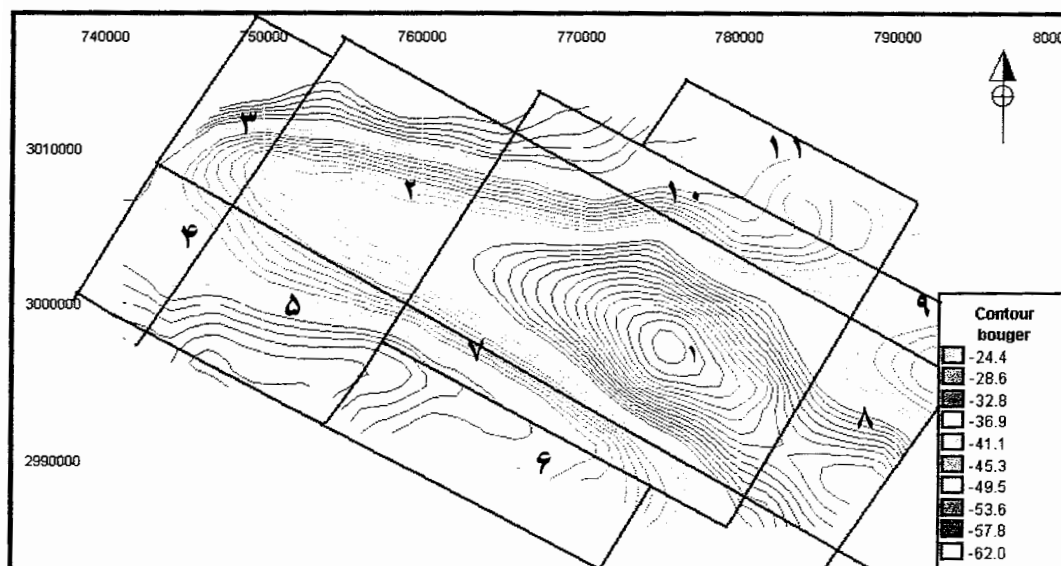
Azimuth:20 Inclination:30

شکل ۳-۶- نمایش سه بعدی از نقشه آنومالی بوگه دهنو

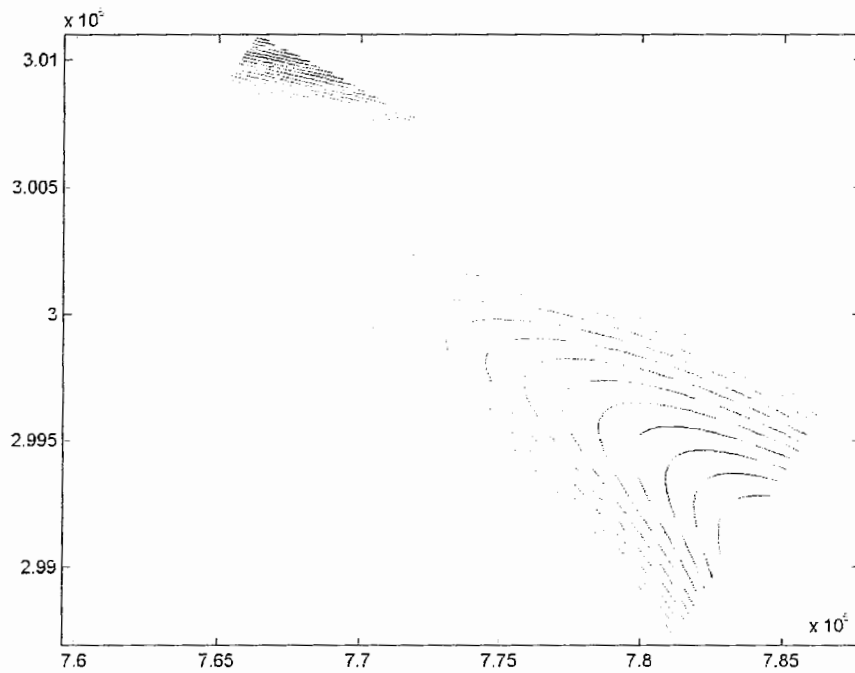
۳-۶-۲- نقشه های بدست آمده از روش اجزاء محدود:

از این روش بدین گونه استفاده می شود که ابتداء سطح منطقه را به المان هایی تقسیم بندی می کنیم در اینجا با توجه به ساختار زمین شناسی و داده های برداشت شده در منطقه محل مورد بررسی را به ۱۱ المان با ابعاد مختلف تقسیم بندی می نماییم (شکل ۳-۷). سپس با استفاده از خاصیت درون یابی در روش اجزاء محدود به بررسی اثرات ناحیه ایی در درون هر المان می پردازیم. شکل (۳-۸ و ۳-۹) نقشه های محاسبه شده آنومالی باقی مانده و ناحیه ای المان شماره یک را نشان می دهد. پس از محاسبه برای همه المانها و بدست آوردن اثرات منطقه ای کلیه ایستگاه ها نقشه آنومالی باقی مانده منطقه تهیه و در شکل (۳-۱۰) نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۳-۱۰) ملاحظه می شود اشکال بسته ای وجود دارد که می توان آنها را شماره گذاری نمود و تحت عناوین آنومالی های A, B, C, E, D, F به بررسی آنها پرداخت. آنومالی های A و B مثبت یعنی نمایانگر ساختمان های تاقدیسی در جهت شمال غربی- جنوب شرقی می باشند. داده های باقی مانده مربوط به آنومالی A (شکل ۳-۱۰ و ۳-۱۱) در رنجی بالایی قرار دارند و می توان اینگونه نتیجه

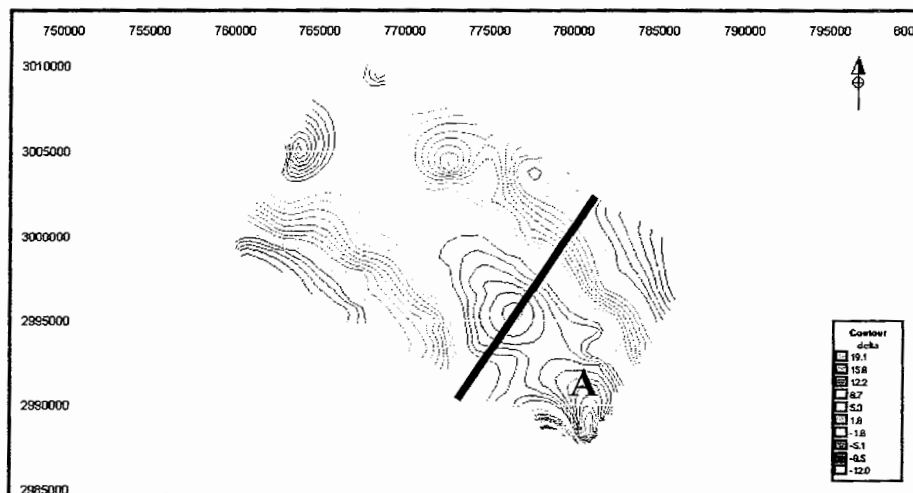
گرفت که این آنومالی نسبت به دیگر آنومالی های موجود در منطقه بسیار به سطح زمین نزدیک می باشد که مشخصات گزارش شده از وضعیت زمین شناسی تأییدی بر این مسأله می باشد. همچنین سطح وسیع تری نسبت به بقیه آنومالی ها دارد. می توان از آن چنین نتیجه گرفت این که آنومالی نشان دهنده یک تاقدیس بزرگ در منطقه می باشد. همچنین بقیه آنومالی ها (C,E,D,F) رو به طرف پایین (آنومالی منفی) یعنی نشان دهنده ساختمان های ناودیسی در اطراف آنومالی A و B می باشند (شکل ۳-۱۰ و ۱۱-۱). برای تفسیر بهتر و بررسی عملکرد روش اجزای محدود نتایج روش های دیگر تفکیک آنومالی را همراه با نتایج و روش اجزاء محدود با نقشه های مغناطیسی را بررسی می کنیم.



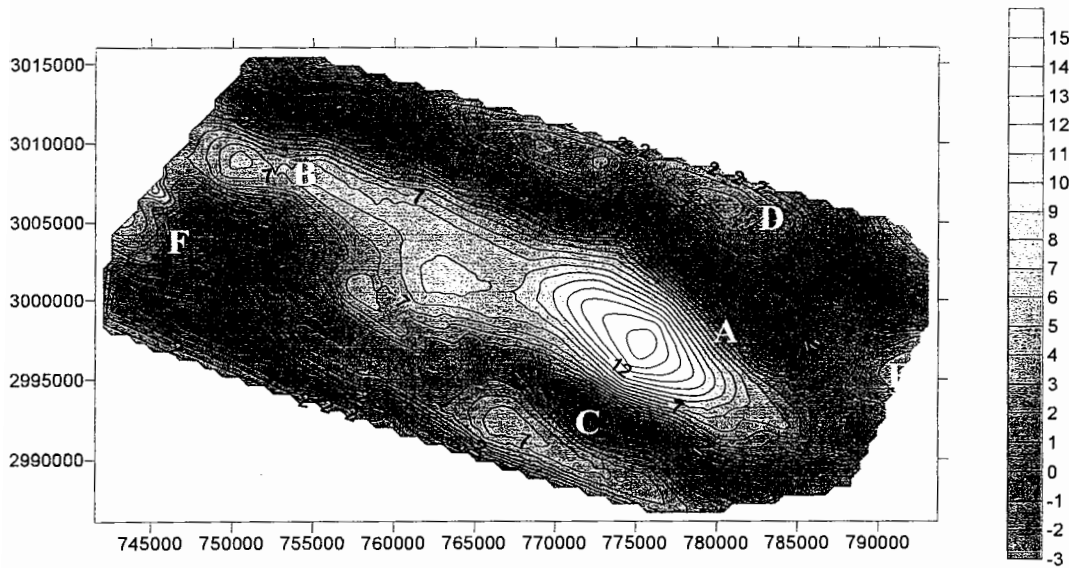
شکل ۳-۷- شبکه بندی منطقه به منظور محاسبه گرانی باقی مانده



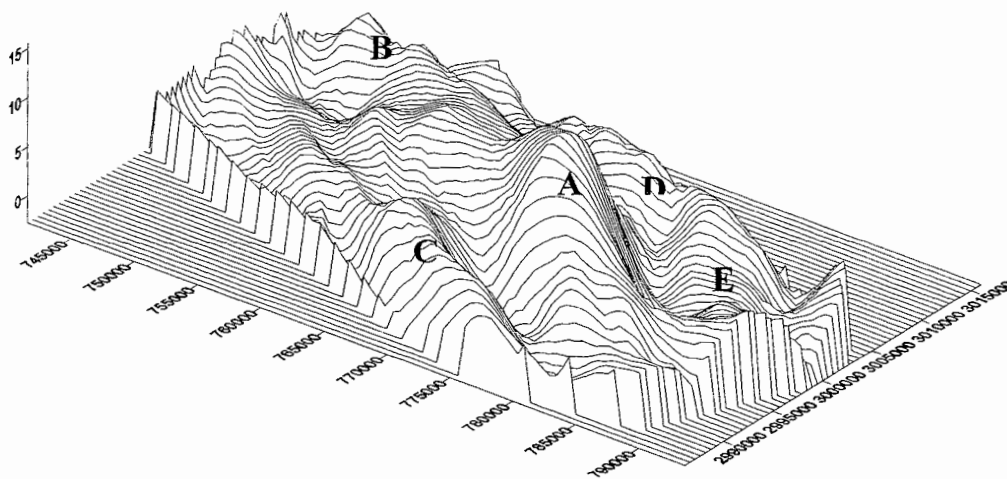
شکل ۳-۸- اثر منطقه ای المان شماره یک- منطقه دهنو



شکل ۳-۹- اثر باقی مانده المان شماره یک- منطقه دهنو



شکل ۳-۱۰- نقشه اثر باقی مانده گرانی محاسبه شده با استفاده از روش اجزاء محدود

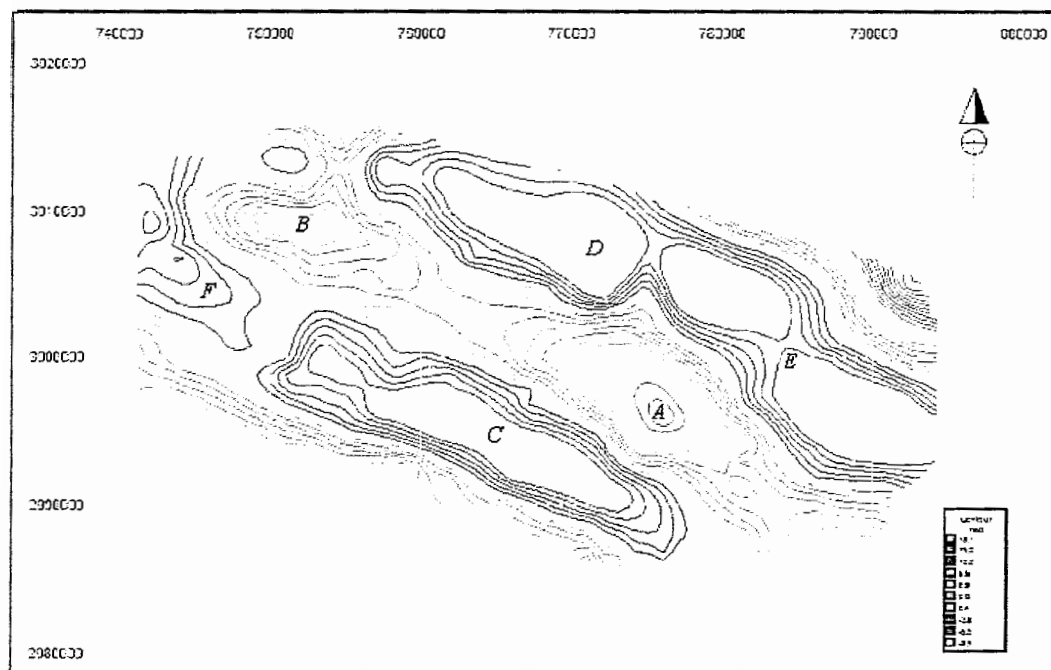


شکل ۳-۱۱- نقشه سه بعدی باقی مانده حاصل از روش اجزاء محدود

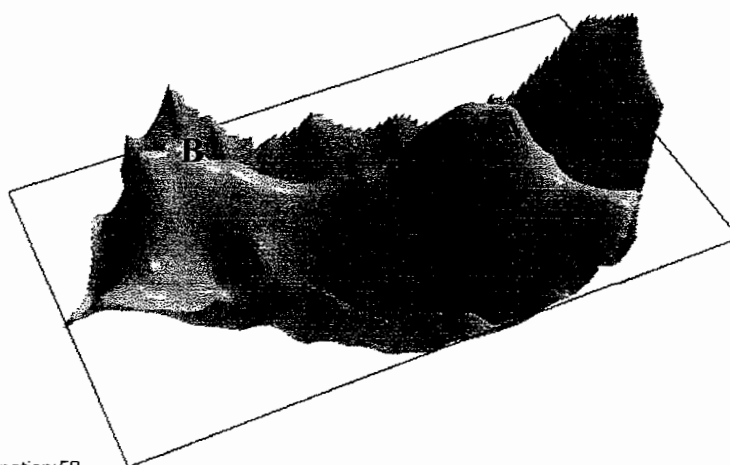
۳-۶-۳- روند سطحی

نقشه آنومالی بوگه منطقه دهنو با اعمال فیلتر روند سطحی و با استفاده از تکنیک ارتونرمال و متعامد سازی گرام - اشمیت [۲۳،۷] در چهار روند ۲، ۳، ۴ و ۵ مورد تفکیک قرار گرفت که تنها برای روند های ۲ و ۳ نقشه های باقی مانده و ناحیه ای تهیه گردید (الف-۱ و الف-۵).
به ازای هر سطح روند، نقشه های باقی مانده و ناحیه ای تهیه گردید که از بین آنها نقشه باقی مانده تهیه شده با روند ۳ از طریق مقایسه نقشه های تهیه شده توسط این روش به عنوان مناسب ترین نقشه انتخاب گردید.

