



وزارت صنعت، معدن و تجارت
سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور
Ministry of Industry, Mine and Trade
Geological Survey of Iran

معاونت اکتشاف

مدیریت اکتشافات ناحیه ای

گروه ژئوفیزیک

مطالعات ژئوالکتریک و مغناطیس سنجی برای تدقیق شاخه های مدفون گسل های

شهر تبریز (استان آذربایجان شرقی)

توسط:

مهدی محمدی ویژه

حسین ایرانشاهی

سال چاپ

۱۴۰۱



معاونت اکتشاف

مدیریت اکتشافات ناحیه ای

گروه ژئوفیزیک

مطالعات ژئوالکتریک و مغناطیس سنجی برای تدقیق شاخه‌های مدفون گسل‌های

شهر تبریز (استان آذربایجان شرقی)

توسط:

مهدی محمدی ویژه

حسین ایرانشاهی

سال تهیه:

۱۴۰۱

ژئوفیزیک



بناام خدا

این گزارش مورد تأیید داوران شورای ارزیابی قرار گرفته و طبق کد شماره
۱۴۰۲/۲۴ گ ۲۵۹۷-۴۱۱-۹۶ از این شورا مجوز انتشار دریافت کرده است.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

ژئوفیزیک



فهرست مطالب

فصل اول

کلیات

- ۱-۱- مقدمه ۷
- ۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده‌های مورد مطالعه ۸
- ۱-۳- مختصری از زمین شناسی ساختمانی شهر تبریز ۱۱
- ۱-۴- گسل‌های فعال در منطقه آذربایجان ۱۴

فصل دوم

روشهای ژئوفیزیکی

- ۲-۱- مقاومت ویژه الکتریکی ۱۶
- ۲-۱-۱- مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی ۱۸
- ۲-۱-۲- روشهای اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه ۲۰
- ۲-۱-۳- آرایش‌های الکترودی مورد استفاده ۲۱
- ۲-۲- روش مغناطیس‌سنجی ۲۲
- ۲-۲-۱- روش‌های تحلیل و تفسیر داده‌های میدان مغناطیسی ۲۵

فصل سوم

اندازه‌گیری داده‌ها و تجهیزات مورد استفاده

- ۳-۱- برداشت داده‌ها ۲۹
- ۳-۲- تجهیزات ۳۶
- ۳-۳- نحوه پردازش، مدل‌سازی و نمایش داده‌ها ۳۹

ژئوفیزیک



فصل چهارم

بررسی نتایج

- ۴-۱-۱-۲-۴۲..... پروفیل‌های شماره ۱ و ۲
- ۴-۱-۱-۴۲..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۱-۲-۴۵..... مطالعات مقاومت ویژه
- ۴-۲-۴۹..... پروفیل‌های ۳ و ۴
- ۴-۲-۱-۴۹..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۲-۲-۵۳..... مطالعات مقاومت ویژه
- ۴-۳-۵۷..... پروفیل شماره ۵
- ۴-۳-۱-۵۷..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۳-۲-۶۰..... مطالعات مقاومت ویژه
- ۴-۴-۶۲..... پروفیل شماره ۶
- ۴-۴-۱-۶۲..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۴-۲-۶۵..... مطالعات مقاومت ویژه
- ۴-۵-۶۷..... پروفیل‌های شماره ۷ و ۸
- ۴-۵-۱-۶۷..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۵-۲-۷۱..... مطالعات مقاومت ویژه پروفیل های ۷ و ۸
- ۴-۶-۷۵..... پروفیل شماره ۹
- ۴-۶-۱-۷۵..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۶-۲-۷۹..... مطالعات مقاومت ویژه
- ۴-۷-۸۱..... پروفیل شماره ۱۰
- ۴-۷-۱-۸۱..... مطالعات مغناطیس سنجی
- ۴-۷-۲-۸۴..... مطالعات مقاومت ویژه

ژئوفیزیک



- ۸-۴- پروفیل‌های شماره ۱۱ و ۱۲ ۸۶
- ۴-۸-۱- مطالعات مغناطیس سنجی ۸۶
- ۴-۸-۲- مطالعات مقاومت ویژه ۸۹
- ۴-۹- پروفیل‌های شماره ۱۳ و ۱۴ ۹۳
- ۴-۹-۱- مطالعات مغناطیس سنجی ۹۳
- ۴-۹-۲- مطالعات مقاومت ویژه ۹۷
- ۴-۱۰- پروفیل شماره ۱۵ ۱۰۱
- ۴-۱۰-۱- مطالعات مغناطیس سنجی ۱۰۱
- ۴-۱۰-۲- مطالعات مقاومت ویژه ۱۰۳
- ۴-۱۱- مطالعات مقاومت ویژه پروفیل ۱۶ ۱۰۵
- ۴-۱۲- پروفیل شماره ۱۷ ۱۰۷
- ۴-۱۲-۱- مطالعات مغناطیس سنجی ۱۰۷
- ۴-۱۲-۲- مطالعات مقاومت ویژه ۱۱۱
- ۴-۱۳- پروفیل‌های شماره ۱۸ و ۱۹ ۱۱۳
- ۴-۱۳-۱- مطالعات مغناطیس سنجی ۱۱۳
- ۴-۱۳-۲- مطالعات مقاومت ویژه ۱۱۷

فصل پنجم

- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۱
- سپاسگزاری ۱۲۴
- پیوست الف ۱۲۴



