



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “M.Sc.”
مهندسی معدن - اکتشاف

عنوان:

تفکیک آنومالی های گرانی سنجی با استفاده از توابع ارتونرمال و مدل گذاری به روش توموگرافی

استاد راهنما:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان مطالب	شماره صفحه
-------------	------------

چکیده.....	۱
------------	---

فصل اول: مقدمه و کلیات

مقدمه.....	۴
------------	---

۱-۱- مفاهیم کلی.....	۷
----------------------	---

۱-۱-۱- شتاب در اثر جاذبه.....	۷
-------------------------------	---

۱-۱-۲- فرضیه عملکرد فئر دستگاه گرانی.....	۹
---	---

۱-۲- وسعت و موقعیت منطقه مورد مطالعه و مشخصات خطوط گرانی سنجی.....	۱۱
--	----

۱-۳- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.....	۱۳
--	----

۱-۳-۱- زون گرگان-رشت.....	۱۳
---------------------------	----

۱-۳-۲- زمین شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه.....	۱۴
---	----

۱-۳-۳- زمین شناسی کلی منطقه مورد.....	۱۵
---------------------------------------	----

۱-۴- بررسی مشخصات کلی سازندهای موجود در منطقه.....	۱۶
--	----

۱-۴-۱- سازند آپشرون.....	۱۶
--------------------------	----

۱-۴-۲- سازند آغچه گیل.....	۱۶
----------------------------	----

۱-۴-۳- رسوبات قاره ای پونسین.....	۱۷
-----------------------------------	----

۱-۴-۴- سازندهای میوسن در دامنه شمالی البرز.....	۱۸
---	----

فصل دوم: عملیات ژئوفیزیکی صحرائی

۱-۲- بازدید مقدماتی از منطقه.....	۲۶
-----------------------------------	----



۲۶.....	۲-۲- عملیات نقشه برداری.....
۳۱.....	۳-۲- عملیات ژئوفیزیکی (گرانی سنجی).....
۳۳.....	۲-۳-۱- کالیبره کردن دستگاه لاکوست لامبرگ.....
۴۰.....	۲-۳-۲- انتقال گرانی مطلق ایستگاه های اصلی به یک منطقه عملیاتی.....
۴۴.....	۲-۳-۳- قرائت و خطای بست ایستگاه های اصلی و سرشکن کردن آن ها.....
۴۵.....	۲-۳-۳-۱- سرشکنی خطا با استفاده از قوانین کیرشهف.....
۴۷.....	۲-۳-۳-۲- سرشکنی خطا با استفاده از روش وزنی.....
۵۴.....	۲-۳-۴- محاسبه گرانی مطلق ایستگاه ها.....
۵۴.....	۲-۳-۵- محاسبه دریافت.....
۵۸.....	۲-۳-۶- تخمین چگالی از نتایج صحرایی.....
۵۸.....	۲-۳-۶-۱- چگالی حاصل از اندازه گیری های زیر زمینی.....
۵۸.....	۲-۳-۶-۲- روش سه نقطه.....
۵۹.....	۲-۳-۶-۳- روش نتلتون.....
۷۴.....	۲-۳-۶-۴- روش یونگ.....
۷۴.....	۲-۳-۶-۵- روش پاراسینس.....

فصل سوم: پردازش اطلاعات خام گرانی سنجی

۷۷.....	۳-۱- پردازش های نقشه برداری.....
۷۸.....	۳-۲- پردازش اطلاعات خام گرانی سنجی.....
۸۰.....	۳-۲-۱- تصحیح عرض جغرافیایی یا نرمال.....
۸۲.....	۳-۲-۲- تصحیح ارتفاعی.....