نقشه آنومالی باقی مانده گرانی روند ۳ (شکل ۳-۱۲) وضعیت چین خوردگی زیر زمین را در منطقه دهنو نشان می دهد. به طوری که در روی این نقشه آنومالی های A و B مثبت یا ساختمان تاقدیسی بوده و آنومالی های C، D، E و یک آنومالی نیمه بسته F ساختمان های ناودیسی می باشند. در این نقشه نیز روند ساختمان ها مطابق نقشه زمین شناسی تائید می گردند. به نظر می رسد که آنومالی های نیمه بسته E در شرق منطقه و F در غرب منطقه در ادامه تشکیلات زمین شناسی باشند که در بخش های یاد شده دارای رخنمون هستند. در بین آنومالی ها، ساختمان های مثبت A و B مهم به نظر می رسد که در روش اجزاء محدود نیز واضح تر به چشم می خورد که این موضوع را بایستی در تفسیر نقشه های مغناطیسی مورد توجه قرارداد.

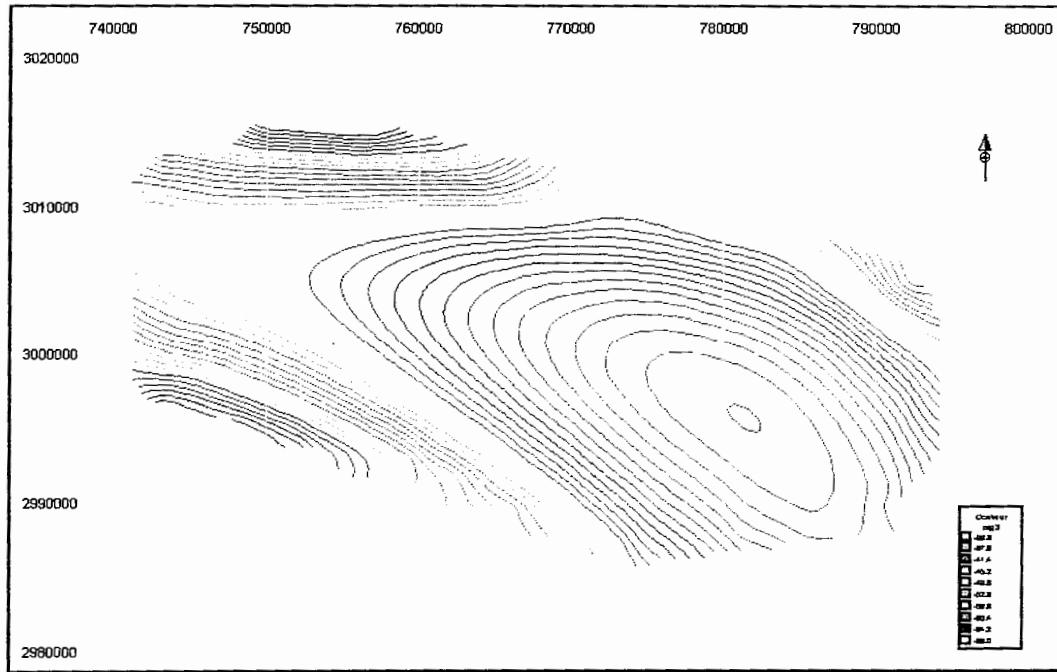


شکل ۳-۱۲- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش ارتونرمال (روند ۳) - منطقه دهنو



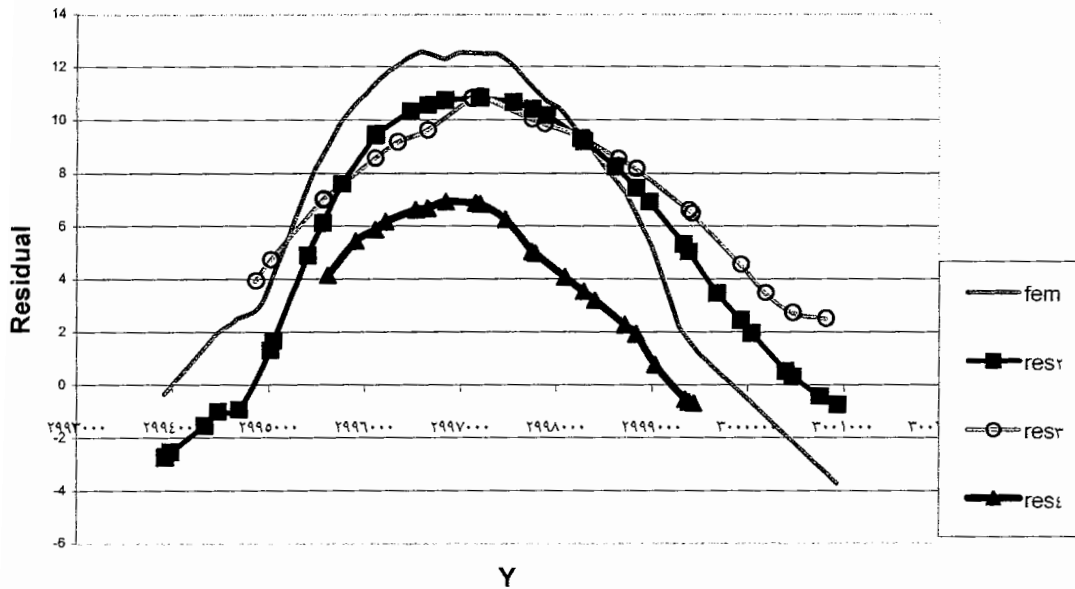
شکل ۳-۱۳- نمایش سه بعدی از نقشه آنومالی باقیمانده روند ۳

نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی روند ۳ (شکل ۳-۱۴) یک کاهش گرانی از جنوب شرق به سمت شمال غرب منطقه را نشان می دهد که این مطلب احتمالاً نشان دهنده افزایش عمق رسوبات به سمت شمال غرب می باشد.



شکل ۳-۱۴- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش ارتونرمال (روند ۳) - منطقه دهنو

در اینجا مقایسه ای بین داده های حاصل از روش اجزاء محدود و روند سطحی با درجه های مختلف به عمل آمده است به این شکل که یک مقطع بر روی نقشه حاصل از المان شماره یک (شکل ۳-۹) زده شده و بر روی آن مقطع داده های حاصله مورد مقایسه قرار گرفته است. همانطور که مشاهده می کنید داده های حاصل از اجزاء محدود در سطحی بالاتر از بقیه داده ها قرار دارند (شکل ۳-۱۵).



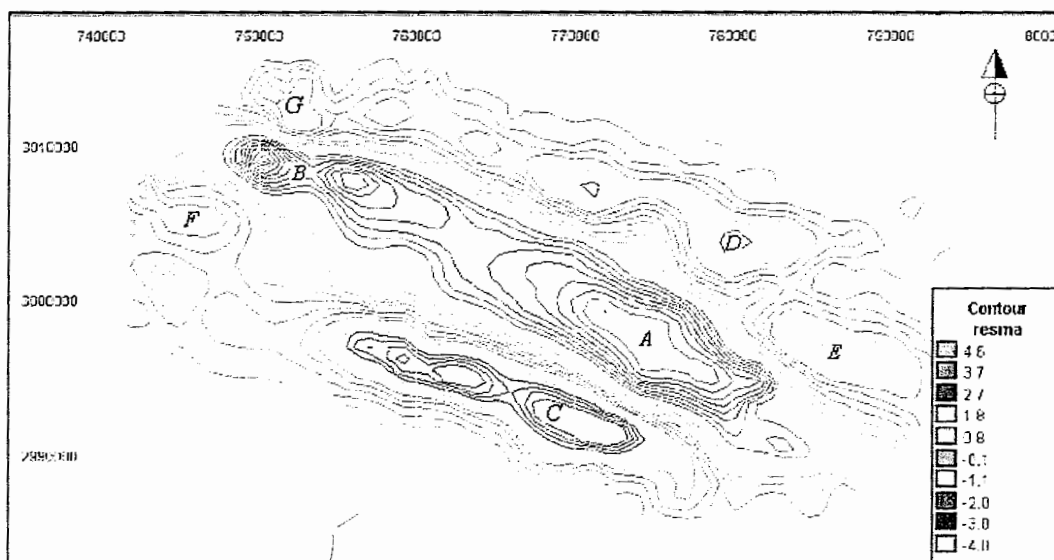
شکل ۳-۱۵- مقایسه نتایج روشهای روند سطحی بادرجات متفاوت واجزاء محدودبرای محاسبه آنومالی باقی مانده

۳-۶-۴- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش متوسط وزنی

این فیلتر با استفاده از نرم افزار Model vision Pro و روش متوسط گیری^۱ بر داده های گرانی منطقه دهنو اعمال و نقشه های باقی مانده و ناحیه ای (الف-۶) تهیه گردید.

شکل (۳-۱۶) نقشه آنومالی باقی مانده مربوط به این روش را نشان می دهد. این نقشه وضعیت ساختمانی زیر سطحی منطقه را در هفت آنومالی A, B, C, D, E, F و G نشان می دهد. آنومالی های A و B مثبت و یا ساختمان های تاقدیسی بوده و بقیه آنومالی ها ساختمان های ناودیسی هستند. این نقشه در تطابق نسبتاً خوبی با نقشه آنومالی باقی مانده روش ارتونرمال واجزاء محدود (شکل های ۳-۱۰ و ۳-۱۲) می باشد. به طوری که روند ساختمان ها و وسعت تقریبی آنومالی ها در اینجا نیز تائید می گردند.

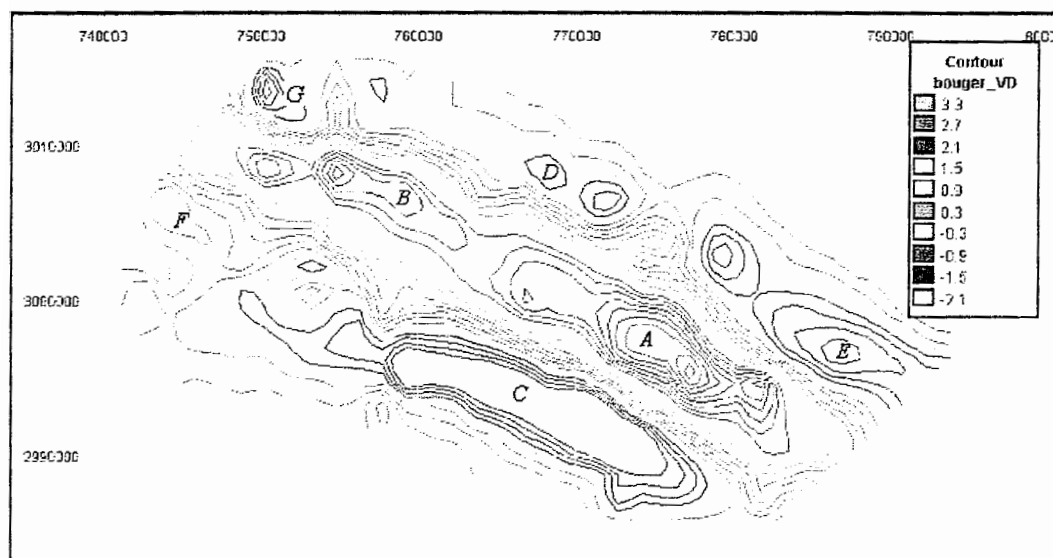
^۱. Averaging



شکل ۳-۱۶- نقشه باقی مانده گرانی به روش متوسط وزنی - منطقه دهنو

۳-۶-۵- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش مشتقات اول و دوم

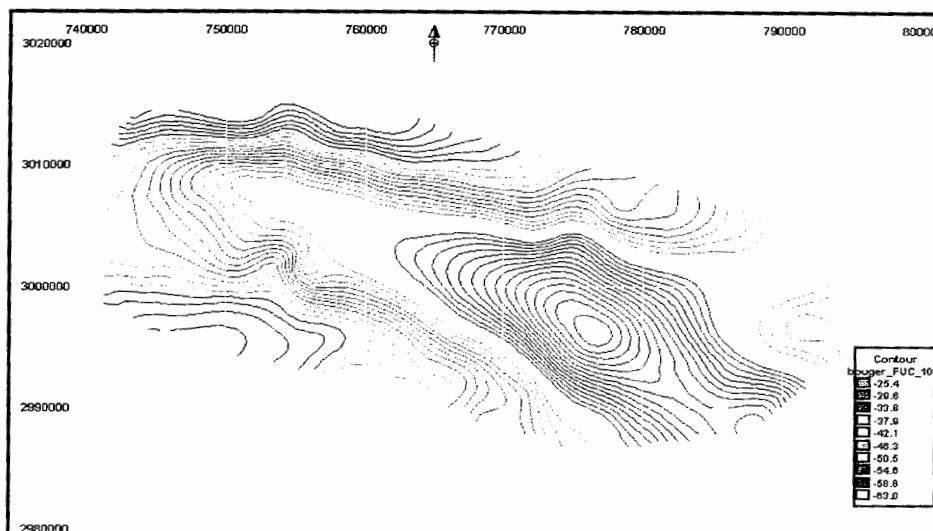
داده های گرانی منطقه دهنو با استفاده از روش مشتقات اول و دوم نیز مورد تفکیک قرار گرفت شکل (۳-۱۷) نقشه باقی مانده مشتق اول قائم داخل متن وبقیه نقشه های مشتقات در پیوست الف پایان نامه را نشان می دهند. در نقشه مذکور اثرات ناحیه ای به سبب طبیعت خطی بودن آنها به طور قابل ملاحظه ای تضعیف شده و گرانی باقی مانده مربوط به ساختمان های سطحی به دست می آید [۱۰]. این نقشه ها نیز آنومالی های مثبت و منفی و روند ساختمان ها که در نقشه های باقیمانده روش های روند سطحی و متوسط وزنی بیان شد را تا حدود زیادی تأیید می نماید.