فصل اول

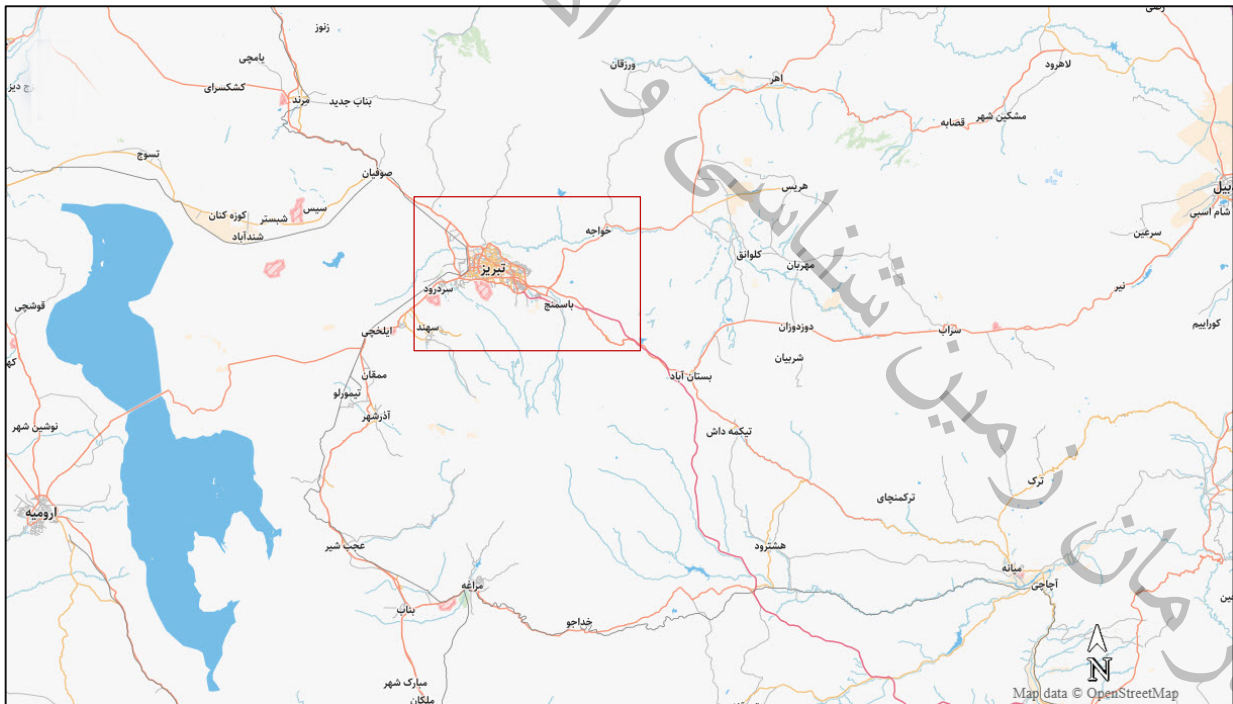
کلیات

۱-۱- مقدمه

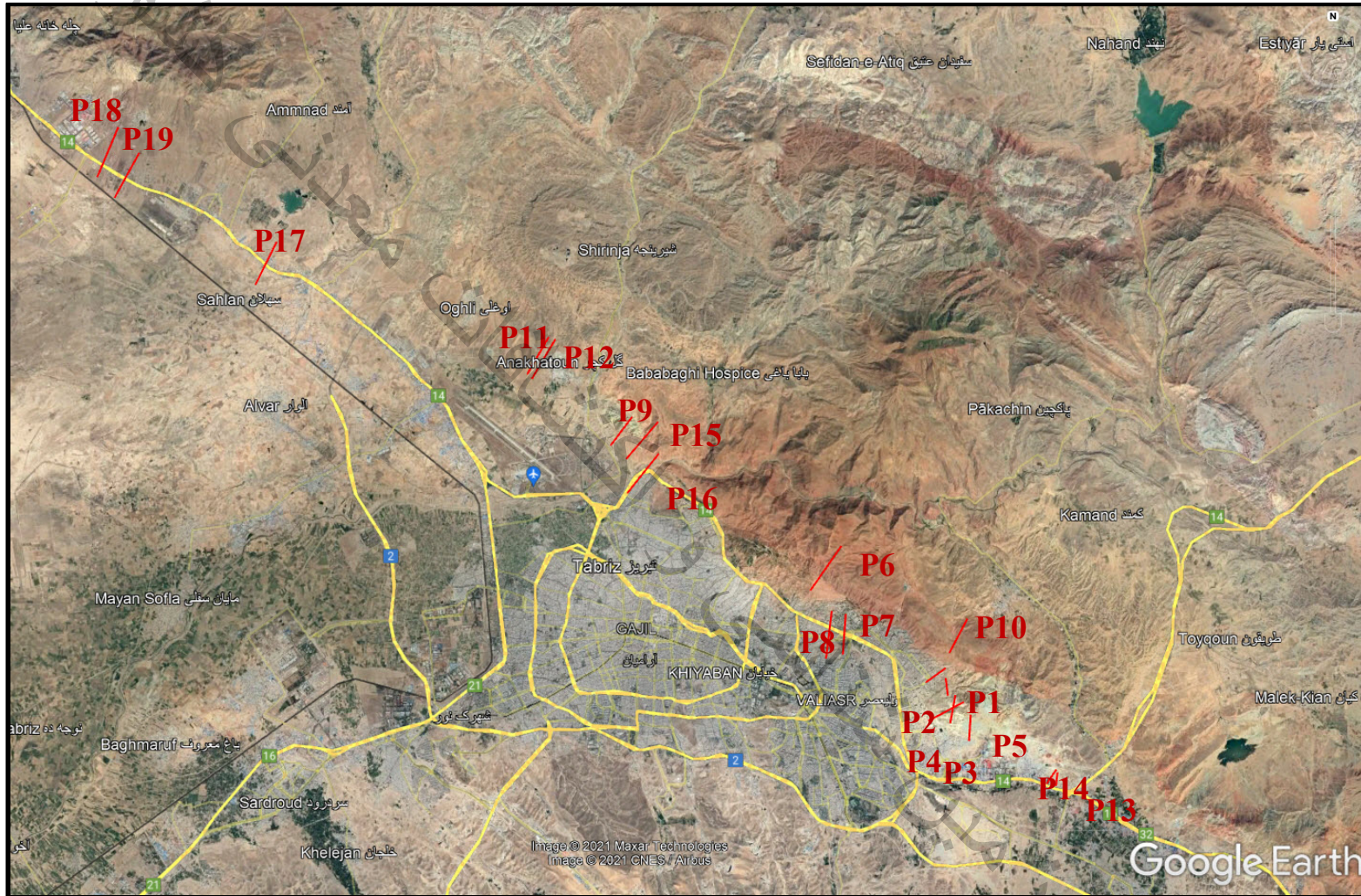
به درخواست مدیریت محترم مرکز شمال غرب سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مطالعات ژئوفیزیک جهت تدقیق شاخه های گسل های مدفون در محدوده شهرستان تبریز صورت پذیرفت. بدین منظور اکیپ ژئوفیزیک سازمان در دو ماموریت ۲۰ و ۱۵ روزه و طی احکام جداگانه ای به شماره های ۳۱۶ و ۸۱۲ به ترتیب در تاریخ های ۹۹/۰۴/۱۱ و ۹۹/۰۷/۰۲ در منطقه حضور یافت. سرپرست گروه در ماموریت های فوق به ترتیب دکتر مهدی محمدی ویژه و مهندس حسین ایرانشاهی بوده و مهندس عباس باقری (کارشناس همراه) و آقای مرتضی صادقیانی (تکنسین) با گروه همکاری داشته اند. در این مطالعه از روش های مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه الکتریکی برای بررسی های زیرسطحی استفاده شده است. در نهایت تعداد ۲۴۴۰ داده با روش مغناطیس سنجی و ۱۷۸۸۴ داده با روش مقاومت ویژه الکتریکی در ۱۹ پروفیل برداشت شد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی محدوده‌های مورد مطالعه

تبریز یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی است که در مرکز این استان واقع شده است و نیز مرکز اداری و سیاسی استان است. تبریز از شمال به شهرستان ورزقان، از جنوب به شهرستان مراغه، از شرق به شهرستان هریس و استان آبد، از غرب به شهرستان اسکو و شمال غرب به شهرستان شبستر محدود می‌گردد. ارتفاع تقریبی این شهر از سطح دریا ۱۳۰۰ تا ۲۱۰۰ متر متغیر می‌باشد. محدوده‌های مورد مطالعه در شهر تبریز و حومه شهر واقع شده است که از آن جمله می‌توان به شهر تبریز، جاده مرند- تبریز (حدود ۱۵ کیلومتری شهرستان صوفیان)، روستای گل کچر و رضوانشهر اشاره نمود. شکل ۱-۱ راه‌های دسترسی در اطراف شهر تبریز و شکل‌های ۱-۲ و ۱-۳ به ترتیب موقعیت پروفیل‌های ژئوالکتریک و مغناطیس‌سنجی بر روی تصویر هوایی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