۸۲.....	۱-۲-۲-۳- تصحیح هوای آزاد.....
۸۳.....	۲-۲-۲-۳- تصحیح بوگه.....
۸۴.....	۳-۲-۳- تصحیح توپوگرافی.....
۸۶.....	۱-۳-۲-۳- تصحیح توپوگرافی نزدیک.....
۸۷.....	۲-۳-۲-۳- تصحیح توپوگرافی متوسط.....
۸۸.....	۴-۲-۳- تصحیح ایزوستازی.....
۸۸.....	۵-۲-۳- تصحیح جز و مد.....
۸۸.....	۳-۳- انواع آنومالی های گرانی سنجی.....
۸۹.....	۱-۳-۳- آنومالی هوای آزاد.....
۸۹.....	۲-۳-۳- آنومالی بوگه ساده.....
۸۹.....	۳-۳-۳- آنومالی بوگه.....
۹۰.....	۴-۳-۳- آنومالی ایزوستازی.....

فصل چهارم: تعبیر و تفسیر اطلاعات گرانی سنجی

۹۲.....	۱-۴- تعبیر و تفسیر کمی.....
۹۴.....	۱-۱-۴- تفکیک آنومالی ها.....
۹۵.....	۱-۱-۱-۴- روش گریفین.....
۹۷.....	۲-۱-۱-۴- روش مشتق دوم.....
۹۹.....	۳-۱-۱-۴- روش گسترش به طرف بالا.....
۱۰۱.....	۴-۱-۱-۴- روش گسترش به طرف پایین.....
۱۰۲.....	۵-۱-۱-۴- روش گرادیان افقی.....



۱۰۷.....	۴-۱-۱-۶- روش روند سطحی.....
۱۲۷.....	۴-۲- تحلیل های روند-زمان یا فیلتره کردن.....
۱۲۷.....	۴-۲-۱- روش های فیلتره کردن.....
۱۳۰.....	۴-۳- تعبیر و تفسیر کیفی.....

فصل پنجم: مدل گذاری داده های گرانی سنجی

۱۳۴.....	۵-۱- مدل گذاری مستقیم.....
۱۳۵.....	۵-۲- مدل گذاری غیر مستقیم.....
۱۳۶.....	۵-۳- سیستم های محاسباتی دو بعدی.....
۱۳۷.....	۵-۳-۱- مدل گذاری معکوس دو بعدی (مدل ورقه ای).....
۱۴۸.....	۵-۳-۲- مدل گذاری مستقیم دو بعدی (مدل پلیگون).....
۱۵۵.....	۵-۴- سیستم های محاسباتی سه بعدی.....
۱۵۶.....	۵-۴-۱- مدل گذاری معکوس سه بعدی (مدل منشوری).....
۱۵۸.....	۵-۵- مدل گذاری داده ها به روش توموگرافی.....
۱۵۹.....	۵-۵-۱- روش توموگرافی.....
۱۶۰.....	۵-۵-۲- مفاهیم اولیه ریاضی در توموگرافی.....
۱۶۳.....	۵-۵-۳- تبدیل رادون.....
۱۶۴.....	۵-۵-۴- مسئله یکتایی پاسخ ها در توموگرافی.....
۱۶۵.....	۵-۵-۵- روش تفاضل متناهی.....
۱۶۸.....	۵-۵-۶- معادله آیکونال.....
۱۷۱.....	۵-۵-۷- مدل گذاری داده های منطقه نکا با استفاده از نرم افزار مطلب.....