شکل ۳-۱۷- نقشه باقی مانده مشتق اول قائم - منطقه دهنو

۳-۶-۶- نقشه های گرانی گسترش به طرف بالا منطقه

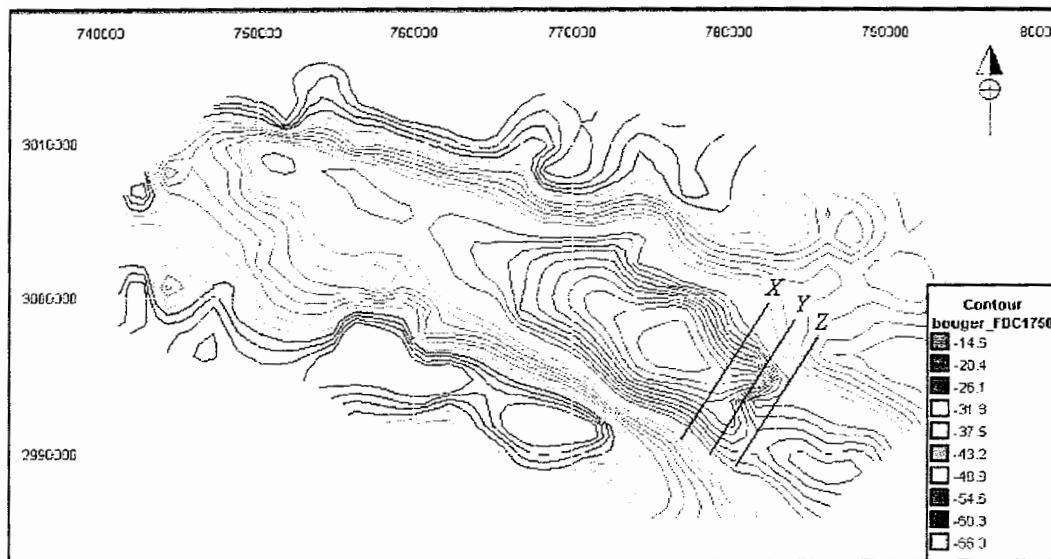
نقشه های حاصل از این روش در سه ارتفاع ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر به منظور پی بردن به تأثیرات عمق آنومالی ها تهیه شد (الف-۷ و الف-۸) و نقشه باقی مانده در ارتفاع ۱۰۰۰ متر به منظور مقایسه در داخل متن مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳-۱۸). همانطور که مشاهده می شود با افزایش ارتفاع (شکل الف-۷ و الف-۸) فقط آنومالی های A و E معلوم می باشند. هرچه ارتفاع بیشتر در نظر گرفته شود آنومالی های مذکور اثرات خود را کمتر نشان می دهند. می توان اینطور نتیجه گیری نمود که آنومالی A و E از عمق کم تا عمق زیاد گسترش یافته اند.



شکل ۳-۱۸- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت بالا با عمق گسترش ۱۰۰۰ متر منطقه دهنو

۳-۶-۷- نقشه های گرانی گسترش به طرف پایین منطقه

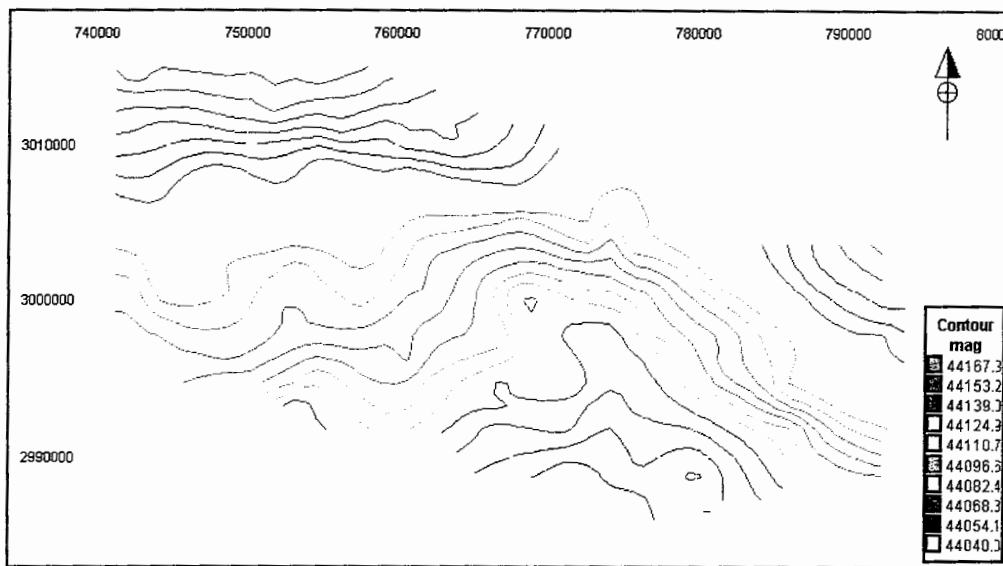
به منظور بررسی ساختارهای مربوط به سازند های نمکی موجود و اثرات احتمالی آن بر روی ساختمان مثبت A که به تاقدیس دهنو موسوم است نفوذ کرده و آن را متأثر ساخته است، فیلتر گسترش آنومالی ها به سمت پایین نیز بر داده های گرانی منطقه دهنو اعمال و بر اساس آن و با توجه به حساسیت موضوع، نقشه های گسترش یافته برای عمق های گسترش ۵۰۰ (شکل ۳-۱۹) و ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۶۰۰، ۱۵۰۰، ۱۷۰۰ (شکل های الف-۹ تا الف-۱۴)، ۱۷۵۰ (شکل ۳-۲۰) متری تهیه شد. با افزایش عمق بررسی و با نزدیک شدن به منبع مولد آنومالی های گرانی، ساختارهای زیرین کم کم نمایان می گردند که این موضوع به طور وضوح در مورد ساختمان مثبت B و ساختمان منفی C دیده می شود. همانگونه که قبلاً در تفسیر نقشه های گرانی سایر روش ها بیان شد، ساختمان های مثبت A و B توسط دو زون ناودیسی محاط شده اند به طوری که دامنه های تاقدیس از شیب قابل توجه ای برخوردار می باشد. با بررسی نقشه های گسترش یافته می توان دریافت که اگر چه به طور وضوح نفوذ نمک در ساختمان تاقدیسی قابل ردیابی نیست ولی در اعماق



شکل ۳-۲۰- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۷۵۰ متر- منطقه دهنو

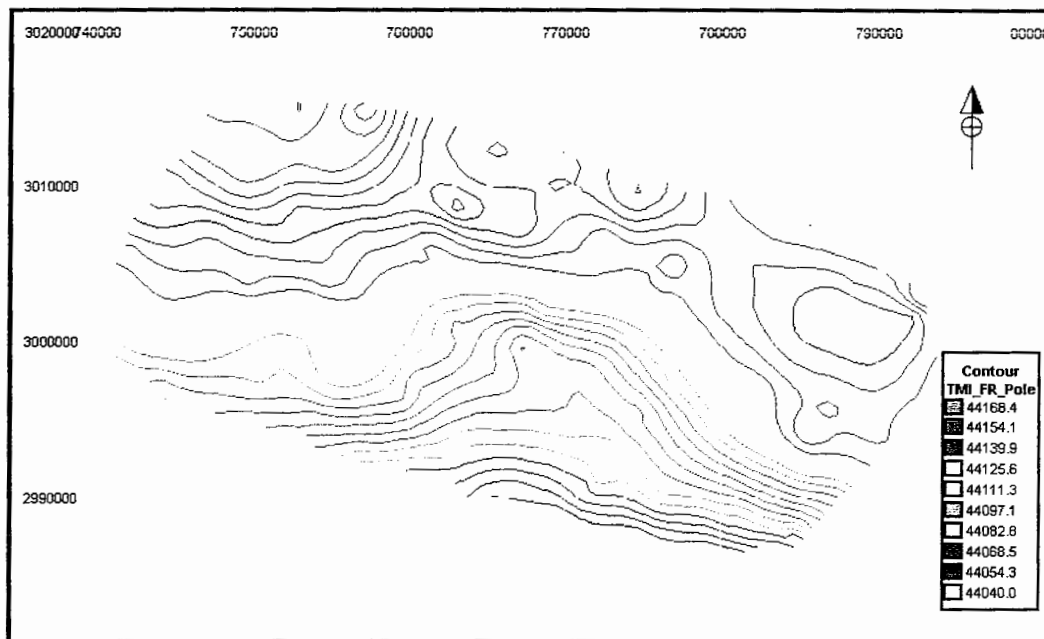
۳-۶-۸- نقشه شدت کل مغناطیسی منطقه

نقشه تراز شدت کل مغناطیسی منطقه با فواصل ۱۰ نانو تسلا ترسیم گردید (شکل ۳-۲۱). در این نقشه، شدت کل مغناطیسی از جنوب شرق به سمت شمال غرب تدریجاً افزایش نشان می دهد. از طرف دیگر با توجه به اینکه نقشه اثر ناحیه ای گرانی (شکل ۳-۱۴) یک روند افزایش ضخامت رسوبگذاری به طرف شمال غرب را حکایت می کند بنابراین افزایش شدت کل مغناطیسی را می توان به تغییرات لیتولوژیکی سنگ بستر در آن قسمت نسبت داد. به منظور اختصار فقط نقشه های آنومالی باقی مانده حاصل از روش روند سطحی در داخل متن و نقشه آنومالی ناحیه ای و باقی مانده دیگر روش ها در پیوست الف (الف-۱۴ تا الف-۱۷) آورده شده است.



شکل ۳-۲۱- نقشه شدت کل مغناطیسی - منطقه دهنو

از آنجایی که زاویه میل و انحراف میدان مغناطیسی زمین تابعی از موقعیت جغرافیایی نقاط اندازه گیری است به همین علت شکل یک بی هنجاری مغناطیسی علاوه بر شکل و خودپذیری مغناطیسی ساختمان های زیر سطحی به جهت القاء شونددگی مغناطیسی زمین نیز وابسته است. بنابراین این مورد فوق سبب ایجاد یکسری جابجایی و انحراف در شکل و محل ناهنجاری های مغناطیسی می شود. برای حذف این نامتقارنی های ایجادشده، از فیلتر برگردان به قطب استفاده می شود. با این روش ناهنجاری ها بر مرکز توده های مولد آنها قرار می گیرند [۸]. شکل (۳-۲۲) نقشه شدت کل مغناطیسی منطقه پس از اعمال فیلتر برگردان به قطب را با استفاده از نرم افزار Model vision pro نشان می دهد. با مقایسه نقشه های شدت کل میدان مغناطیسی (شکل های ۳-۲۱ و ۳-۲۲)، مشاهده می شود که با اعمال فیلتر برگردان به قطب خطوط هم شدت، مقداری جابجا شده و یا تغییر می یابند.



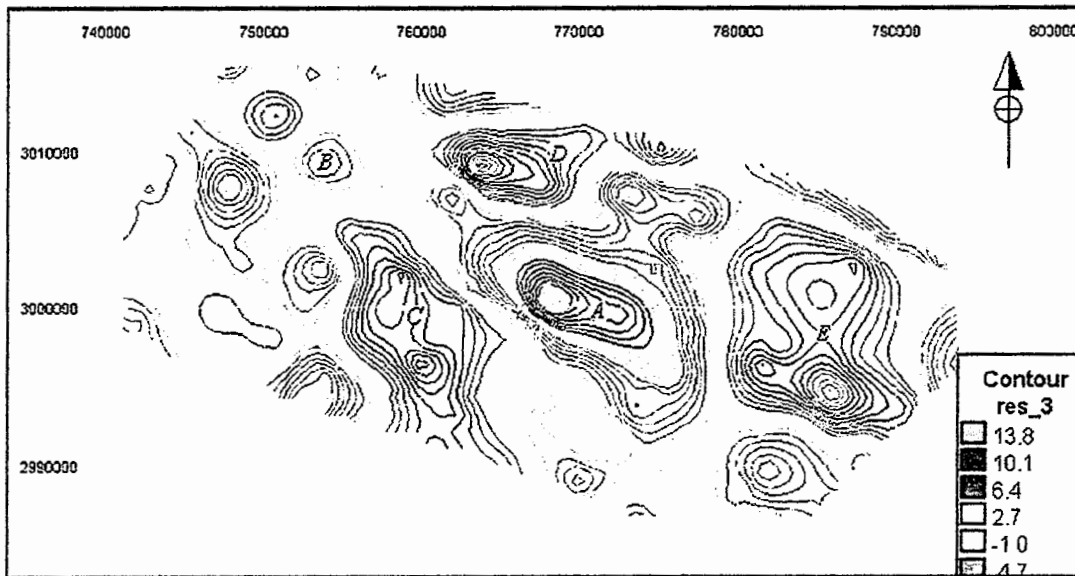
شکل (۴-۲۲)- نقشه شدت کل مغناطیسی پس از اعمال فیلتر بر گردان به قطب- منطقه دهنو

۳-۶-۹- نقشه های مغناطیسی تهیه شده با روش روند سطحی

داده های شدت کل مغناطیسی منطقه پس از اعمال فیلتر بر گردان به قطب، با استفاده از روش روند سطحی مورد تفکیک واقع شد و نقشه های باقی مانده و ناحیه ای این روش به ازای سطوح روند مختلف تهیه گردید. شکل (۳-۲۳) نقشه باقی مانده مغناطیسی این روش را که برای روند ۳ تهیه شده است نشان می دهد. بررسی این نقشه نشان می دهد که تعدادی آنومالی مثبت مغناطیسی (C, D و E) و دو آنومالی منفی مغناطیسی (A و B) در منطقه به چشم می خوردند. روند عمومی این آنومالی های مغناطیسی شمال غربی- جنوب شرقی می باشد.

با مقایسه این نقشه با نقشه باقیمانده اجزاء محدود (شکل ۳-۱۰) می توان دریافت که آنومالی های منفی مغناطیسی با آنومالی های مثبت گرانی و آنومالی های مثبت مغناطیسی با آنومالی های منفی گرانی تقریباً همپوشانی دارند. خصوصاً اینکه روی آنومالی مثبت A گرانی که یک ساختمان

تأقدیسی است، شدت مغناطیسی پایین بوده و هیچ گونه توده های آذرین روی آن مشاهده نمی گردد. افزایش ضخامت رسوبگذاری به سمت شمال غرب منطقه در روی این نقشه نیز تأیید می گردد.



شکل ۳-۲۳- نقشه اثر باقی مانده مغناطیسی به روش روندسطحی درجه ۳- منطقه دهنو

۳-۷- تفسیر مدل سازی و تفسیر کمی و کیفی نتایج حاصل

۳-۷-۱- مدل سازی

از مسائل مهم در تعبیر و تفسیر داده های گرانی و مغناطیسی تعیین پارامترهای هندسی ساختارهای به وجود آورنده آنومالی ها می باشد که این امر با انجام تکنیک های مدل سازی میسر است. مدل سازی به فرآیند شبیه سازی بی هنجاری اندازه گیری شده توسط یک آنومالی محاسبه شده به وسیله تکنیک های عددی و تحلیلی از یک مدل فرضی در زیر زمین و تخمین پارامترهای هندسی و فیزیکی آن از آنومالی اطلاق می گردد [۷]. مدل سازی به دو روش زیر انجام می شود:

الف- مدل سازی پیشرو

ب- مدل سازی معکوس

فرآیند مدل سازی پیشرو شامل محاسبه یک آنومالی از یک مدل فرضی بر اساس تکرار محاسبات بر پایه تغییر پارامتر های مدل همچون اختلاف دانسیته، عمق و غیره تا زمانی که انطباق مناسبی بین آنومالی محاسبه شده و آنومالی مشاهده شده ایجاد گردد.

مدل سازی معکوس با استفاده از داده های مربوط به آنومالی مشاهده شده انجام می گیرد که در این صورت از داده های آنومالی ساختمانی که مؤثر است حرکت کرده و شکل مناسب جسم فراهم می گردد. شرط مهم برای دست یابی به این امر بستگی به پارامتر های هندسی توده مولد آنومالی دارد. پس از تعیین مدل مناسب، آنومالی آن تعیین شده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه می گردد. جهت به دست آوردن کیفیت انطباق از روش کمترین مربعات^۱ استفاده می شود.