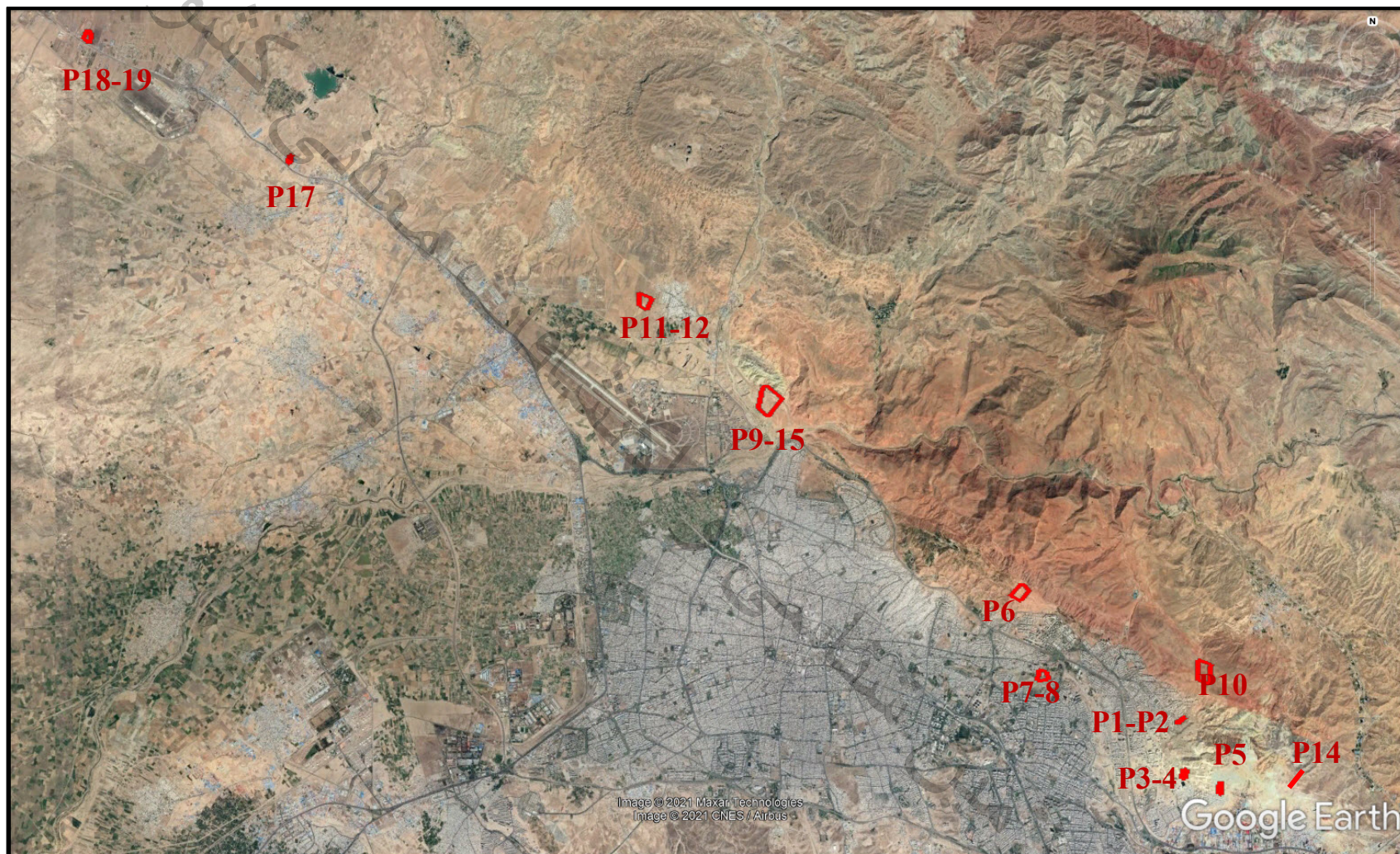


شکل ۱-۱: موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه (مستطیل قرمز رنگ) در نقشه راه



شکل ۱-۲: موقعیت کلی پروفیل های برداشت ژئوالکتریک (خطوط قرمز رنگ) بر روی تصویر ماهواره ای (بر گرفته از نرم افزار Google earth) از محدوده های مورد مطالعه

ژئوفیزیک



شکل ۱-۳: موقعیت کلی محدوده‌های برداشت مغناطیس سنجی (کادرها و پروفیل‌های قرمز رنگ) بر روی تصویر ماهواره ای (بر گرفته از نرم افزار Google earth) از محدوده های مورد مطالعه

ژئوفیزیک



۱-۳- مختصری از زمین شناسی ساختمانی شهر تبریز

هیچ زمین لرزه دستگاهی بزرگ طی دو بیست و سی سال گذشته در تبریز به ثبت نرسیده است. با این حال، نگاهی به زمین لرزه های تاریخی تبریز و آبادی های مجاور آن نشان می دهد که این گستره بارها رخدادهای ویرانگری را متحمل شده است (رجوع به ذکا (۱۳۶۸)، امبرسیز و ملویل (۱۹۸۲)، بربریان (۱۹۹۷)، بربریان و همکار (۱۹۹۹)).

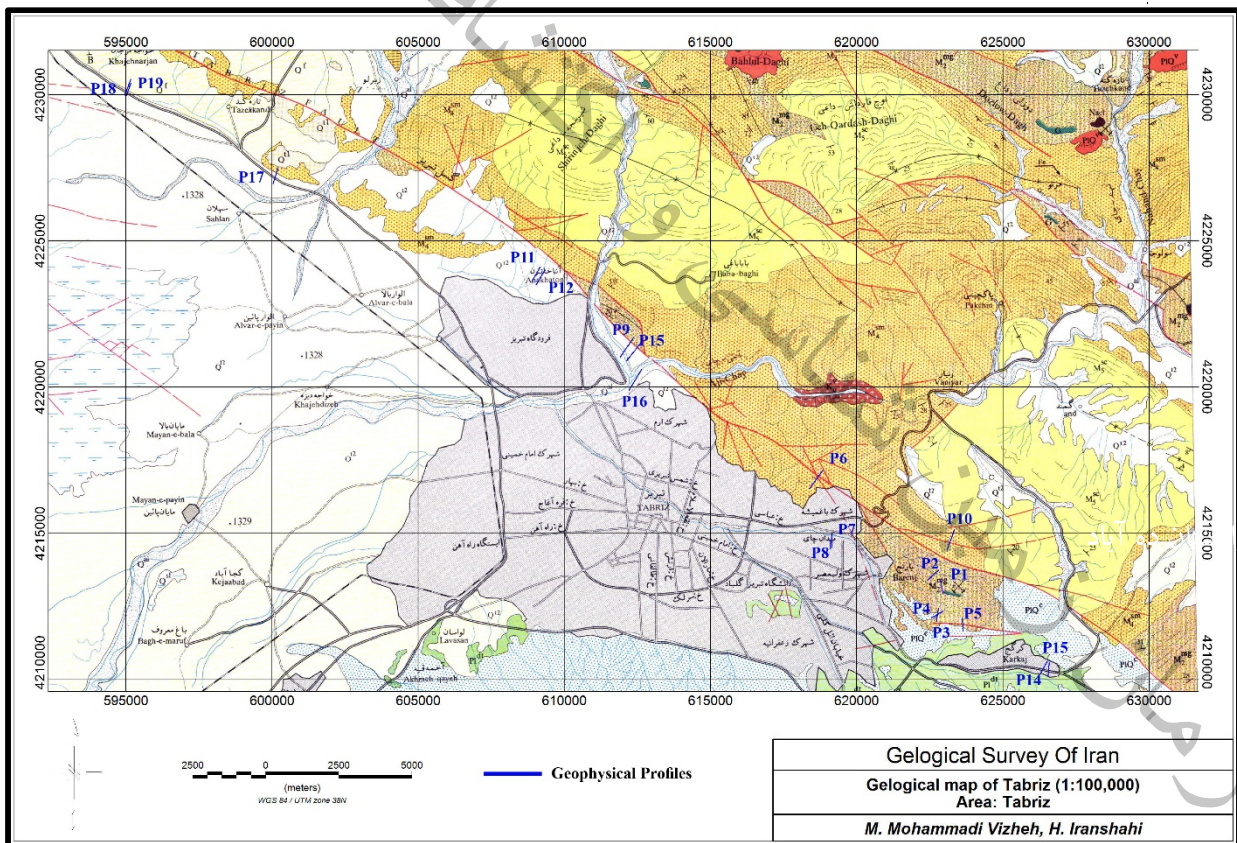
کهن ترین این زمین لرزه ها در سال ۸۵۸ میلادی با بزرگی ۶ ریشتر رخ داده است. افزون بر آن زمین لرزه سال ۱۰۴۲ میلادی با بزرگی ۷/۳ زمین لرزه ۱۲۷۳ تبریز با بزرگای ۶/۵ زمین لرزه سال ۱۳۰۴ میلادی با بزرگی ۶/۷ زمین لرزه سال ۱۹۴۱ میلادی منطقه آذرشهر با بزرگی ۶/۸، زمین لرزه سال ۱۷۱۷ میلادی تبریز با بزرگی ۵/۹، زمین لرزه سال ۱۷۲۱ میلادی ناحیه شبلی با بزرگی ۷/۳، زمین لرزه سال ۱۷۸۰ میلادی تبریز با بزرگی ۷/۴ و زمین لرزه سال ۱۷۸۶ میلادی مرند با بزرگی ۶/۳ بر روی این سامانه گسلی رخ داده اند.