فصل ششم: نتایج و پیشنهادات

نتیجه گیری..... ۱۷۹

منابع و مأخذ..... ۱۸۱



عنوان مطالب	شماره صفحه
(کالیبراسیون)..... $C_{24} \rightarrow C_{23}$ ۳۴ جدول (۱-۲) اطلاعات برنامه قرائتی	
جدول (۱-۳) اطلاعات برنامه قرائتی $C_{24} \rightarrow C_{22}$ (کالیبراسیون)..... ۳۵	
جدول (۲-۳) اطلاعات برنامه قرائتی $C_{23} \rightarrow C_{22}$ (کالیبراسیون)..... ۳۵	
جدول (۴-۲) ضرائب کالیبراسیون جدید دستگاه به همراه مقادیر میلی گال مربوطه..... ۴۰	
جدول (۵-۲) سرشکنی خطاها به روش وزنی..... ۴۹	
جدول (۶-۲) سرشکنی خطاها به روش وزنی..... ۵۰	
جدول (۷-۲) سرشکنی خطاها به روش وزنی..... ۵۱	
جدول (۸-۲) اعداد قرائت شده در یک روز با انجام تصیحات (جذر و مد) TIDE و (رانش) DRIFT توسط برنامه کامپیوتری..... ۵۷	
جدول (۹-۲) انجام محاسبات مربوط به روش پروفیل نتلتون با Dهای مختلف به ترتیب از چپ به راست: شماره ایستگاه، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع، گرانی قرائت شده، گرانی محاسبه شده و چگالی های مختلف از ۱.۹-۲.۷..... ۶۰	
جدول (۱۰-۲) آنومالی بوگه پروفیل نتلتون..... ۶۲	
جدول (۱۱-۲) آنومالی بوگه پروفیل نتلتون..... ۶۴	
جدول (۱۲-۲) آنومالی بوگه پروفیل نتلتون..... ۶۵	
جدول (۱۳-۲) آنومالی بوگه پروفیل نتلتون..... ۶۸	
جدول (۱۴-۲) آنومالی بوگه پروفیل نتلتون..... ۷۰	
جدول (۱۵-۲) آنومالی بوگه پروفیل نتلتون..... ۷۲	
جدول (۱-۳) نمونه ای از اطلاعات نقشه برداری..... ۷۸	



جدول (۱-۴) تجزیه واریانس (تست F).....	۱۱۴
جدول (۱-۵) اطلاعات مدل گذاری یک پروفیل فرضی.....	۱۴۴
جدول (۲-۵) اطلاعات مدل گذاری یک پروفیل فرضی.....	۱۴۶
جدول (۳-۵) اطلاعات مدل گذاری مستقیم یک پروفیل فرضی.....	۱۵۱
جدول (۴-۵) اطلاعات مدل گذاری مستقیم یک پروفیل فرضی.....	۱۵۳



فهرست اشکال

عنوان مطالب	شماره صفحه
شکل (۱-۱) مقطع عرضی یک چین خوردگی به همراه فنر گرانی سنج فرضی که وزنه‌ای یکسان به آن آویزان است.....	۱۰
شکل (۲-۱) پروفیل گرانی در یک ساختار فرضی چهار لایه ای با دانسیته های مختلف.....	۱۱
شکل (۳-۱) میدان های نفت و گاز، مناطق دارای پتانسیل و محدوده مورد مطالعه.....	۱۲
شکل (۱-۲) تصویری از دستگاه گرانی سنج $CG3$ و $CG5$ و نمونه ای از اطلاعات ثبت شده توسط آن.....	۳۲
شکل (۲-۲) گراف همزمان کردن برنامه قرائتی $C_{22} \rightarrow C_{23}$ (کالیبراسیون).....	۳۷
شکل (۳-۲) مثلث بندی ایستگاه های موسسه ژئوفیزیک جهت تعیین ضرائب کالیبراسیون جدید دستگاه.....	۳۸
شکل (۴-۲) گراف هم زمان کردن برنامه قرائتی منطقه $N \leftarrow C-26$ (انتقال بیس).....	۴۲
شکل (۵-۲) گراف هم زمان کردن برنامه قرائتی منطقه $BG-5N$ و روش خطی انتقال مبدا از $C-26$ به $BG-5$	۴۳
شکل (۶-۲) پلیگون های سرشکنی خطا به روش کیرشهف.....	۴۵
شکل (۷-۲) پلیگون های سرشکنی خطا به روش وزنی.....	۵۲
شکل (۸-۲) مقادیر تعدیل شده شتاب جاذبه نسبی و شتاب جاذبه مطلق ایستگاه های مبناء منطقه عملیاتی.....	۵۳
شکل (۹-۲) نحوه تعیین اختلاف جاذبه بین ایستگاه موسسه ژئوفیزیک (C) و ایستگاه اصلی (B.G) جهت انتقال گرانی به منطقه عملیاتی.....	۵۶
شکل (۱۰-۲) پروفیل نلتون جدول (۱۰-۲).....	۶۳