با استفاده از نرم افزار Model vision Pro مدل سازی معکوس با دو روش هموار^۲ و پارامتری^۳ قابل اجرا می باشد که در اینجا تنها از روش مدل سازی معکوس پارامتری استفاده شده است. روش پارامتری کردن مدل برای شبیه سازی های ساختارهای خیلی پیچیده بسیار مناسب می باشد و قادر است تا مسئله را به صورت واقعی تری فرمول بندی نماید. در این تکنیک لایه های زمین به یک سری بلوک های مستطیلی با پارامتر های فیزیکی (همچون دانسیته) ثابت اما مجهول تقسیم می گردد. در مرحله بعد با استفاده از روش های عددی اجزاء محدود و تفاوت های محدود پاسخ مدل را می توان به ازای یک حدس اولیه با روش تکرار محاسبه نمود. در این روش در هر بار تکرار یک مقدار خطا به دست می آید که تابعی از پارامتر های مدل می باشد. این خطا تابع هدف نامیده می شود. با به حداقل رساندن تابع هدف می توان پارامتر های هر بلوک را تخمین زد اگر همپوشانی مناسب بین اثرات منطقه ایی محاسبه شده و مقادیر گرانی مشاهده شده به دست آید [۲۰]. برای به حداقل رساندن تابع هدف روش های مختلفی وجود دارد که نرم افزار Model vision Pro از

۱. least-square

۲. smooth modeling

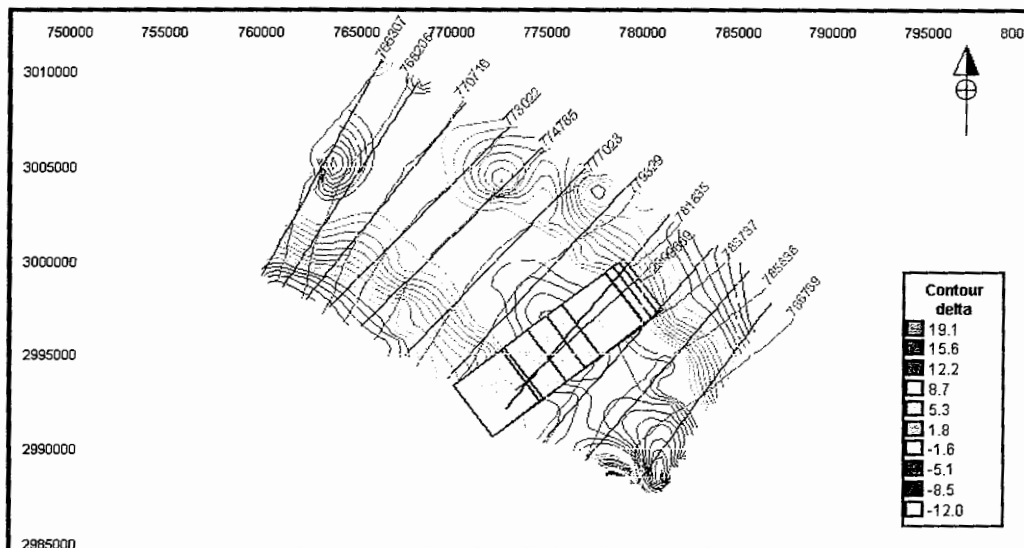
۳. parametric modeling

روش رگرسیون ریدج^۱ استفاده می نماید [۲۰]. نتایج مدل سازی در مبحث تفسیر کیفی نتایج مدل سازی خواهد آمد.

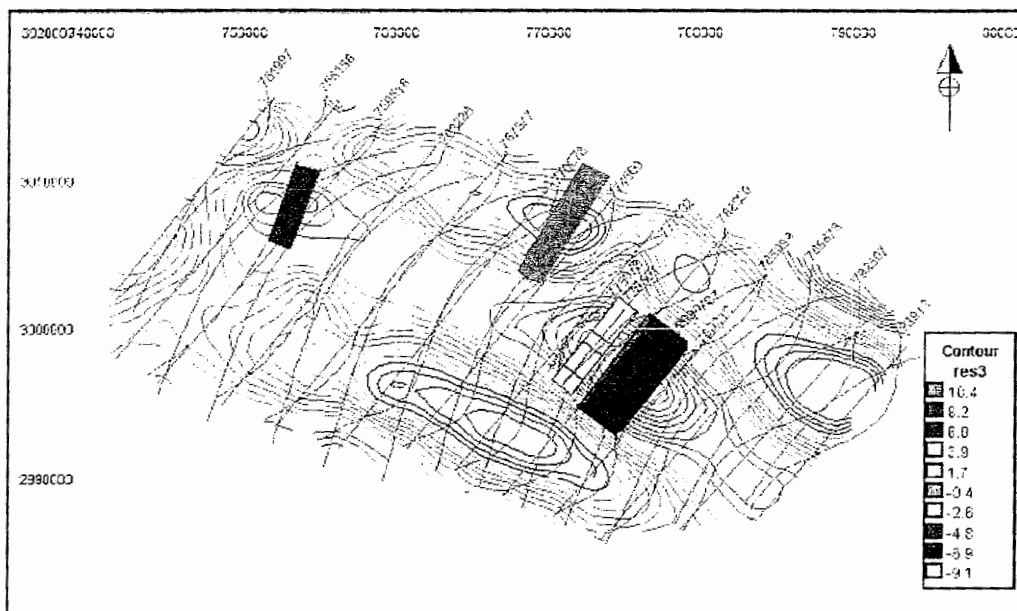
جهت انجام مدل سازی معکوس پارامتری آنومالی های گرانی، نقشه آنومالی باقیمانده گرانی روش اجزاء محدود (شکل ۳-۱۰) و همچنین روش روند سطحی مرتبه ۳ که نسبت به دیگر روش های قدیمی بهتر بوده را برای مقایسه انتخاب گردید (شکل ۳-۱۲). جهت انجام مدل سازی دو بعدی و تعیین عمق احتمالی ساختارهای زیر سطحی، تعدادی پروفیل در جهت عمود بر محور آنها در روی نقشه های باقی مانده گرانی انتخابی گرفته شدند (شکل ۳-۲۴).

جهت انجام مدل سازی در ابتدا روی مقاطع عرضی ساختارها در راستای پروفیل های انتخابی پلیگونی به عنوان مدل اولیه انتخاب، پاسخ حاصل از آن به وسیله فرآیند مدل سازی پیشرو محاسبه گردید. شکل پلیگون انتخابی بسته به مثبت یا منفی بودن آنومالی مورد مدل سازی، به صورت یک تاقدیس یا ناودیس خیلی ساده انتخاب گردید. در مرحله بعد خطای حاصل از مدل سازی با خطای هدف مقایسه گردید. با توجه به اینکه خطا از خطای هدف بیشتر بود، جهت انطباق گرانی محاسبه شده در راستای پروفیل با مقادیر برداشت شده و کمینه نمودن مقدار خطا، از فرآیند مدل سازی معکوس پارامتری استفاده گردید و محاسبات آنقدر تکرار شد تا خطا کاهش یابد و تطابق مناسب بین پروفیل های گرانی محاسبه شده مربوط به مدل و مقادیر مشاهده شده فراهم گردد.

^۱ . ridge regression

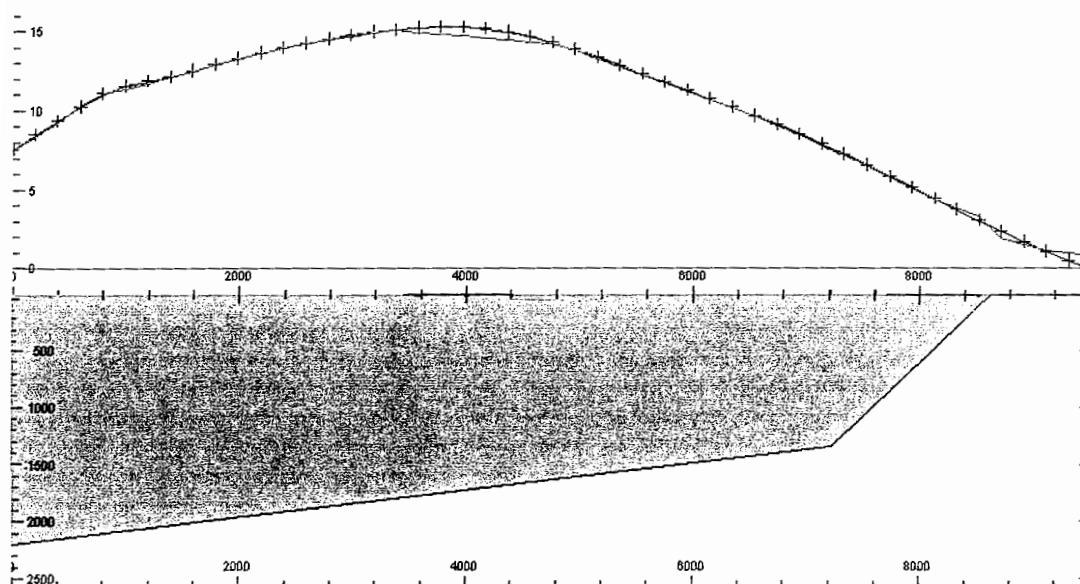


شکل (۳-۲۴) - مقطع انتخاب شده روی ساختمان تاقدیسی A نقشه آنومالی باقی مانده گرانی حاصل از روش اجزاء محدود

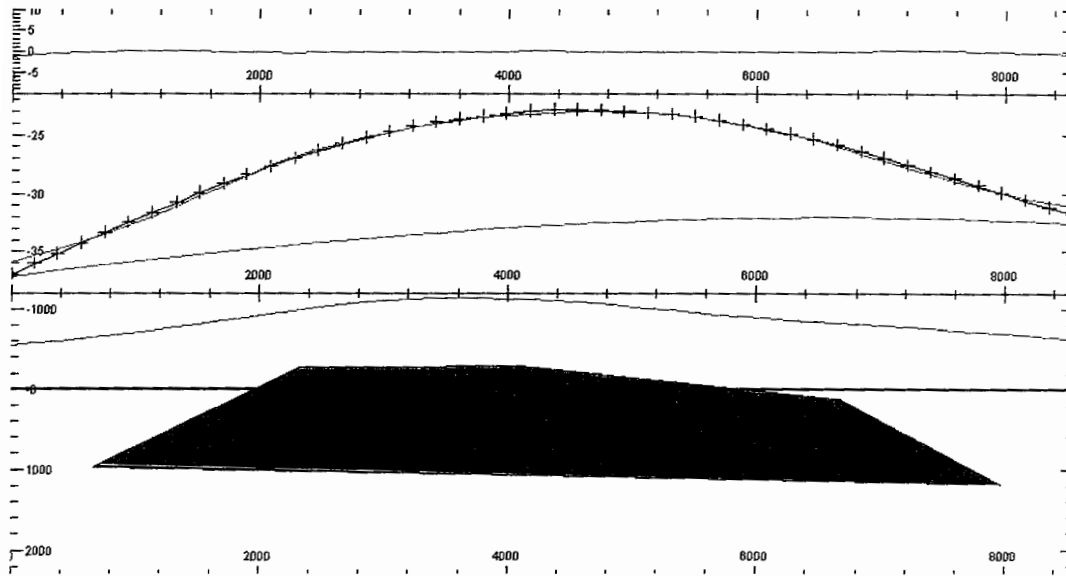


شکل (۳-۲۵) - مقاطع انتخاب شده روی ساختمان های تاقدیسی نقشه آنومالی باقی مانده گرانی منطقه دهنو

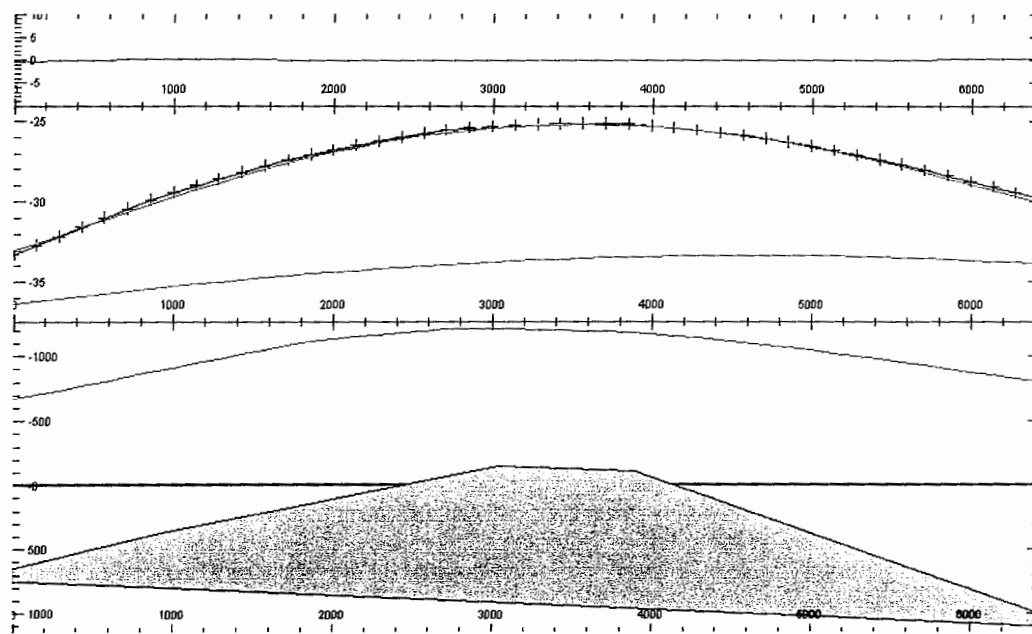
شکل (۳-۲۴) محل مدل دوبعدی بر روی آنومالی مثبت A در نقشه حاصله از روش اجزاء محدود را نشان می دهد. همچنین شکل های (۳-۲۶ تا ۳-۳۰) مدل های دو بعدی گرفته شده روی آنومالی های مثبت A و B و آنومالی منفی D را نشان می دهند. همانطور که می بینید مدل دوبعدی حاصله از آنومالی A در روش اجزاء محدود بصورت واضح تر و نمایان تری نسبت به مدل های ساخته شده با استفاده از روش های دیگری باشد. با اتمام فرآیند مدل سازی پارامترهای هندسی و فیزیکی آنومالی های مذکور تعیین گردیدند. خطای مدل سازی (RMS) بین ۱/۴ و ۲ محاسبه گردید. همانطوری که شکل های (۳-۲۶) و (۳-۲۸) نشان می دهند، تاقدیس دهنو در سطح زمین رخنمون داشته که این مطلب با نقشه زمین شناسی منطقه در تطابق است. این ساختمان در اعماق بیش از ۱ کیلو متر گسترش دارد. همانطوری که مدل های دو بعدی گرفته شده روی ساختمان مثبت A نشان می دهند، این آنومالی نسبت به زمینه دارای دانسیته بیشتر می باشد. این مطلب نشان می دهد که این آنومالی یک ساختمان تاقدیسی می باشد و نفوذ نمک در محدوده پروفیل های گرفته شده روی این تاقدیس را منتفی می داند



شکل ۳-۲۶- مدل دوبعدی روی تاقدیس بزرگ A در جهت عمود بر آن که مقطع آن در شکل (۳-۲۴) آمده است.