امروزه گسترش شهر تبریز سبب شده است که گسیختگی های سطحی مربوط به جنبش های اخیر گسل شمال تبریز در بیشتر نقاط شمال تبریز در زیر محله های شمالی این شهر مدفون شوند. با این حال بر روی عکس های هوایی گرفته شده در سال ۱۳۴۵ (به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰)، سیماهای نوزمین ساختی و ریخت زمین ساختی بسیاری به گونه اسناد و مدارک با ارزش ثبت و ضبط شده است.

مخروط افکنه های برده شده، مخروط افکنه های برپا شده، گسیختگی راستگرد کانال های آبراهه ها، پشته های مسدود کننده، آبراهه های بی سر و خشک شده و ... شواهدی از دگرختی های جوان در دامنه ها و کوهپایه های عینالی هستند که نسل حاضر با ساختن سکونت گاه ها، تاسیسات و خطوط حیاتی شهر بر روی آنها سعی در فراموشی و کتمان تاریخ پرتکاپوی این سرزمین دارد. ساخت و سازهای بی رویه و توسعه شهر تبریز به سوی شمال و شمال خاوری (بر روی گسل)، اجرای طرح های عمرانی بزرگ مانند سد و نیار و شهرک سازی در حریم گسل و عبور

خطوط حیاتی شهر از جمله لوله کشی اصلی گاز و برج های انتقال نیرو، از موارد مخاطره آمیز شهر تبریز در ارتباط با لرزه خیزی آن می باشد (بر گرفته از گزارش اولیه مطالعات تدقیق گسل شمال تبریز، چایچی زاده، ۱۳۹۹).

عمده محدوده های مورد بررسی در این مطالعه بر روی نهشته های آبرفتی عصر حاضر و یا سنگ های هوازده رسوبی قرار گرفته اند. از جمله واحد های سنگی که در محدوده و یا در مجاورت آن مشاهده می شوند می توان به ماسه سنگ ها و مارن های قرمز، مارن های ماسه ای گچ دار، کنگلومرای قرمز، آهک های توده ای، لایه ای و تبلور یافته و در برخی نقاط حضور محدود تراکی آندزیت اشاره کرد. در شکل ۱-۴ موقعیت پروفیل های مقاومت ویژه بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ تبریز آورده شده است.



شکل ۱-۴: جانمایی پروفیل های ژئوالکتریک بر روی نقشه زمین شناسی (بر گرفته از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تبریز)



شکل ۱-۵: راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تبریز

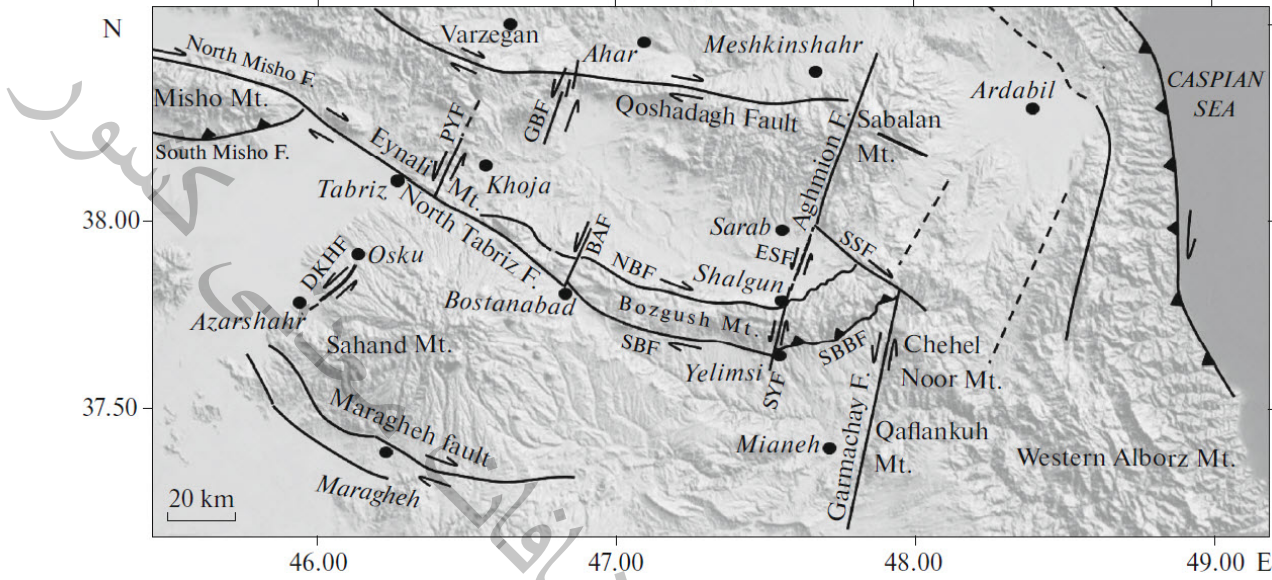
ژئوفیزیک



۱- ۴- گسل های فعال در منطقه آذربایجان

گسل تبریز یکی از ساختارهای خطی ایران است که با طول تقریبی ۱۰۰ کیلومتر از کوه های میشو (در غرب) تا بستان آباد (در شرق) قابل ردیابی است. بهترین اثر این گسل در شمال تبریز دیده می شود و به همین دلیل گسل شمال تبریز نام گذاری شده است. روند عمومی آن شمال ۱۱۵ درجه شرقی و شیب آن قائم است. از صوفیان به سمت غرب، این گسل پس از گذشتن از شهرستان خوی به سمت ماکو و سپس به کوه های آرارات در ترکیه می رسد. ادامه جنوب شرقی آن کوه های سلطانیه در جنوب شرقی زنجان است که ممکن است به گسل قم-زفره برسد. گسل شمال تبریز یکی از گسل های قدیمی ایران است که از فروافتادگی زنجان-ابهر، شمال تبریز و شمال غربی آذربایجان گذشته و تا قفقاز ادامه می یابد. در زمان دوونین پیشین، این گسل منطقه آذربایجان را به دو بلوک تقسیم می کند. بلوک شمال شرقی فروافتاده و بلوک جنوب غربی تا پایان کرینفر به صورت فرازمین بوده است. بنابراین ممکن است فعالیت این گسل از دوره دوونین آغاز شده باشد، هرچند که سن قدیمی تر آن محتمل است (برگرفته از *Faridi et al., 2017*). در شکل ۱-۶ موقعیت گسل شمال تبریز همراه با گسل های اصلی منطقه آذربایجان بر روی نقشه توپوگرافی رادار شاتل (SRTM) آورده شده است.