- شکل (۱۱-۲) پروفیل نلتون جدول (۱۱-۲)..... ۶۵
- شکل (۱۲-۲) پروفیل نلتون جدول (۱۲-۲)..... ۶۷
- شکل (۱۳-۲) پروفیل نلتون جدول (۱۳-۲)..... ۶۹
- شکل (۱۴-۲) پروفیل نلتون جدول (۱۴-۲)..... ۷۱
- شکل (۱۵-۲) پروفیل نلتون جدول (۱۵-۲)..... ۷۳
- شکل (۱۶-۲) تعیین چگالی با روش پاراسنیس..... ۷۵
- شکل (۱-۳) عوامل موثر در مقدار گرانی هر نقطه از سطح زمین..... ۸۰
- شکل (۲-۳) اثر کرویت و دوران زمین..... ۸۱
- شکل (۳-۳) مقدار شتاب جاذبه نقاط بالا و پائین سطح ژئوئید..... ۸۲
- شکل (۴-۳) تصحیح هوای آزاد در ایستگاه هایی که به ارتفاع h بالای سطح مبناء واقع شده است..... ۸۳
- شکل (۵-۳) تصحیح بوگه..... ۸۴
- شکل (۶-۳) انحراف وزنه متصل به فنر دستگاه از امتداد قائم بر اثر حضور تپه یا دره در نتیجه کاهش مقدار اندازه گیری شده (تصحیح توپوگرافی)..... ۸۵
- شکل (۷-۳) آباک مربوط به تصحیح توپوگرافی نزدیک..... ۸۶
- شکل (۸-۳) آباک مربوط به تصحیح توپوگرافی متوسط که به ترتیب H, G, F, E حلقه ها متوالی در اطراف ایستگاه مورد نظر می باشد..... ۸۷
- شکل (۹-۳) آباک مربوط به تصحیح توپوگرافی دور و از حرف الفبای L, K, J, I بترتیب قطاع های مربوط به توپوگرافی دور می باشند..... ۸۷
- شکل (۱۰-۳) شمای ساده ای از انواع تصحیحات و آنومالی های حاصل از آن ها..... ۹۰
- شکل (۱-۴) هموار کردن منحنی میزان گرانی..... ۹۲
- شکل (۲-۴) تفکیک آنومالی های بوگه..... ۹۳