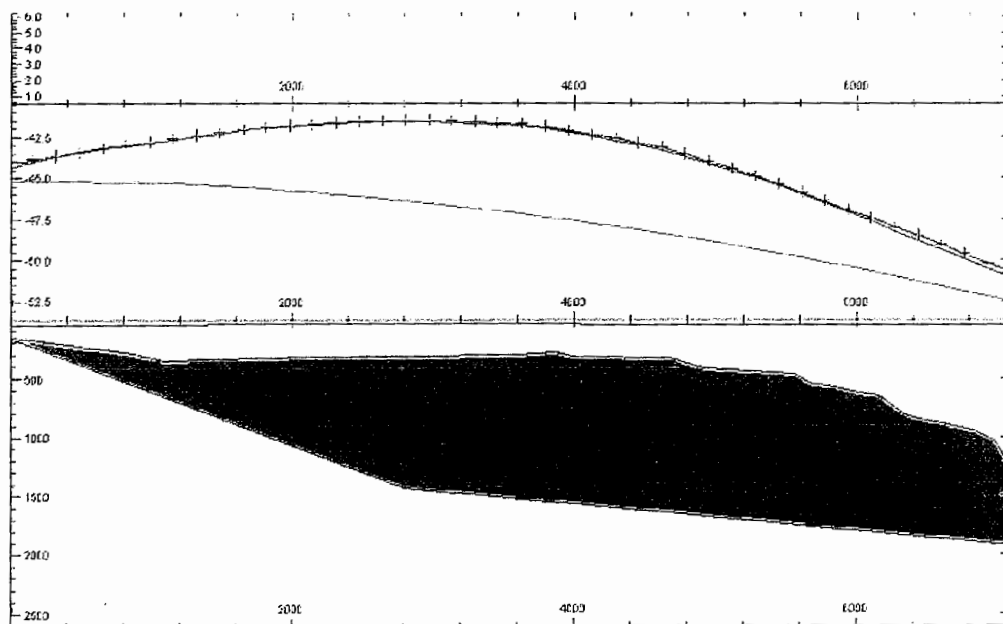


شکل ۳-۲۷- مدل دو بعدی روی تاق‌دیس A در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵)



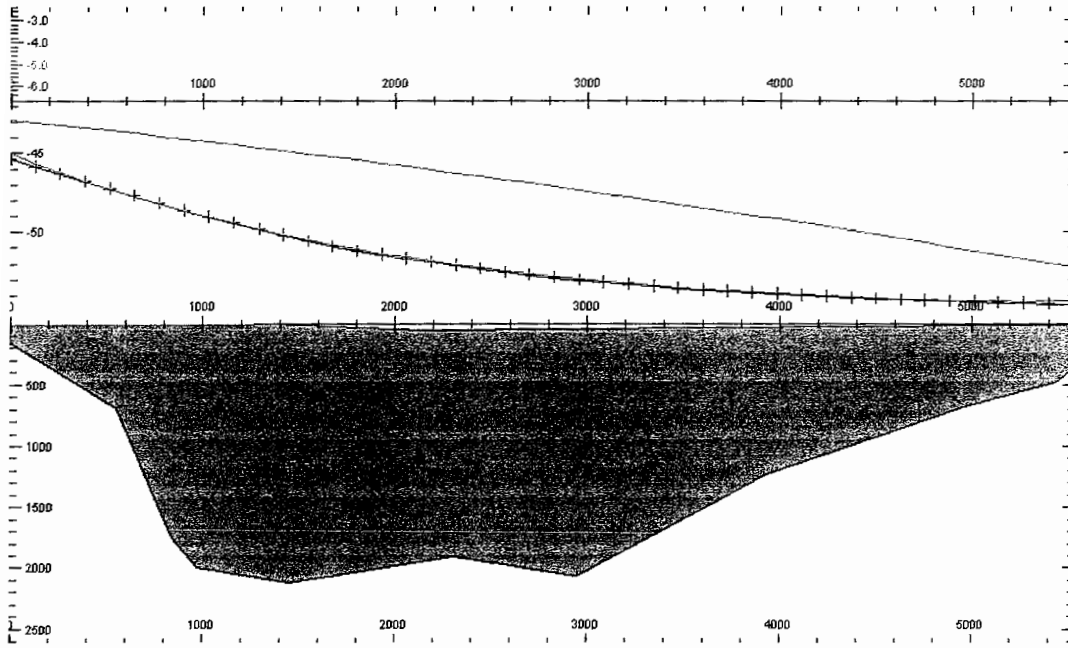
شکل ۳-۲۸- مدل دو بعدی روی تاق‌دیس A در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵)

شکل (۳-۲۹) مدل دو بعدی برداشت شده روی ساختمان مثبت B را نشان می دهد. این آنومالی نیز نسبت به سنگ های زمینه خود یک اختلاف دانسیته مثبت را به وجود آورده است. پروفیل های گرانی مشاهده شده و پیش بینی شده کاملاً با هم برازش دارند به طوری که خطای ناشی از مدل سازی به کمتر از ۱/۴ رسید.



شکل ۳-۲۹- مدل دو بعدی روی تاق دیس B در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵)

شکل (۳-۳۰) مدل دو بعدی برداشت شده روی ساختمان منفی D را نشان می دهد. این مدل دارای دانسیته کمتر از مقدار دانسیته زمینه بوده که اختلاف دانسیته منفی را ایجاد نموده است. پیش بینی مدل نشان می دهد که این آنومالی نیز در سطح زمین رخنمون دارد و تا اعماق بیش از ۲ کیلو متر گسترش دارد.



شکل ۳-۳۰- مدل دو بعدی روی ناودیس D در امتداد مقطع در شکل (۳-۲۵)

فصل چهارم

نتیجه گیری و پیشنهاد

نتیجه گیری و پیشنهاد

۴-۱- نتیجه گیری

در این پایان نامه با استفاده از روش اجزاء محدود و دیگر روش های تفکیک آنومالی ها، ابتدا نقشه آنومالی باقی مانده منطقه دهنو تهیه شد. که حاصل آن کشف ساختمان های تاقدیسی و ناودیسی در زیر زمین بود که نتایج زیر از آن بدست آمد:

۱- در استفاده از روش اجزاء محدود در حذف اثرات ناحیه ای گرانی با توجه به اینکه مرز پیوسته ای برای منطقه وجود ندارد و همچنین نمی توان معادله دیفرانسیلی بر سطح حاکم بر منطقه انتخاب نمود. بنابراین در اینجا فقط از تکنیک درو نیایی که قسمت اول روش اجزاء محدود است استفاده می گردد.

۲- گره های انتخابی بر روی المان ها به عنوان نقطه های ایده آل فرض می شود یعنی در این مکانها فرض براین است که اثر ناحیه ای با مقدار گرانی اندازه گیری شده (داده های واقعی) برابر است و در نتیجه مقدار باقی مانده در نقاط مذکور برابر صفر می باشد.

۳- برای محاسبه اثر ناحیه ای لازم است کل منطقه المان بندی شود و سپس برای تمام نقاط برداشت شده داخل هر المان اثر ناحیه ای محاسبه گردد و در نهایت به تفسیر کل منطقه با استفاده از مرتبط ساختن تمام المان ها به هم پرداخت.

۴- نتایج بدست آمده نشان می دهد که روند تغییرات مشاهده شده در نقشه تهیه شده با روش اجزاء محدود با نتایج دیگر روشها تقریباً همخوانی دارد ولی مقادیر گرانی باقی

مانده حاصل شده در این روش نسبت به دیگر روشها در سطح بالاتری قرار دارند. می توان این گونه نتیجه گرفت که داده های مذکور اثرات آنومالی های محلی را واضح تر از بقیه روش های تفکیک آنومالی نشان می دهد.

۵- تمامی روش های تفکیک آنومالی های گرانی، وضعیت تاقدیس دهنو را به صورت یک آنومالی بسته با روند شمال غرب- جنوب شرق بیان می دارند که این تاقدیس دارای دامنه های پرشیب می باشد و احتمالاً گسلی عمل ننموده است.

۶- تلفیق نقشه باقیمانده گرانی با نقشه باقیمانده مغناطیسی، آنومالی مثبت A را به صورت یک ساختمان تاقدیسی (ساختمان دهنو) تفسیر می نماید که هیچ گونه اثری مربوط به توده های آذرین روی آن مشاهده نمی گردد. افزایش ضخامت رسوبگذاری به سمت شمال غرب منطقه نیز تائید می گردد.

۷- به نظر می رسد که محور تاقدیس در اثر عملکرد نمک در سمت شرق و جنوب شرق کمی چرخیده باشد.

۸- اگر چه نقشه های باقیمانده گرانی و نتایج حاصل از مدل سازی ظاهراً تاقدیس دهنو را یک ساختمان نفتی سالم و بسته تفسیر می نماید ولی نقشه های گسترش آنومالی ها به سمت پایین نشان می دهند که در اعماق بیشتر از ۱۵۰۰ متر اختلال هایی در قسمت جنوب شرقی ساختمان دهنو دیده می شود به طوری که حالتی شبیه جابجایی در روند ساختمان تاقدیسی ایجاد گردیده است که شاید بتوان اینگونه تفسیر نمود که بالا آمدگی نمک هرمزدر این بخش از تاقدیس بیشتر از سایر بخش ها بوده است که جای بررسی بیشتر انتظار می رود.

۴-۲- پیشنهادات

۱. روند تغییرات داده های به دست آمده با استفاده از روش اجزاء محدود همچون روشهای دیگر است با این تفاوت که رنج تغییرات گرانی در سطحی بالاتری نسبت به سایر روشها قرار دارند و این موضوع در تعیین عمق وسایر پارامترهای هندسی ساختمان های منطقه تأثیر گذار می باشد. این مسأله در مدل سازی باعث می شود که آنومالی سطحی خود را نمایان تر نشان بدهد. برای اثبات اینکه این روش نسبت به دیگر روش ها ارجح تر است یا نه پیشنهاد می شود که الف. یک آنومالی مصنوعی ساخته شود سپس به اعمال مدل سازی پیشرو بر روی آن و در ادامه روش اجزاء محدود به همراه دیگر روش ها روی آن جهت تفکیک آنومالی امتحان گردد و با هم مقایسه شود. ب. روش مذکور بر روی یک منطقه که از قبل هم عملیات ژئوفیزیکی و هم عملیات حفاری آنجا انجام شده آزمایش شود.
۲. با توجه به اینکه غالب داده های برداشت شده بصورت گسترده بوده بنابراین این پیشنهاد می شود از روش نقاط محدود (Finite Point) نیز برای حذف بی هنجاری های ناحیه ای از داده های میدان پتانسیل استفاده نمود.

منابع

فهرست منابع

- (۱)- زمردیان، ح. وحسینیه، ح. ۱۳۶۸. ژئوفیزیک کاربردی، دانشگاه تهران.
- (۲)- فیصل السوقی، م.، ۱۳۸۳. تفسیر اطلاعات ژئوفیزیکی ناحیه چناران جهت شناخت ساختارهای زیرین زمین منطقه، به منظور اکتشاف تله های احتمالی برای تجمع هیدروکربور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- (۳)- یعقوبی پور، م.، ۱۳۸۴. طراحی و برنامه ریزی یک روش المان محدود در حل مسائل فیزیکی. سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- (۴)- طباطبایی رئیسی، س. ه.، ۱۳۸۳. گزارش تعبیر و تفسیر گرانی و مغناطیس سنجی و مگنتو تلوریک تاقدیس دهنو، گروه غیر لرزه ای، شماره گزارش ژئوفیزیکی .
- (۵)- اسماعیلی، م.، و بابایی، ع.، ۱۳۸۲. گزارش عملیات گرانی و مغناطیس سنجی ناحیه دهنو و مدار.
- (۶)- آگاه، آ.، ۱۳۸۳. مدل سازی و تفسیر داده های گرانی و مغناطیس ناحیه طبس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- (۷)- دولتی ارده جانی، ف.، ۱۳۷۲. برداشت اطلاعات خام و تعبیر و تفسیر گرانی سنجی منطقه اکتشافی مرو دشت شیراز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- (۸)- آگاه، آ.، دولتی ارده جانی، ف.، مراد زاده، ع.، و طباطبایی رئیسی، ه.، ۱۳۸۳. تلفیق داده های مغناطیس هوایی و زمینی جهت شناسایی پتانسیل های نفتی ناحیه طبس. هشتمین همایش زمین شناسی ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۶-۱۴ شهریور.
- (۹)- رضائی، م.، ۱۳۸۰. زمین شناسی نفت، تهران.

(۱۰) - دولتی ارده جانی، ف.، مراد زاده، ع.، یعقوبی پور، م.، ۱۳۸۳. بررسی وضعیت ساختمانی تله های

نفی دهنو به کمک تفسیر داده های گرانی. دومین همایش ژئوفیزیک ایران.

[11]. Parasnis, D.S., 1962. Principles of applied geophysics. *Champion*. London

[12]. Griffin, W.R., 1949. Residual gravity in theory and practice. *Geophysics*, **14**, 39-56.

[13]. Gerrens, J.c., 1989. Foundation of exploration geophysics .Oxford.

[14]. Parasnis, D.S., 1986. Principles of applied geophysics. Chapman.

[15]. Robinson, E., 1988. Basic exploration geophysics. Virginia polytechnic Institute and State University.

[16]. Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1976. *Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge

[17]. Gerrens, J.c., 1989. Foundation of exploration geophysics .Oxford.

[18]. Mallick, K. and Sharma, K.K., A finite element method for computation of the regional gravity anomaly. *Geophysics*. vol 64, 461-469.

[19]. Reddy, J.N., 1993. Finite element Method. McGraw-Hill, Inc.

[20]. Encom Technology Pty Ltd, 2003. Reference Manual of Model vision Pro Microsoft

[21]. Robinson, E., 1988. Basic exploration geophysics. Virginia polytechnic Institute and State University

[22]. Cheung, Y.K., and Yeo, M.F., 1979, A practical introduction to finite element analysis. Pitman.

- [23].Sharma, D.D., and Selvaraj, J.B., 1990. Two-dimensional orthonormal trend surfaces for prospecting. *Computers and Geosciences*, 16, 897-909.
- [25].Dobrin.M.B.,1986. Introduction to geophysical prospecting. Mc. Gravity. Hill book. Singapore.
- [27].Griffin. W.R., 1949. Residual gravity in theory and practice; *Geophysics* .14.39-56.
- [28]. Keary,P.Brooks,M.,1991.An introduction to Geophysical exploration. Black Well Science.London.
- [29]. Kaftan. I. Salk. M., Sari. C.,2003. Application of finite element method on a 2-D gravity data in western. *European Geophysical Society Geophysical Research Abstracts*, Vol. 5, 13918, 2003

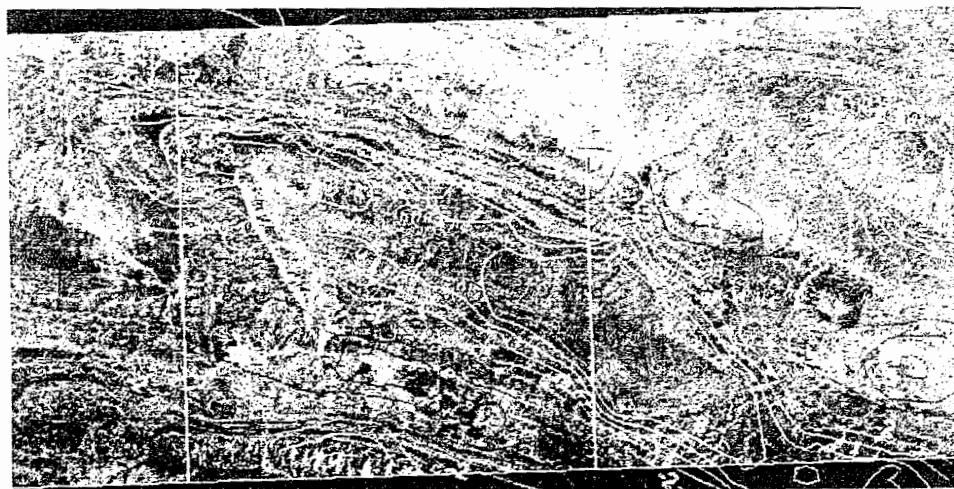
پیوست الف

در پیوست الف کلیه نقشه های مربوط به اثرات ناحیه ای و منطقه ای گرانی و مغناطیس که در تفسیر ناحیه دهنو می تواند مفید واقع گردند آورده شده است.