^۱. M. Faridi, J.-P. Burg, H. Nazari, M. Talebian, and M. Ghorashi, 2017, Active Faults Pattern and Interplay in the Azerbaijan Region (NW Iran), *Geotectonics*, 2017, Vol. 51, No. 4, pp. 428-437.



شکل ۱-۶: گسل شمال تبریز همراه با گسل های اصلی محدوده آذربایجان بر روی نقشه توپوگرافی رادار شاتل (Faridi et al., 2017)



فصل دوم

روشهای ژئوفیزیکی

در این فصل تئوری روشهای ژئوفیزیکی مورد استفاده در این مطالعه به اختصار آورده می شود.

۲-۱- مقاومت ویژه الکتریکی

در کاوشهای الکتریکی اثرهای سطحی حاصل از عبور جریان در داخل زمین آشکارسازی می شوند. در مقایسه با دیگر روشهای ژئوفیزیکی نظیر ثقل سنجی، مغناطیس و رادیواکتیویته که در آنها تنها یک میدان نیرو یا ویژگی بی‌هنجار مورد استفاده قرار می گیرد، روشهای الکتریکی از تنوع بیشتری نسبت به دیگر روشهای ژئوفیزیکی برخوردارند. هدف اصلی عمده روشهای الکتریکی، اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی زمین است. در این روشها، برای اینکه یک ویژگی زیرسطحی مشخص شود، باید مقاومت ویژه الکتریکی آن به طور بارزی متفاوت از محیط اطرافش باشد. بنابراین، استفاده از روشهای الکتریکی، به حالت‌هایی که یک تباین مقاومت ویژه وجود داشته باشد، محدود می شود. در این روشها، ویژگیهای زمین شناسی، آب‌های زیرزمینی و سایر خصوصیات موجود، به طور مستقیم اندازه گیری نمی شود. بلکه برای تفسیر مناسب داده‌های الکتریکی، نیاز به یک سری اطلاعات خارجی می باشد.

ژئوفیزیک

روش مقاومت ویژه الکتریکی که از جمله روش های شناخته شده ژئوالکتریک است، به طور مؤثری برای اکتشاف منابع آب زیرزمینی، بررسی انواع آلودگی های آب های زیرزمینی، آشکارسازی محل حفره های زیرسطحی، گسل ها و مناطق خردشده، در مسائل مهندسی و همچنین بقایای ساختارهای مدفون در بررسی های باستان شناسی و کاربردهای متنوع دیگر، مورد استفاده قرار می گیرند. هدف از برداشت های مقاومت ویژه، تعیین توزیع زیرزمینی مقاومت ویژه با استفاده از اندازه گیری های سطحی می باشد. از این اندازه گیری ها، مقاومت ویژه واقعی توده های زیرسطحی قابل تخمین است.

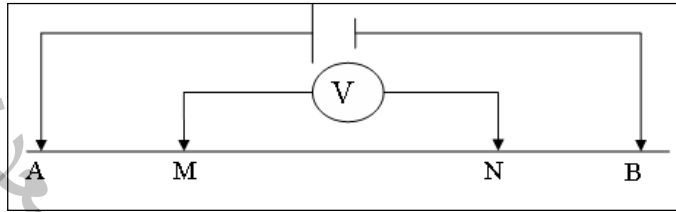
در اندازه گیری های مقاومت ویژه با تزریق جریان به درون زمین از طریق دو الکتروود جریان و اندازه گیری اختلاف ولتاژ حاصل میان دو الکتروود پتانسیل، مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی قابل تخمین است. در شکل ۲-۱ که یک آرایش چهار الکتروودی را نشان می دهد. الکتروودهای A و B الکتروودهای جریان و الکتروودهای M و N الکتروودهای پتانسیل می باشند. معادله (۱-۲) معادله اساسی برای محاسبه مقاومت ویژه ظاهری برای هر نوع آرایش الکتروودی است.

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right\} I} \Delta V \quad (1-2)$$

در این رابطه، I شدت جریان ارسالی (برحسب آمپر)، ΔV اختلاف پتانسیل قرائت شده (برحسب ولت) و ρ_a مقدار مقاومت ویژه ظاهری (برحسب اهم متر) می باشد. در صورتی که اگر زمین غیرهمگن باشد (که معمولاً چنین است) و فواصل الکتروودی تغییر کنند و یا فواصل ثابت بوده در حالی که مجموعه آرایش تغییر مکان یابد، مقاومت ویژه کلاً تغییر خواهد یافت. نتیجه این است که در هر اندازه گیری مقدار متفاوتی از مقاومت ویژه ظاهری

¹ Apparent resistivity

حاصل می شود. واضح است که بزرگی این مقدار با آرایش الکترودها ارتباط نزدیک دارد. اگر چه این مقاومت ویژه ظاهری تا حدودی مشخص کننده مقاومت ویژه واقعی منطقه ای در نزدیکی مجموعه الکترودها است، ولی قطعاً یک مقدار مطلق نخواهد بود.



شکل ۲-۱- آرایش چهار الکترودی

رابطه بین مقاومت ویژه حقیقی و ظاهری رابطه ای پیچیده است. برای تعیین مقاومت ویژه حقیقی ساختارهای زیرسطحی از روی مقادیر ظاهری آن، از روش های معکوس سازی توسط نرم افزارهای کامپیوتری استفاده می شود.

۲-۱-۱- مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی

برداشت های مقاومت ویژه، تصاویری از تغییرات مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی در اختیار قرار می دهند. برای تبدیل این تصاویر به تصاویر زمین شناسی، اطلاعاتی در خصوص مقادیر مقاومت ویژه انواع ساختارهای زیرسطحی و همچنین زمین شناسی محیط تحت بررسی حائز اهمیت است. مقاومت ویژه برخی از مواد، سنگ ها، کانی ها و محیط های معمول زمین شناسی در جدول ۲-۱ آورده شده است. دامنه تغییرات مقاومت ویژه در مقایسه با کمیت های فیزیکی که در دیگر روش های ژئوفیزیک محاسبه می شوند بسیار بیشتر است. مقاومت ویژه الکتریکی مواد مختلف از $10^{-8} \Omega m$ تا $10^{16} \Omega m$ برای گوگرد خالص متغیر است. سنگ های دگرگون و آذرین نوعاً دارای مقادیر با مقاومت ویژه بالا هستند. مقاومت ویژه این سنگ ها اساساً وابسته به درجه شکستگی و درصد پرشدگی آنها از آب های زیرسطحی است.

ژئوفیزیک

سنگ‌های رسوبی به علت تخلخل و به واسطه آن محتوی آب بیشتر، معمولاً دارای مقاومت ویژه پایین می‌باشند. خاک‌های مرطوب و آب‌های زیرزمینی شیرین، دارای مقاومت ویژه پایینی هستند. خاک‌های رسی از انواع ماسه‌ای آن دارای مقاومت ویژه پایین تری می‌باشند. مقدار مقاومت ویژه آب دریا که برابر مقدار پایین ۰/۲ اهم-متر است، ناشی از میزان بالای نمک‌های محلول آن است.

همان‌طور که در جدول ۱-۲ دیده می‌شود، مقاومت ویژه انواع سنگ‌ها و خاک‌ها دارای همپوشانی است. این مطلب از آنجا ناشی می‌شود که مقاومت ویژه نمونه‌های خاصی از خاک و سنگ وابسته به چندین عامل مختلف است. عوامل مؤثر در مقاومت ویژه الکتریکی آنها عبارت است از:

- حجم خلل و فرج موجود در سنگ و میزان شکستگی‌ها
 - وضع قرار گرفتن خلل و فرج سنگ و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر
 - حجمی از خلل و فرج سنگ که حاوی آب باشد
 - قابلیت هدایت الکتریکی آب موجود در سنگ
 - جنس کانی‌های تشکیل دهنده سنگ
- بنابراین مقدار مقاومت ویژه الکتریکی یک لایه بستگی به وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه دارد. به عبارت دیگر تفکیک لایه‌ها بر حسب جنس آنها از نظر زمین‌شناسی تنها با بدست آوردن مقاومت ویژه الکتریکی آنها میسر نمی‌باشد و مقاومت ویژه الکتریکی رسوبات، سازندها و واحدهای زمین‌شناسی موجود در هر منطقه باید به طور جداگانه تعیین شود.