- شکل (۳-۴) تفکیک آنومالی های باقیمانده و ناحیه ای از آنومالی بوگه..... ۹۵
- شکل (۴-۴) جداسازی تحلیلی گرانی باقیمانده و ناحیه ای روش گریفین..... ۹۶
- شکل (۵-۴) بدست آوردن گرانی باقی مانده و ناحیه ای با روش مشتق دوم..... ۹۷
- شکل (۶-۴) تصویر به دست آوردن گرانی باقی مانده و ناحیه ای به روش گسترش به طرف بالا و پائین..... ۱۰۱
- شکل (۷-۴) تصویری از مفهوم گرادیان افقی و مؤلفه های آن..... ۱۰۴
- شکل (۸-۴) مقایسه گرادیان افقی و مقدار گرانی..... ۱۰۵
- شکل (۹-۴) تحلیل روند سطحی..... ۱۰۹
- شکل (۱۰-۴) نمونه ای از تحلیل های روند- زمان یا فیلتره کردن..... ۱۲۹
- شکل (۱-۵) مخروط منابع و دو نمونه تفسیر ممکن برای یک مدل..... ۱۳۵
- شکل (۲-۵) مدل گذاری دو بعدی..... ۱۳۷
- شکل (۳-۵) آنومالی گرانی سنجی و پارامترهای مدل ورقه ای..... ۱۳۹
- شکل (۴-۵) نمونه ای از یک مدل دو بعدی فرضی..... ۱۴۵
- شکل (۵-۵) نمونه ای از یک مدل دو بعدی فرضی..... ۱۴۷
- شکل (۶-۵) منشور نامحدود عمود بر امتداد صفحه..... ۱۴۹
- شکل (۷-۵) مقطع عرضی از مدل گذاری مستقیم یک پروفیل فرضی..... ۱۵۰
- شکل (۸-۵) مدل ایجاد شده از داده های جدول (۳-۵)..... ۱۵۲
- شکل (۹-۵) مدل ایجاد شده از داده های جدول (۴-۵)..... ۱۵۴
- شکل (۱۰-۵) تصحیحات انتهایی $F = (y/\rho)$ برای کاهش محاسبات انجام شده با روش های دو بعدی به همراه مقادیرشان برای توده با طول محدود..... ۱۵۵
- شکل (۱۱-۵) مدل پروفیل A-A..... ۱۷۲



۱۷۳.....	شکل (۵-۱۲) مدل پروفیل B-B
۱۷۴.....	شکل (۵-۱۳) مدل پروفیل C-C
۱۷۵.....	شکل (۵-۱۴) مدل پروفیل D-D
۱۷۶.....	شکل (۵-۱۵) مدل پروفیل E-E
۱۷۷.....	شکل (۵-۱۶) مدل پروفیل F-F



فهرست نقشه ها

عنوان مطالب	شماره صفحه
نقشه (۱-۱) گسترش نهشته های الیگوسن و میوسن در شمال و مرکز ایران.....	۲۲
نقشه (۲-۱) گسترش نهشته های پلیوسن در شمال و مرکز ایران.....	۲۳
نقشه (۱-۲) موقعیت نقاط برداشت شده گرانی سنجی.....	۲۷
نقشه (۲-۲) موقعیت سه بعدی نقاط برداشت شده گرانی سنجی.....	۲۸
نقشه (۳-۲) توپوگرافی منطقه مورد مطالعه.....	۲۹
نقشه (۴-۲) نقشه توپوگرافی سه بعد منطقه مورد مطالعه.....	۳۰
نقشه (۱-۴) آنومالی بوگه مربوط به منطقه عملیاتی.....	۱۱۷
نقشه (۲-۴) آنومالی بوگه در حالت دو بعدی و سه بعدی.....	۱۱۸
نقشه (۳-۴) آنومالی درجه چهار ناحیه ای گرانی سنجی.....	۱۱۹
نقشه (۴-۴) آنومالی درجه چهار ناحیه ای گرانی سنجی در حالت دو بعدی و سه بعدی.....	۱۲۰
نقشه (۵-۴) آنومالی درجه چهار باقیمانده گرانی سنجی.....	۱۲۱
نقشه (۶-۴) آنومالی درجه چهار باقیمانده گرانی سنجی در حالت دو بعدی و سه بعدی.....	۱۲۲
نقشه (۷-۴) آنومالی درجه پنجم باقیمانده گرانی سنجی.....	۱۲۳
نقشه (۸-۴) آنومالی درجه پنجم باقیمانده گرانی سنجی در حالت دو بعدی و سه بعدی.....	۱۲۴
نقشه (۹-۴) آنومالی درجه ششم باقیمانده گرانی سنجی.....	۱۲۵
نقشه (۱۰-۴) آنومالی درجه ششم باقیمانده گرانی سنجی در حالت دو بعدی و سه بعدی.....	۱۲۶