نقشه های مربوط به روند سطحی



شکل الف- ۱- نقشه آنومالی باقی مانده گرانی به روش ارتونرمال (روند ۲) - منطقه دهنو

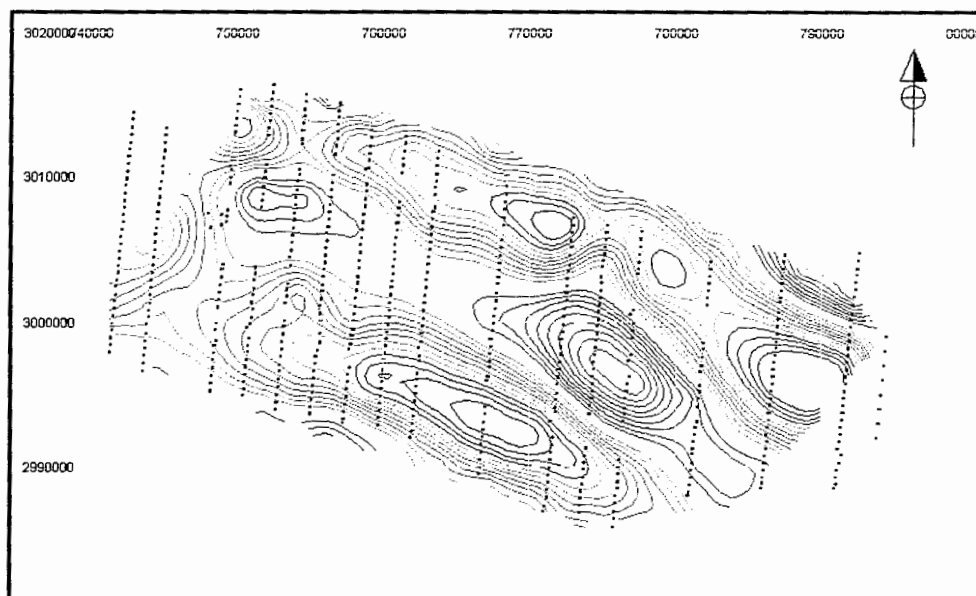


شکل الف- ۲- نقشه تلفیق عکس ماهواره ای منطقه با آنومالی باقی مانده گرانی روند درجه سه

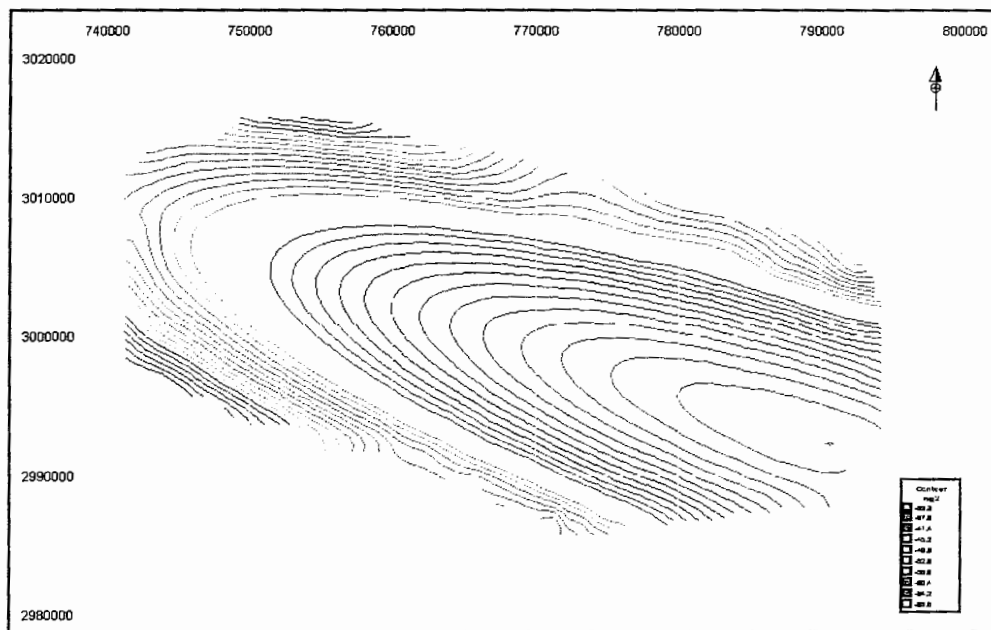


شکل الف-۳- تلفیق نقشه زمین شناسی منطقه با آنومالی باقی مانده گرانیتی به روش ارتونرمال (روند ۳) منطقه ده

نو



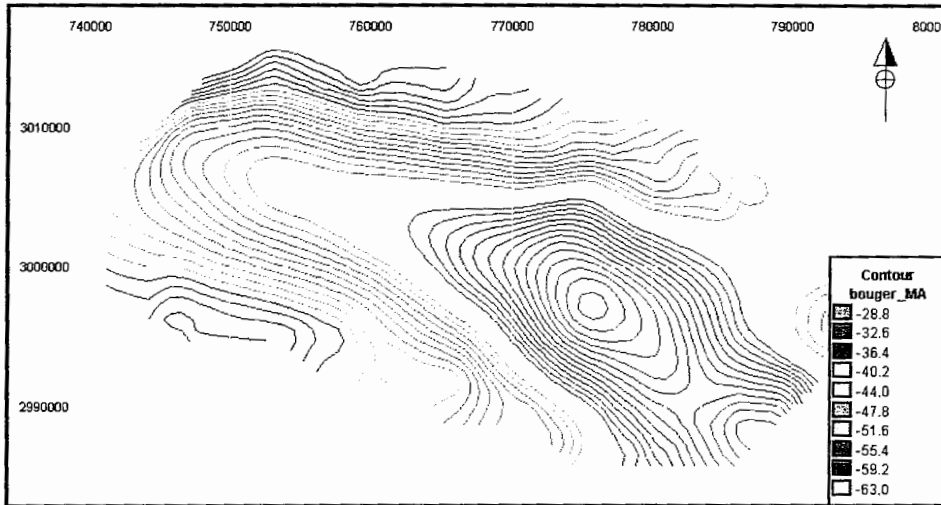
شکل الف-۴- نقشه آنومالی باقی مانده گرانیتی روند ۳ که خطوط برداشت داده ها را نیز شامل می گردد.



شکل الف- ۵- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش ارتونرمال (روند ۲) - منطقه دهنو

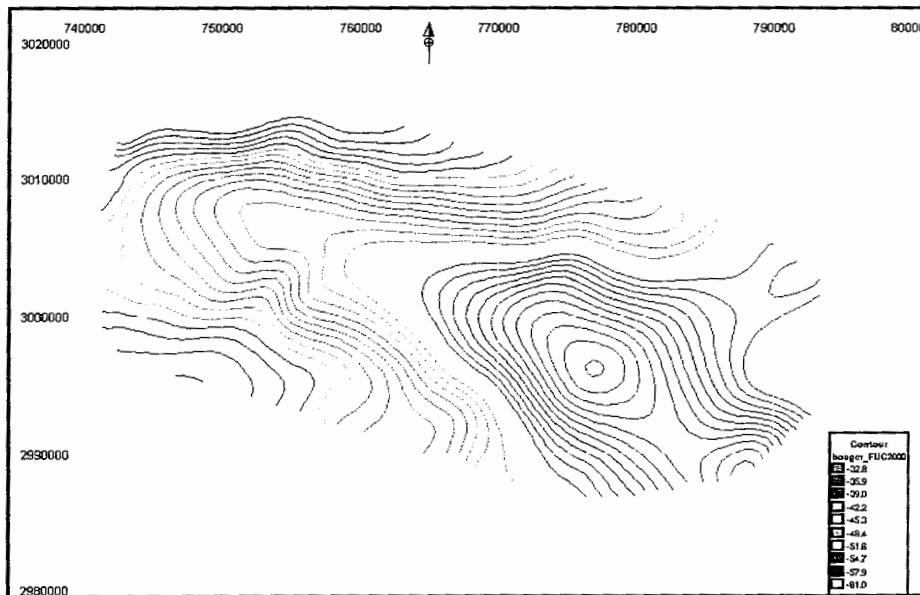
نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش متوسط وزنی

نقشه آنومالی ناحیه ای روش متوسط وزنی (شکل الف-۶) نیز همانند نقشه آنومالی ناحیه ای روش روند سطحی (شکل های ۴-۶ و ۷) یک کاهش مقدار گرانی از جنوب شرق به سمت شمال غرب منطقه را نشان می دهد که گویای افزایش عمق رسوبات به سمت شمال غرب منطقه مورد بررسی می باشد.

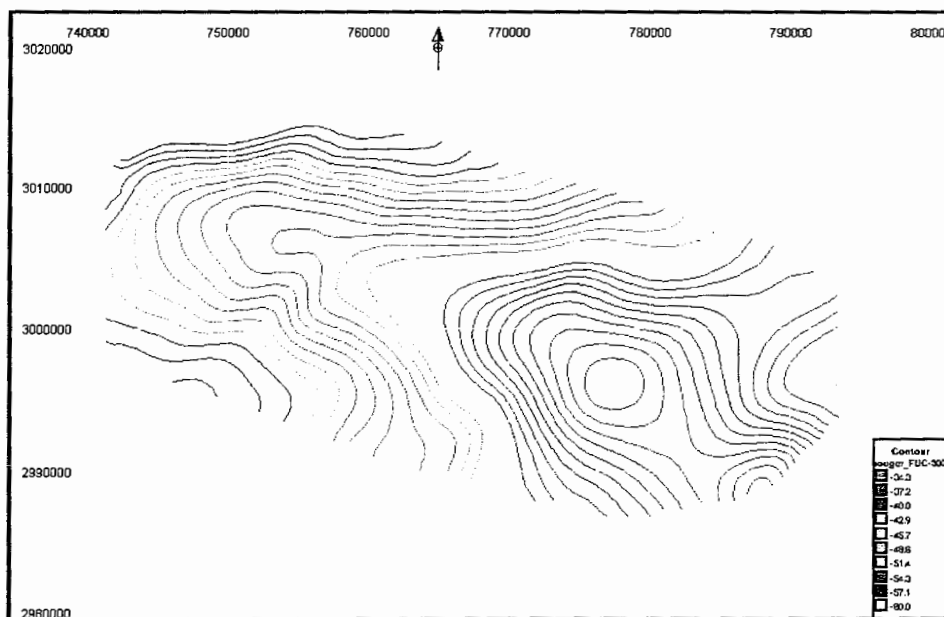


شکل الف-۶- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی به روش متوسط وزنی - منطقه دهنو

نقشه آنومالی های گسترش رو به بالا و رو به پایین

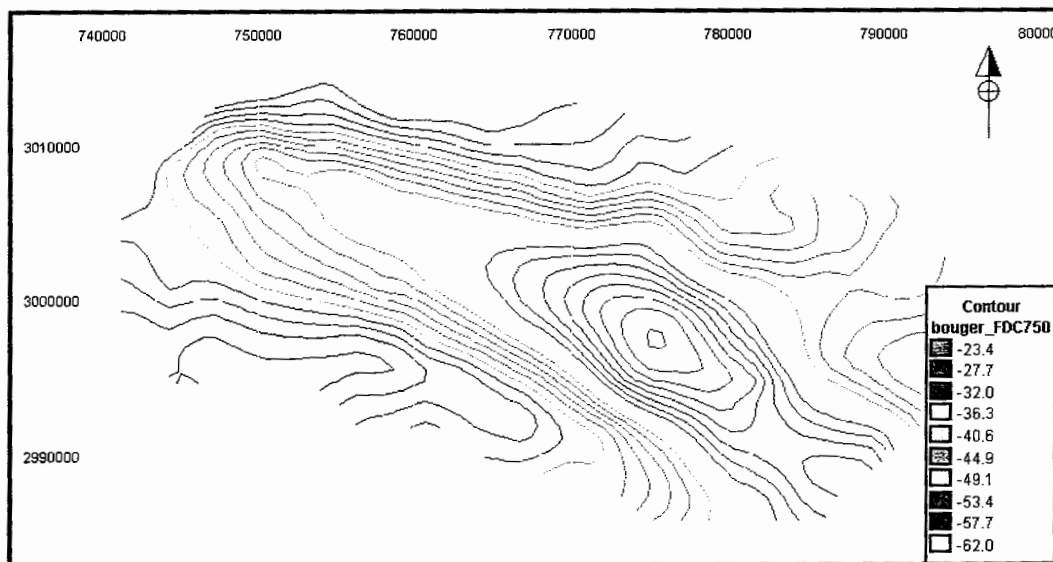


شکل الف-۷- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت بالا با عمق گسترش ۲۰۰۰ متر منطقه دهنو

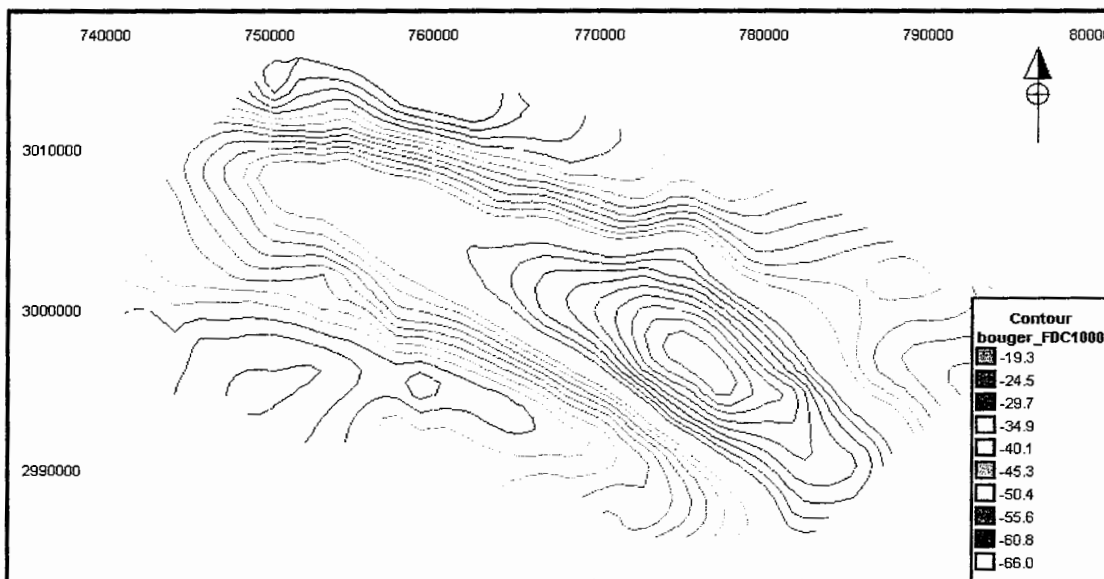


شکل الف-۸- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت بالا با عمق گسترش ۳۰۰ متر منطقه دهنو