جدول ۱-۲: مقاومت ویژه برخی از انواع آب، سنگ و رسوبات

مقاومت ویژه (اهم متر)	مواد معمول زمین شناسی
۵۰۰ - > ۱۰۰۰	آهک های آسماری
۲۰۰ - ۵۰۰	آهک های کرتاسه
۳۰۰ - ۱۰۰۰۰	ماسه سنگ کوارتزیت
۲۰ - ۱۰۰	خاکستر (برش) آتشفشانی
۱۰ - ۱۰۰	آب زیرزمینی
۰/۲	آب دریا
۵۰ - ۵۰۰۰	سنگ آهک
۲۰ - ۲۰۰۰	شیل
۱ - ۱۰۰	رس
۳۰۰ - ۱۰۰۰۰	آبرفت های دانه درشت و کنگلومرا
۱۰۰ - ۳۰۰	آبرفت های دانه متوسط
۵۰ - ۱۰۰	آبرفت های دانه ریز
۱۰۰۰ - ۱۰۰۰۰	شن و ماسه خشک
۵۰ - ۵۰۰	شن و ماسه اشباع از آب شیرین
۰/۵ - ۵	شن و ماسه اشباع از آب شور

۲-۱-۲- روش های اندازه گیری داده های مقاومت ویژه

داده های مقاومت ویژه به صورت یک بعدی، دو بعدی و همچنین سه بعدی اکتساب می شوند. یک عملیات یا برداشت ژئوالکتریک به یکی از دو روش سونداژزنی قائم الکتریکی (VES)^۱ و یا پروفیل زنی انجام می شود. در روش سونداژزنی، تغییرات عمقی یا قائم مقاومت ویژه مورد بررسی قرار می گیرد. اما در روش پروفیل زنی، تغییرات جانبی مقاومت ویژه مواد زیرسطحی در طول یک خط پروفیل بررسی می شود. در روش پروفیل زنی، آرایش مورد

^۱Vertical electric sounding

^۲Profiling

استفاده و پارامترهای آن، ثابت باقی می ماند و الکترودها در طول خط پروفیل جابه جا می شوند. در مواقعی که تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل مورد بررسی هم به صورت جانبی و هم به صورت عمقی وجود دارد، داده ها به صورت دو یا سه بعدی (تلفیقی از سونداژزنی و پروفیل زنی) برداشت می شوند.

۲-۱-۳- آرایش های الکترودی مورد استفاده

برای اندازه گیری های داده های مقاومت ویژه آرایش های الکترودی مختلفی پیشنهاد شده است. از مهم ترین آرایش هایی که در روش مقاومت ویژه بکار برده می شوند، می توان به آرایش های ونر، شلومبرگر، دوقطبی - دوقطبی، قطبی - دوقطبی و گرادیان اشاره کرد. پرکاربردترین این آرایش ها، آرایش ونر، شلومبرگر و دوقطبی - دوقطبی می باشند. آرایش ونر در پروفیل زنی، آرایش شلومبرگر در سونداژزنی و آرایش دوقطبی - دوقطبی در تهیه شبه مقاطع و برداشت های IP محبوبیت زیادی پیدا کرده اند.

همانطور که ذکر شد، در این مطالعه از آرایش دوقطبی - دوقطبی استفاده شده است. در این نوع آرایش هر چهار الکترودها A, B, M, N در امتداد یک پروفیل قرار داشته و عملاً فاصله الکترودهای فرستنده مساوی فاصله الکترودهای گیرنده و برابر مقدار ثابت a می باشد ($AB = MN = a$). در هر اندازه گیری الکترودهای AB ثابت بوده و الکترودهای MN در امتداد پروفیل حرکت می کنند. فاصله بین نزدیکترین الکترودهای جریان و پتانسیل برابر na می باشد ($n = 1, 2, 3, \dots$) و عمق هر اندازه گیری برابر $(n+1)a/2$ خواهد بود. عدد اندازه گیری شده به نقطه ای در

Wenner

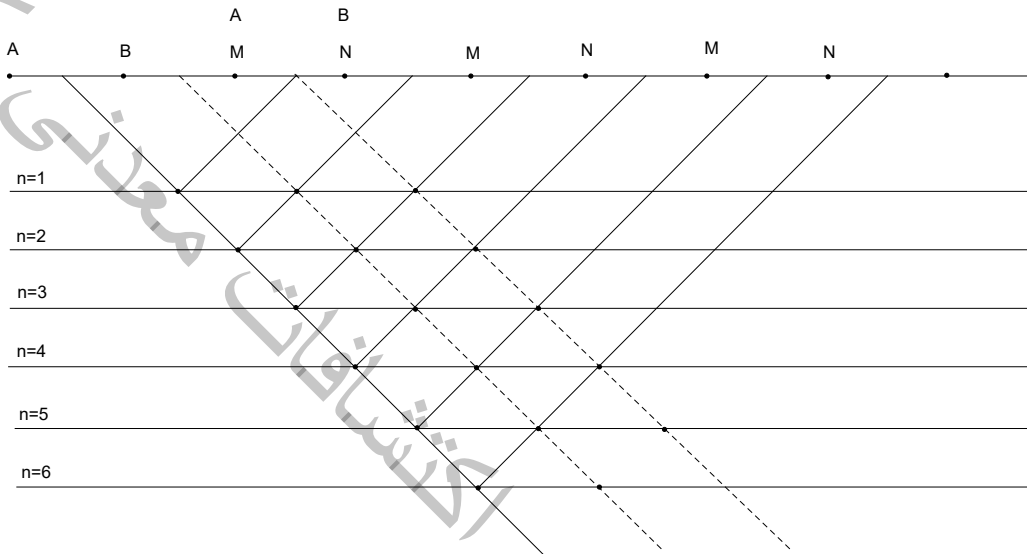
Schlumberger

Dipole-dipole

Pole-dipole

Gradient

محل تلاقی دو خط با زاویه ۴۵ درجه نسبت به سطح زمین که از وسط AB, MN رسم شده، نسبت داده می شود. به این ترتیب از مجموع نقاط اندازه گیری شده با این روش شبه مقطعی از مقاومت ویژه ظاهری در امتداد یک پروفیل بدست خواهد آمد (شکل ۲-۲). لازم به توضیح است که عمق به دست آمده از این روش عمق واقعی نبوده و برای دستیابی به اعماق واقعی تر روش های مختلف مدلسازی استفاده می شود.



شکل ۲-۲- آرایش دوقطبی - دوقطبی

۲-۲- روش مغناطیس سنجی

مطالعه مغناطیس زمین، قدیمیترین شاخه ژئوفیزیک است که سالهاست در اکتشاف نفت، کانی های اقتصادی و حتی مقاصد باستان شناسی کاربرد دارد. برای نخستین بار گیلبرت نشان داد که میدان مغناطیسی زمین راستایی عموماً شمالی - جنوبی در نزدیکی محور چرخشی زمین دارد. از آن زمان تاکنون پیشرفت های قابل توجهی در زمینه ساخت دستگاهها و تفسیر اندازه گیری های این روش بدست آمده است. اکتشاف به روش مغناطیسی بر اساس اندازه گیری تغییرات میدان مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه انجام می شود. در واقع اکتشاف به روش مغناطیسی را می توان ترکیبی از علوم ریاضی، فیزیک و زمین شناسی دانست. در روشهای مغناطیسی معمولاً میدان کلی یا مولفه

قائم اندازه گیری می شود. با توجه به اینکه میدان مغناطیسی دارای دو قطب و نیز راستا می باشد، لذا تفسیر نقشه های مربوطه پیچیده تر از سایر روش ها می باشد. از طرف دیگر، در مقایسه با اغلب روش های ژئوفیزیکی، اندازه گیری های صحرائی در این روش، ارزان و ساده است و عملاً نیازی به اعمال تصحیحات پیچیده و طولانی در قرائت ها نیست.