نقشه (۴-۱۱) منحنی هم عمق لایه های رسوبی با توجه به تعبیر و تفسیر داده های گرانی سنجی

منطقه..... ۱۳۱

چکیده

روش گرانی سنجی یکی از روش های اکتشاف ژئوفیزیکی است که در مراحل اولیه اکتشاف تا مراحل تکمیلی به کار برده می شود تا بتوان از منطقه مورد نظر یک تصویر کلی ساختاری بدست آورد. مراحل بعدی اکتشاف را می توان بر اساس دانسته های زمین شناسی ساختاری و برداشت های ساختمانی با تلفیق داده های قبلی و یا تکمیل آن ها توسط داده های گرانشی بر پایه این اطلاعات طراحی نمود. به طور کلی در این مطالعه هدف این بوده است که بتوان اطلاعات ساختاری زمین شناسی را بصورت دانستنی های زمین شناسی سطح الارضی تفسیر نموده و اطلاعاتی را در ارتباط با آن ها بدست آورد تا در مراحل بعدی اکتشاف از آن ها استفاده شود.

مطالعات انجام شده در این پایان نامه مربوط به منطقه نکا واقع در استان مازندران است که منطقه ای کوهپایه در شمال کشور بین طول های جغرافیایی $52^{\circ}48'19''$ و $53^{\circ}29'23''$ و عرض های جغرافیایی $36^{\circ}10'20''$ و $36^{\circ}39'36''$ می باشد که مساحتی بالغ بر 2384.2 Km^2 را در بر می گیرد. در این منطقه در مرحله اولیه به منظور تفسیر پتانسیل های احتمالی وجود مواد آلی و هیدروکربنی مطالعات زمین شناسی انجام شد و به دلیل وجود سازندهای حاوی مواد آلی و کربن دار مربوط به دوران دوم و سوم زمین شناسی که احتمالاً دارای پتانسیل هیدروکربنی می باشند و وجود لایه های دارای پتانسیل نفتی در مناطق همجوار تصمیم به انجام روش گرانی سنجی در منطقه شد.

عملیات ژئوفیزیک صحرایی به روش گرانی سنجی در منطقه، شامل انتقال گرانی مطلق از ایستگاه های اصلی به ایستگاه مبنا (BASE) و قرائت نقاط مشخص و پیاده شده توسط گروه نقشه برداری و اندازه گیری مقدار گرانش در هر نقطه و در نهایت پیاده کردن پروفیل "نتلتون" جهت تعیین وزن مخصوص سنگ های سطحی منطقه می شود.



پردازش اطلاعات گرانشی شامل تصحیح عرض جغرافیایی، ارتفاعی، بوگه و ... است که بر روی داده های خام منطقه انجام گرفته است.

تعبیر و تفسیر اطلاعات و دانسته های برداشت شده شامل دو بخش تعبیر و تفسیر کمی و کیفی می باشد. تعبیر و تفسیر کمی شامل تفکیک داده های "ناحیه ای" از "باقیمانده" است که از دیر باز از روش های مختلفی همچون روش گریفین، مشتق دوم و روش گسترش به سمت بالا و پائین جهت جدا نمودن آنومالی های گرانی متاثر از ساختار های عمیق و سطحی استفاده می شود. اما تمام این روش ها دارای تقریب های بسیاری می باشند که معمولاً نتایج دقیقی را به همراه ندارند. اما در این پایان نامه سعی شده است با استفاده از معادلات با درجات بالا، بهترین برازش ممکنه به آنومالی بوگه و تفکیک تاثیرات سطحی و عمقی از یکدیگر حاصل شود. برای مدل سازی اطلاعات این منطقه از روش معکوس^۱ و توموگرافی استفاده شده است که منجر به تفسیر و احتمالاً تشخیص ساختارهایی است که می توانند مواد هیدروکربنی را به تله انداخته و یا سبب تجمع افزایش غلظت مواد معدنی شوند.

^۱ - Gravitational Inversion