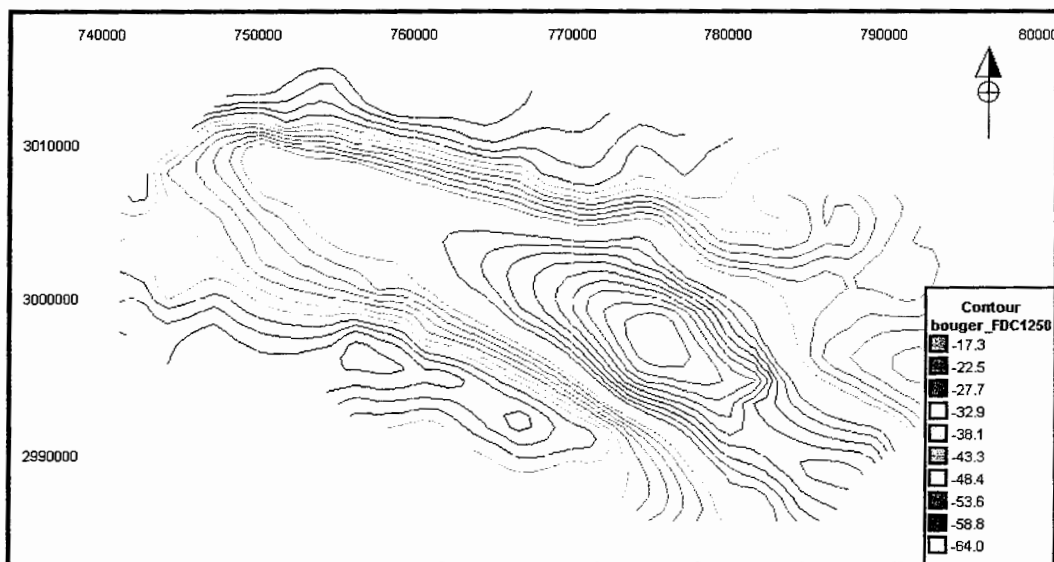
نقشه آنومالی های گسترش روبه پایین



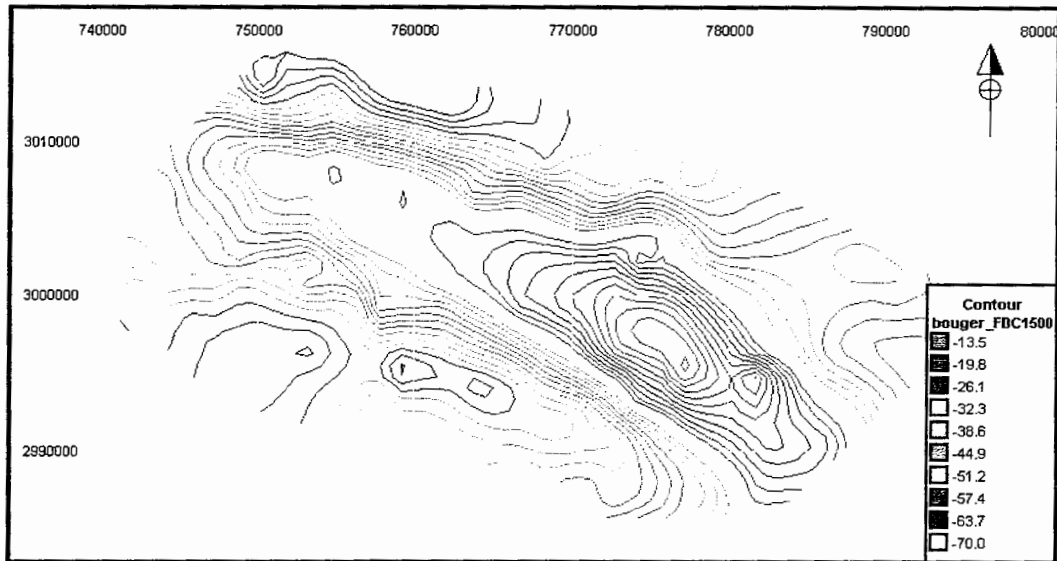
شکل الف-۹- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۷۵۰ متر- منطقه دهنو



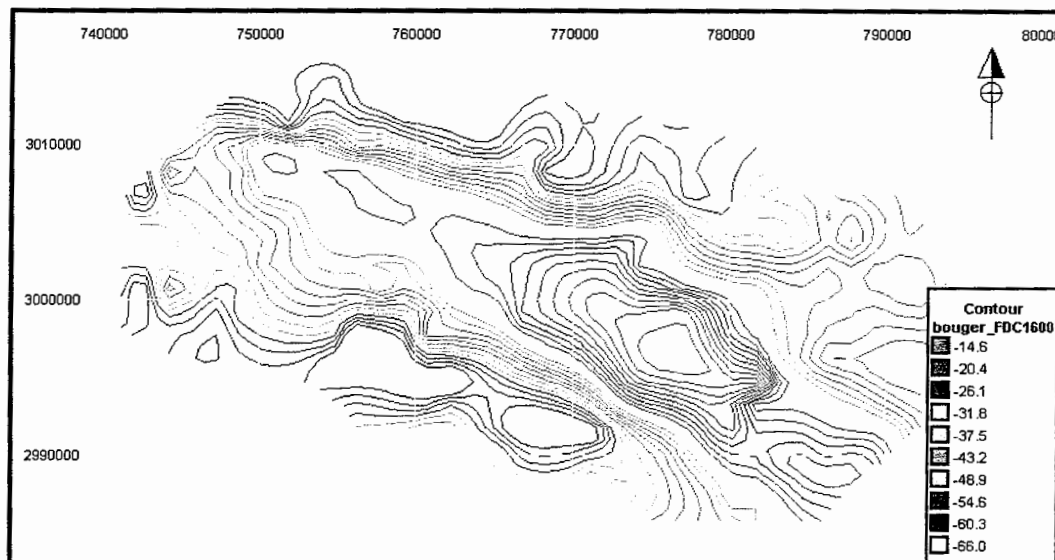
شکل الف-۱۰- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۰۰۰ متر- منطقه دهنو



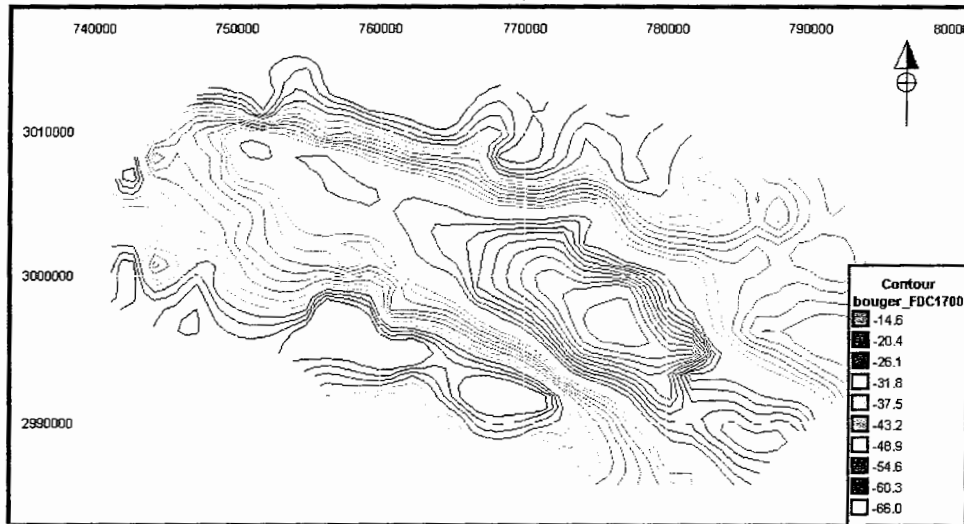
شکل الف-۱۱- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۲۵۰ متر- منطقه دهنو



شکل الف-۱۲- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۵۰۰ متر- منطقه دهنو



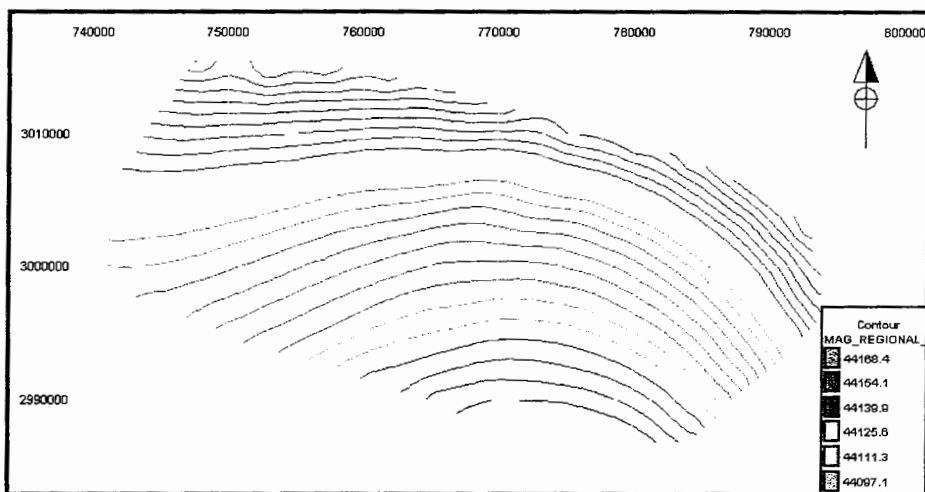
شکل الف-۱۲- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۶۰۰ متر- منطقه دهنو



شکل الف-۱۳- نقشه آنومالی گسترش یافته به سمت پایین با عمق گسترش ۱۷۰۰ متر- منطقه دهنو

نقشه آنومالی ناحیه ای مغناطیسی با روش روند سطحی

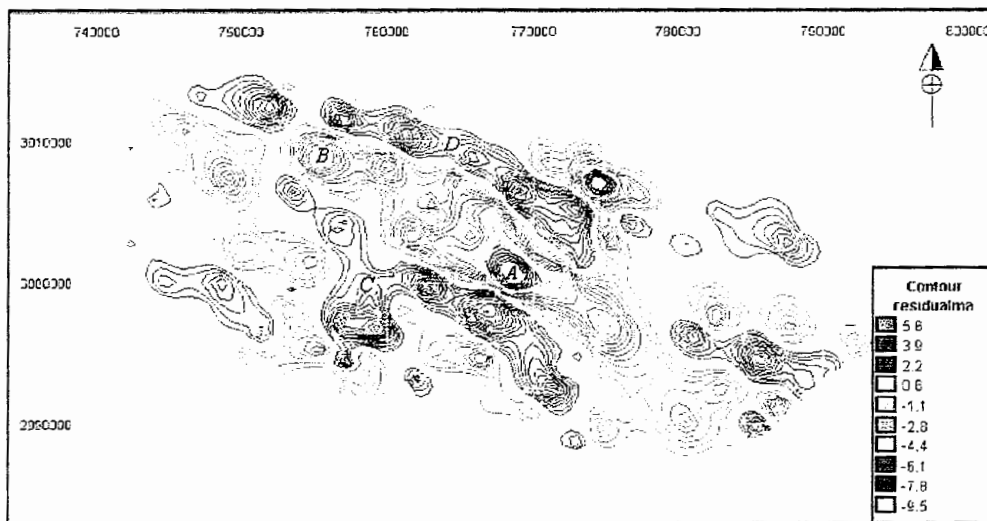
مولفه ناحیه ای داده های مغناطیسی در شکل (الف-۱۴) نشان داده شده است. این نقشه که منعکس کننده اثرات سنگ کف منطقه می باشد، یک افزایش شدت مغناطیسی را از جنوب شرق منطقه به سمت شمال غرب منطقه نشان می دهد.



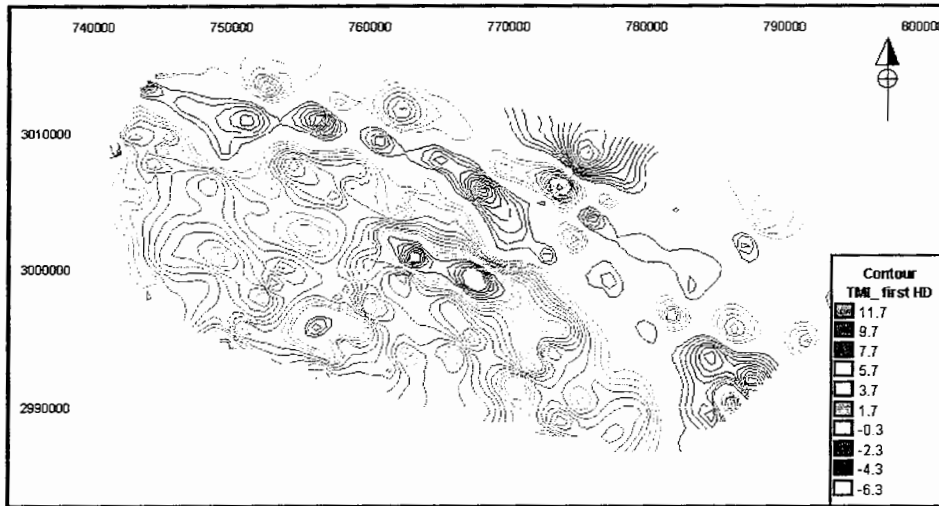
شکل الف-۱۴- نقشه اثر ناحیه ای مغناطیسی - منطقه دهنو

نقشه های مغناطیس روش مشتق اول

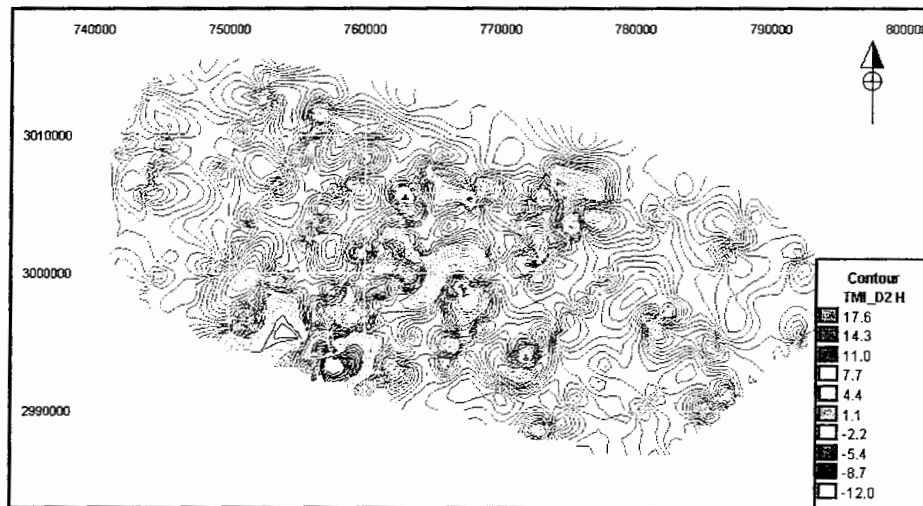
شکل (الف-۱۵) نقشه آنومالی باقیمانده مغناطیسی منطقه را که با فیلتر مشتق اول تهیه شده است نشان می دهد. در این نقشه نیز بی هنجاری های مغناطیسی مشخص شده در نقشه باقی مانده روش روند سطحی (شکل الف-۱۳) و روند ساختمانی ها آنها تأیید می گردند. با این تفاوت که در این نقشه آنومالی ها کمی جابجا شده اند. در اینجا نیز حضور آنومالی های مثبت گرانی A و B (شکل ۳-۱۲) با شدت مغناطیسی پایین در محدوده این آنومالی ها اثبات می شوند.