میدان مغناطیسی زمین تا آنجا که به اکتشاف ژئوفیزیکی مربوط است، از سه قسمت تشکیل شده است:

۱- میدان اصلی، که هر چند با زمان ثابت نیست، نسبتاً به آرامی تغییر می کند و منشاء آن داخلی است و حدود ۹۰ درصد میدان مغناطیسی زمین را تشکیل می دهد.

۲- میدان خارجی، جزء کوچکی از میدان اصلی است که منشاء آن خارج از زمین می باشد و نسبتاً سریع تغییر می کند، تغییری که بخشی از آن دوره ای و بخشی اتفاقی (تصادفی) است (مربوط به تغییرات روزانه و سالیانه خورشید و روزانه ماه می باشد).

تغییرات میدان اصلی، معمولاً ولی نه همیشه خیلی کوچکتر از میدان اصلی است، نسبتاً با زمان و مکان ثابت است و در اثر بی هنجاری های مغناطیسی محلی در نزدیکی سطح پوسته زمین بوجود می آید. این تغییرات هدف های ژئوفیزیک اکتشافی را تشکیل می دهد.

اگر جسمی در میدان زمین F قرار بگیرد در این صورت یک میدان به نام J (مغناطیدگی القایی) به داخل جسم القاء می شود. که خواهیم داشت:

$$J = KF$$

که K ضریب مغناطیس پذیری (خودپذیری مغناطیسی) می باشد. اجسام بر حسب ضریب K به سه دسته تقسیم می شوند:

1. Induced Magnetization

2. Susceptibility

• $K < 0$ ، دیامغناطیس. معمولیترین مواد دیامغناطیس زمین، گرافیت، ژپس، مرمر، کوارتز و نمک می باشند.

• $K > 0$ ، پارامغناطیس. عناصری مانند نیکل و کلسیم و ... این اثر با دما کاهش می یابد.

• $K \gg 0$ ، فرومغناطیس اکثراً اکسیدهای آهن.

خودپذیری مغناطیسی، متغیری مهم در مغناطیس است و همان نقشی را داراست که چگالی در تفسیرهای گرانی دارد. هر چند تغییرات بزرگی در مقادیر K ، حتی برای یک سنگ بخصوص وجود دارد و لپوشی وسیعی بین انواع مختلف مشاهده می شود، سنگ های رسوبی پایین ترین و سنگ های آذرین اصلی بالاترین میانگین خودپذیری را دارا می باشند. در هر مورد خودپذیری تنها به مقدار کانی های فری مغناطیس موجود بستگی دارد که عمدتاً مانیتیت و بعضی اوقات ایلمنیت یا پروتیت می باشند (سنگ هایی نظیر گابرو، پیروکسنیت، بازالت و آندزیت دارای خاصیت مغناطیسی بالا هستند).

اغلب ممکن است که کانیایی با خودپذیری منفی توسط اندازه گیری های مغناطیسی تفصیلی تعیین محل شوند، هر چند این مقادیر منفی کوچکند. همچنین باید خاطر نشان کرد که بسیاری از کانیهای آهن فقط کمی مغناطیسی اند. سنگ ها و کانی ها از نظر مغناطیس به سه دسته؛ دیا مغناطیس (بدون مغناطیس)، پارامغناطیس (دارای مغناطیس وقتی در معرض میدان قرار می گیرد) و فرومغناطیس (مغناطیس دار) تقسیم می شوند (Telford, 1990, 72).

پارامتر اندازه گیری خاصیت مغناطیس سنگ ها خودپذیری مغناطیسی است که در جدول ذیل برای تعدادی از کانی ها ارائه گردیده است. این کمیت در سیستم emu ، یک کمیت بدون بعد بوده و مقدار آن، 4π برابر مقدار آن در سیستم SI می باشد (Blakely, 1995, 52).



جدول ۱-۲: میانگین خودپذیری بعضی از سنگ‌ها و کانیها (Telford, 1990, 72)

نوع	میانگین خودپذیری $\times 10^3$	نوع	میانگین خودپذیری $\times 10^3$
هماتیت	۶/۵	کرومیت	۷
مانیتیت	۶۰۰۰	لیمونیت	۲/۵
زغال	۰/۰۲	کوارتز	-۰/۰۱
آندزیت	۱۶۰	آهک	۰/۳

۲-۲-۱ روش‌های تحلیل و تفسیر داده‌های میدان مغناطیسی

جهت تفسیر بهتر داده‌های برداشت شده، از روش‌های مختلف تحلیلی و ترسیمی استفاده می‌شود. به عنوان مثال روش ادامه فراسو^۱ بمنظور کاهش اثر نویزهای سطحی و نمایش بهتر بی‌هنجاری‌های عمیقتر مناسب است در حالیکه نقشه‌های مشتق جهت آشکارسازی هر چه بیشتر بی‌هنجاری‌های سطحی مناسب هستند. نقشه‌های مشتق اول و دوم، نسبت تغییرات بی‌هنجاری و شدت تغییرات بی‌هنجاری را به عمق نمایش می‌دهد. بدین ترتیب بی‌هنجاری‌های سطحی که تغییرات شدیدتری دارند، نمایان‌تر خواهند شد. ضمن آنکه احتمال عمیق بودن یا ادامه چنین بی‌هنجاری‌هایی در عمق منتفی نیست و به همین منظور نقشه‌های ادامه فراسو تهیه می‌گردد. به صورت ساده می‌توان چنین فرض کرد که گیرنده^۲ دستگاه مغناطیس‌سنج در ارتفاعی بالاتر از سطح فعلی اندازه‌گیری نموده است. آنومالی‌های مغناطیسی ناشی از توده‌های مغناطیسی مدفون تمایل دارند که بر روی چشمه قرار بگیرند. در صورتی که جهت میدان مغناطیسی زمین و مغناطیس شوندگی جسم عمودی نباشد، آنومالی مغناطیسی بر روی چشمه

1. Upward Continuation

2. Sensor

قرار نمی گیرد و دارای انحراف خواهد بود. در این حالت آنومالی مغناطیسی ناشی از چشمه های متقارن مانند کره، استوانه و ... متقارن نخواهد بود. با استفاده از انتقال به قطب داده ها می توان آنومالی مغناطیسی ناشی از چشمه مغناطیسی را برای شرایطی که میدان مغناطیسی زمین و مغناطیس شوندگی جسم هر دو قائم باشند، بدست آورد. در نتیجه شکل آنومالی ها متقارن تر می شود. این شرایط تنها در قطب های مغناطیسی برقرار است. نقشه برگردان به قطب نیز به منظور تعیین بهتر محل بی هنجاری با توجه به موقعیت جغرافیایی و با در دست داشتن مقادیر *declination* و *inclination*، در منطقه و انجام تصحیح بدست می آید.