شکل الف-۱۵- نقشه اثر باقیمانده مغناطیسی به روش متوسط وزنی - منطقه دهنو

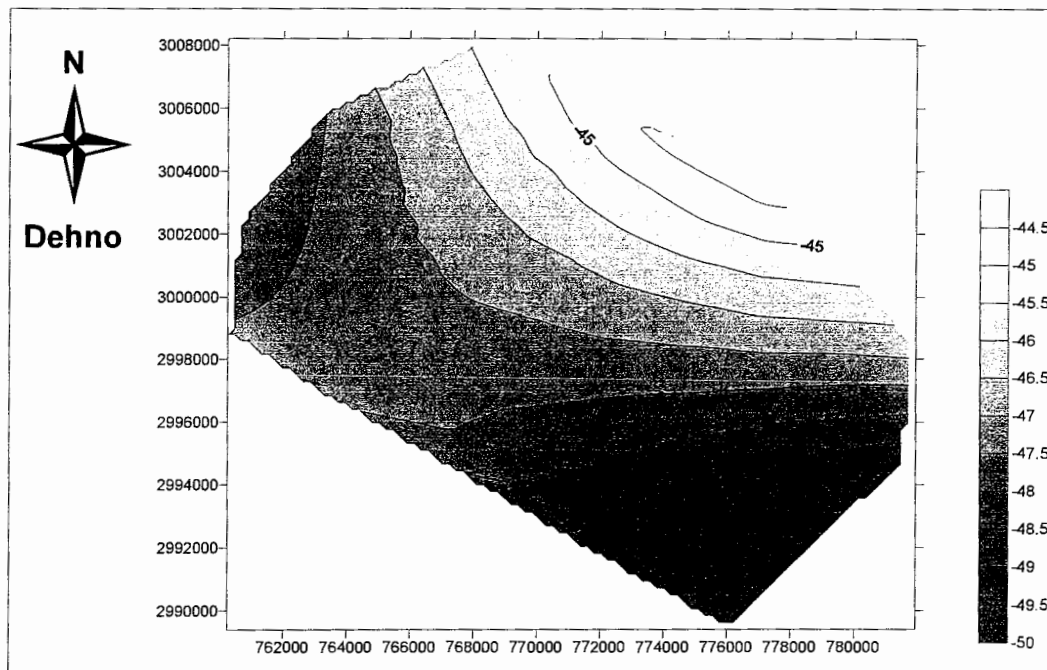


شکل الف-۱۶- نقشه اثر باقی مانده مغناطیسی به روش مشتق قائم- منطقه دهنو

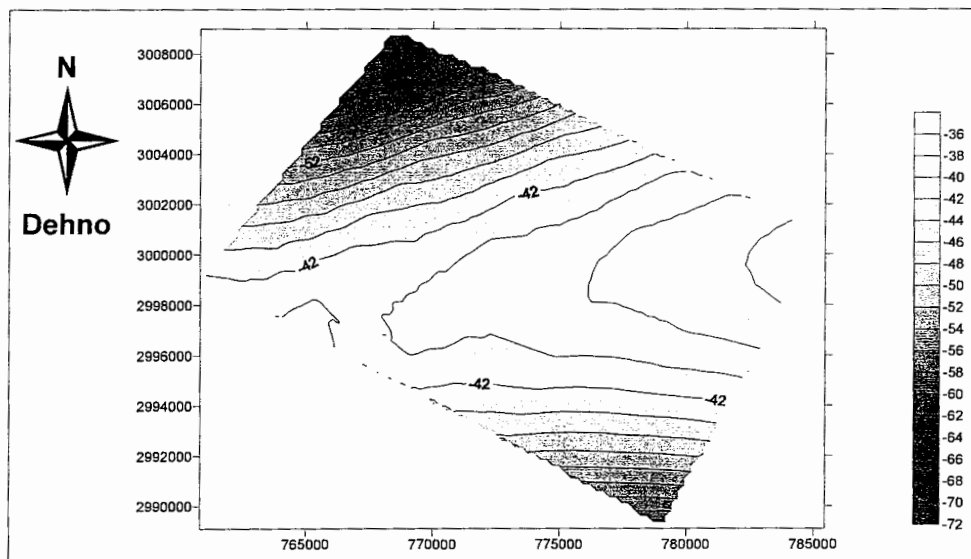


شکل الف-۱۷- نقشه اثر باقی مانده مغناطیسی به روش مشتق دوم قائم- منطقه دهنو

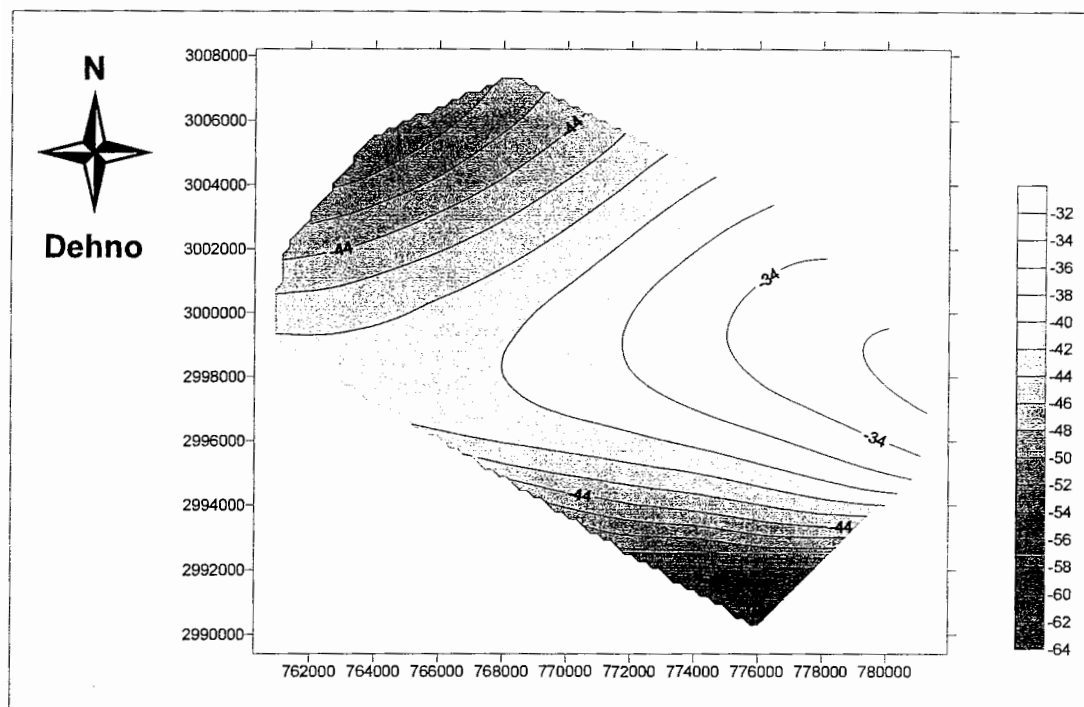
نقشه آنومالی های ناحیه ای منطقه دهنوبرای یک المان با گره های متفاوت



شکل الف- ۱۸- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی چهار گرهی اجزاء محدود منطقه دهنو



شکل الف- ۱۹- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی هشت گرهی اجزاء محدود منطقه دهنو



شکل الف - ۲۰- نقشه آنومالی ناحیه ای گرانی دوازده گرهی اجزاء محدود منطقه دهنو

پیوست ب

مقدار اثر منطقه ای برای المان ۸ گرهی:

```

clear;
k=1;
l=1;
x=[];
y=[];
i=-1:.02:1;
for k=1:101
x=[x i'];
y=x';
end
for k=1:101
for l=1:101
    i=x(k,l);
    j=y(k,l);
    myfunc1='1/4*(1-i)*(1-j)*(-1-i-j)';
    myfunc2='1/2*(1-i^2)*(1-j)';
    myfunc3='1/4*(1+i)*(1-j)*(-1+i-j)';
    myfunc4='1/2*(1-i)*(1-j^2)';
    myfunc5='1/2*(1+i)*(1-j^2)';
    myfunc6='1/4*(1-i)*(1+j)*(-1-i+j)';
    myfunc7='1/2*(1-i^2)*(1+j)';
    myfunc8='1/4*(1+i)*(1+j)*(-1+i+j)';
    n1=eval(myfunc1);
    n2=eval(myfunc2);
    n3=eval(myfunc3);
    n4=eval(myfunc4);
    n5=eval(myfunc5);
    n6=eval(myfunc6);
    n7=eval(myfunc7);
    n8=eval(myfunc8);

m(k,l)=758299.1778*n1+763469.5075*n2+776515.0562*n3+764134.6442*
n4+783130.9498*n5+766236.4763*n6+772249.3126*n7+785835.8392*n8;

```

```
n(k,l)=2999758.049*n1+2996512.182*n2+2988876.412*n3+3006968.132*n4+2995909.125*n5+3009735.101*n6+3006249.784*n7+2998915.543*n8;
```

```
g(k,l)=-46.27210784*n1-49.47095107*n2-41.63513126*n3-44.79256914*n4-33.57804209*n5-54.78071996*n6-47.46978739*n7-40.63845436*n8;
```

```
end
end
```

مقدار اثر ناحیه ایی برای المان ۸ گرهی:

```
clear;
clc
delta_g=[];
g_i_j=[];
format long g
%***** input the
data*****
*****
x(1)= 744321.865843; %input('Enter your number x(1): ');
x(2)= 775826.322893; %input('Enter your number x(2): ');
x(3)=753452.091301 ;% input('Enter your number x(3): ');
x(4)= 788167.664922; %input('Enter your number x(4): ');
y(1)=3006933.34071 ;% input('Enter your number y(1): ');
y(2)= 2988548.19856 ;%input('Enter your number y(2): ');
y(3)=3012892.86814 ; %input('Enter your number y(3): ');
y(4)=2998038.74601 ;%input('Enter your number y(4): ');

%*****loading the EXCEL data from file and save it by
hand

load dat.dat
```

```

%***** cheking which points are in
rectangle*****
i=0;
j=0;
number=0;
for k = 1:579
    xx = dat(k,1);
    yy = dat(k,2);

    ya = (y(2) - y(1)) / (x(2) - x(1)) * xx + (y(1) * x(2) - y(2) * x(1)) / (x(2) -
x(1));
    yb = (y(4) - y(2)) / (x(4) - x(2)) * xx + (y(2) * x(4) - y(4) * x(2)) / (x(4) -
x(2));
    yc = (y(3) - y(4)) / (x(3) - x(4)) * xx + (y(4) * x(3) - y(3) * x(4)) / (x(3) -
x(4));
    yd = (y(1) - y(3)) / (x(1) - x(3)) * xx + (y(3) * x(1) - y(1) * x(3)) / (x(1) -
x(3));

    A=((x(2)-x(1))^2+(y(2)-y(1))^2)^.5;
    B=((y(4)-y(2))^2+(x(4)-x(2))^2)^.5;

    if ((ya <= yy) & ( yb <= yy) & (yc >= yy) & ( yd >= yy))
        number=number+1;
        f=dat(k,1);
        l=dat(k,2);
        i=2*(f-((748842.585255+782144.97163)/2))/A;
        j=2*(l-((3010158.93493+2993397.76401)/2))/B;

        myfunc1='1/4*(1-i)*(1-j)*(-1-i-j)';
        myfunc2='1/2*(1-i^2)*(1-j)';
        myfunc3='1/4*(1+i)*(1-j)*(-1+i-j)';
        myfunc4='1/2*(1-i)*(1-j^2)';
        myfunc5='1/2*(1+i)*(1-j^2)';
        myfunc6='1/4*(1-i)*(1+j)*(-1-i+j)';
        myfunc7='1/2*(1-i^2)*(1+j)';
        myfunc8='1/4*(1+i)*(1+j)*(-1+i+j)';
        n1=eval(myfunc1);

```

```

n2=eval(myfunc2);
n3=eval(myfunc3);
n4=eval(myfunc4);
n5=eval(myfunc5);
n6=eval(myfunc6);
n7=eval(myfunc7);
n8=eval(myfunc8);

m(number,1)=744321.865843*n1+761383.697209*n2+775826.322893*n3+
748842.585255*n4+782144.97163*n5+753452.091301*n6+770713.692592
*n7+788167.664922*n8;

n(number,1)=3006933.34071*n1+2996831.9417*n2+2988548.19856*n3+30
10158.93493*n4+2993397.76401*n5+3012892.86814*n6+3004810.25906*
n7+2998038.74601*n8;

g(number,1)=-50.889827921*n1-52.6486007859*n2-43.1187899483*n3-
44.679551934*n4-30.205815*n5-56.0930394371*n6-42.0121173908*n7-
42.7865456061*n8;

delta_g(number,1)=dat(k,4)-g(number,1);

% %    number=number+1;
      X(number)=dat(k,1);
      Y(number)=dat(k,2);
      G(number)=dat(k,4);
%     xi = 759518:10:787743.3;
%     yi = interp1(m,n,xi);

      end
end

```

مقدار اثر ناحیه ای برای المان ۴ نقطه ایی:

```
clear;
k=1;
l=1;
x=[];
y=[];
i=-1:.02:1;
for k=1:101
x=[x i'];
y=x';
end
for k=1:101
for l=1:101
i=x(k,l);
j=y(k,l);
myfunc1='1/4*(1-i)*(1-j)';
myfunc2='1/4*(1+i)*(1-j)';
myfunc3='1/4*(1-i)*(1+j)';
myfunc4='1/4*(1+j)*(1+i)';
n1=eval(myfunc1);
n2=eval(myfunc2);
n3=eval(myfunc3);
n4=eval(myfunc4);

m(k,l)=758299.1778*n1+776515.0562*n2+766236.4763*n3+785835.8392*
n4;

n(k,l)=2999758.049*n1+2988876.412*n2+3009735.101*n3+2998915.543*n
4;
g(k,l)=-46.27210784*n1-41.63513126*n2-54.78071996*n3-
40.63845436*n4;
end
end
```

```
more off
echo off
clear;
k=1;
l=1;
x=[];
y=[];
i=-1:.02:1;
for k=1:101
x=[x i'];
y=x';
end
for k=1:101
for l=1:101
i=x(k,l);
j=y(k,l);
myfunc1='1/32*(1-i)*(1-j)*(-10+9*(i^2+j^2))';
myfunc2='9/32*(1-i^2)*(1-j)*(1-3*i)';
myfunc3='9/32*(1-i^2)*(1-j)*(1+3*i)';
myfunc4='1/32*(1+i)*(1-j)*(-10+9*(i^2+j^2))';
myfunc5='9/32*(1-i)*(1-j^2)*(1-3*j)';
myfunc6='9/32*(1+i)*(1-j^2)*(1-3*j)';
myfunc7='9/32*(1-i)*(1-j^2)*(1+3*j)';
myfunc8='9/32*(1+i)*(1-j^2)*(1+3*j)';
myfunc9='1/32*(1-i)*(1+j)*(-10+9*(i^2+j^2))';
myfunc10='9/32*(1+j)*(1-i^2)*(1-3*i)';
myfunc11='9/32*(1-i^2)*(1+j)*(1+3*i)';
myfunc12='1/32*(1+i)*(1+j)*(-10+9*(i^2+j^2))';
n1=eval(myfunc1);
n2=eval(myfunc2);
n3=eval(myfunc3);
n4=eval(myfunc4);
n5=eval(myfunc5);
n6=eval(myfunc6);
n7=eval(myfunc7);
n8=eval(myfunc8);
```

```
n9=eval(myfunc9);  
n10=eval(myfunc10);  
n11=eval(myfunc11);  
n12=eval(myfunc12);
```

```
m(k,l)=758299.1778*n1+763469.5075*n2+769845.9518*n3+776515.0562*  
n4+761181.437*n5+779042.5759*n6+764134.6442*n7+783130.9498*n8+7  
66236.4763*n9+772249.3126*n10+779042.5759*n11+785835.8392*n12;
```

```
n(k,l)=2999758.049*n1+2996512.182*n2+2992725.337*n3+2988876.412*n  
4+3003420.736*n5+2991519.222*n6+3006968.132*n7+2995909.125*n8+3  
009735.101*n9+3006249.784*n10+3002525.018*n11+2998915.543*n12;
```

```
g(k,l)=-46.27210784*n1-49.47095107*n2-47.80391298*n3-  
41.63513126*n4-38.43573426*n5-31.23958912*n6-44.79256914*n7-  
33.57804209*n8-54.78071996*n9-47.46978739*n10-40.21253932*n11-  
40.63845436*n12;
```

```
end  
end
```