به منظور تفسیر بهتر لازم است که نوفه های احتمالی در برداشت و اثرات بی هنجاری های سطحی، از بین برود بدین منظور از پردازش ادامه فراسو استفاده می شود. در این روش به صورت ساده می توان چنین فرض کرد که دستگاه مغناطیس سنج در ارتفاعی بالاتر از سطح فعلی اندازه گیری نموده است و این کار با استفاده از تبدیل فوریه انجام می شود.

از روش هایی چون سیگنال تحلیلی جهت تعیین لبه های بی هنجاری و به عبارتی تعیین گسترش جانبی آن استفاده می شود. نبقیان در مقاله خود سیگنال تحلیلی برای گرادیان های گرانی را به صورت زیر تعریف می کند (Nabighian, 1974, 85-92):

$$A(x, y) = \frac{\partial^2 g}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 g}{\partial y \partial z} - i \frac{\partial^2 g}{\partial z^2}$$

و دامنه سیگنال تحلیلی به صورت زیر تعریف می شود:

$$|A(x, y)| = \left\{ \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y \partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

¹ . Analytic Signal

این فرمول کلی است و برای مغناطیس سنجی نیز کاربرد مشابه دارد. چون محل بیشینه سیگنال تحلیلی دقیقاً در بالای لبه یا گوشه قرار دارد، تعیین موقعیت افقی لبه‌ها نیاز به مکان دقیق بیشینه مقدار سیگنال تحلیلی دارد.

جهت تعیین عمق تقریبی می‌توان از روش تعیین عمق طیف توان فوریه استفاده کرد. مطالعه طیف توان نشان می‌دهد که در منحنی لگاریتمی طیف توان، قسمتی از منحنی که در فرکانس‌های پایین سریعاً کاهش می‌یابد مربوط به چشمه‌های عمیق می‌باشد و شیب ملایم‌تر مربوط به چشمه‌های نزدیک سطح (سطحی) است و وقتی منحنی به فرکانس نایکویست نزدیک می‌شود، در یک سطح انرژی تقریباً ثابت نوسان می‌کند که نشان‌دهنده نوفه است و شیب خطوط برازش داده شده بر این منحنی نسبتی از عمق بی‌هنجاری را نشان می‌دهد. در نرم افزار *Geosoft* به صورت خودکار این عملیات‌ها را انجام داده و عمق متوسط بی‌هنجاری‌های موجود در منطقه را نشان می‌دهد.

روش اویلر دیکانولوشن، روشی سریع برای تفسیر داده‌ای میدان پتانسیل است. در صورتیکه مقدار صحیحی از شاخص ساختاری مربوط به هندسه توده سبب شونده، انتخاب و در معادله اویلر استفاده شود، این روش به راحتی می‌تواند تخمین صحیحی از عمق آنومالی مورد نظر ارائه کند. اساس این روش بر مبنای معادلات دیفرانسیل جزئی اویلر بنا شده که با معرفی کمیتی به نام شاخص ساختاری می‌توان موقعیت توده‌ها را به کمک اندازه گیری میدان پتانسیل در روی یک پروفیل یا نقشه و با تقسیم آنها به پنجره‌های اندازه گیری متوالی بدست آورد. هر پنجره تخمینی از عمق و موقعیت افقی توده ارائه می‌کند. استفاده صحیح از این روش مستلزم آگاهی از شکل توده زیرسطحی است که با انتخاب شاخص برای توده مورد مطالعه صورت می‌گیرد. در صورت عدم دقت در انتخاب شاخص ساختاری، در صورتیکه شاخص ساختاری بزرگتر انتخاب شود، میزان عمق تخمینی بیشتر و برعکس هرچه شاخص ساختاری کوچکتر باشد، باعث کاهش میزان عمق تخمینی خواهد شد (Reid & et al, 1990, 80-91).

به زبان ساده مشتق قائم میدان به صورت اختلاف میدان اندازه گیری شده در راستای قائم در ارتفاع بالاتر و میدان اندازه گیری شده در همان راستا در ارتفاع پایین تر تقسیم بر اختلاف ارتفاع بین دو نقطه تعریف می شود. مشتق قائم نقش بسیار مهم و کلیدی در تفسیر و پردازش داده های مغناطیسی و گرانی دارد، از جمله:

۱- مشتق قائم اثر تغییرات روزانه میدان مغناطیسی را حذف می کند، زیرا محاسبه آن مستلزم محاسبه اختلاف میدان بین دو ارتفاع مختلف می باشد. این اثر بخصوص در مناطقی که در عرض های جغرافیایی بالایی قرار دارند حایز اهمیت است.

۲- مشتق قائم دارای وضوح بیشتری نسبت به میدان اصلی می باشد.

طبق رابطه پواسون^۱ پتانسیل مغناطیسی و پتانسیل گرانی یک جسم با مغناطیس شوندگی و چگالی یکنواخت با هم ارتباط دارند. با استفاده از تبدیل شبه گرانی می توان آنومالی گرانی ناشی از یک جسم مغناطیسی را از روی آنومالی مغناطیسی آن بدست آورد. تبدیل شبه گرانی تا حدی از پیچیدگی تفسیر داده های مغناطیسی می کاهد و کار تفسیر را تسهیل می کند. تبدیل شبه گرانی تا حدی ماهیت فیلترهای پایین گذر را دارد، چون دامنه طول موج های کوتاه (آنومالی های سطحی) را تضعیف می کند.

¹ - Resolution

² - Poisson Relation



فصل سوم

اندازه گیری داده ها و تجهیزات مورد استفاده

۳-۱- برداشت داده ها

به منظور تدقیق محل گسل های شناخته شده و همچنین شناسایی گسل های مدفون شهر تبریز، چندین خطواره از سوی زمین شناس تکتونیک محدوده (دکتر اسماعیلی) در اختیار اکیپ ژئوفیزیک قرار گرفت. در این مطالعه، هدف تدقیق گسل های شناخته شده و همچنین آشکارسازی گسل های مدفون شهر تبریز و حومه ی آن می باشد. بدین منظور و با نظر کارشناس زمین شناس منطقه، ۱۹ پروفیل در نقاط مختلف مورد پوشش روش مقاومت ویژه الکتریکی قرار گرفت و به صورت همزمان برداشت های مغناطیس سنجی نیز انجام شد.

برداشت داده های مغناطیس سنجی در این مطالعه با استفاده از دو دستگاه مغناطیس سنج صورت گرفت. یکی از دستگاه ها در منطقه به عنوان ایستگاه مبنا جهت ثبت تغییرات روزانه شدت کل میدان مغناطیس و به منظور تصحیح روزانه داده ها، استفاده شد. پروفیل های برداشت تقریباً عمود بر روند خطواره ها و گسل ها در منطقه و یا منطبق بر پروفیل های مقاومت ویژه الکتریکی در نظر گرفته شد. به منظور تعیین موقعیت ایستگاه ها از GPS متصل به دستگاه مغناطیس سنج استفاده شد. از این رو همزمان با برداشت داده ها، مختصات نقاط نیز برداشت شده تا جهت استفاده برای ترسیم نقشه ها استفاده شود.

برداشت داده های مقاومت ویژه الکتریکی بر روی روندهای خطی مشاهده شده حاصل از مطالعات

تکتونیک (عکس های هوایی، بازدیدهای میدانی و ...) صورت گرفت. پروفیل های مقاومت ویژه عمدتاً عمود بر

روی خطواره ها و گسل های شناسایی شده در نظر گرفته شد. در این مطالعه موقعیت مکانی ایستگاه ها با استفاده از

GPS دستی مشخص شد و تمامی داده های مقاومت ویژه الکتریکی مورد نیاز با استفاده از آرایش دوقطبی-دوقطبی

برداشت شد. مشخصات پروفیل های برداشتی، شامل طول آنها، موقعیت نقاط ابتدا و انتهای پروفیل ها، تعداد نقاط

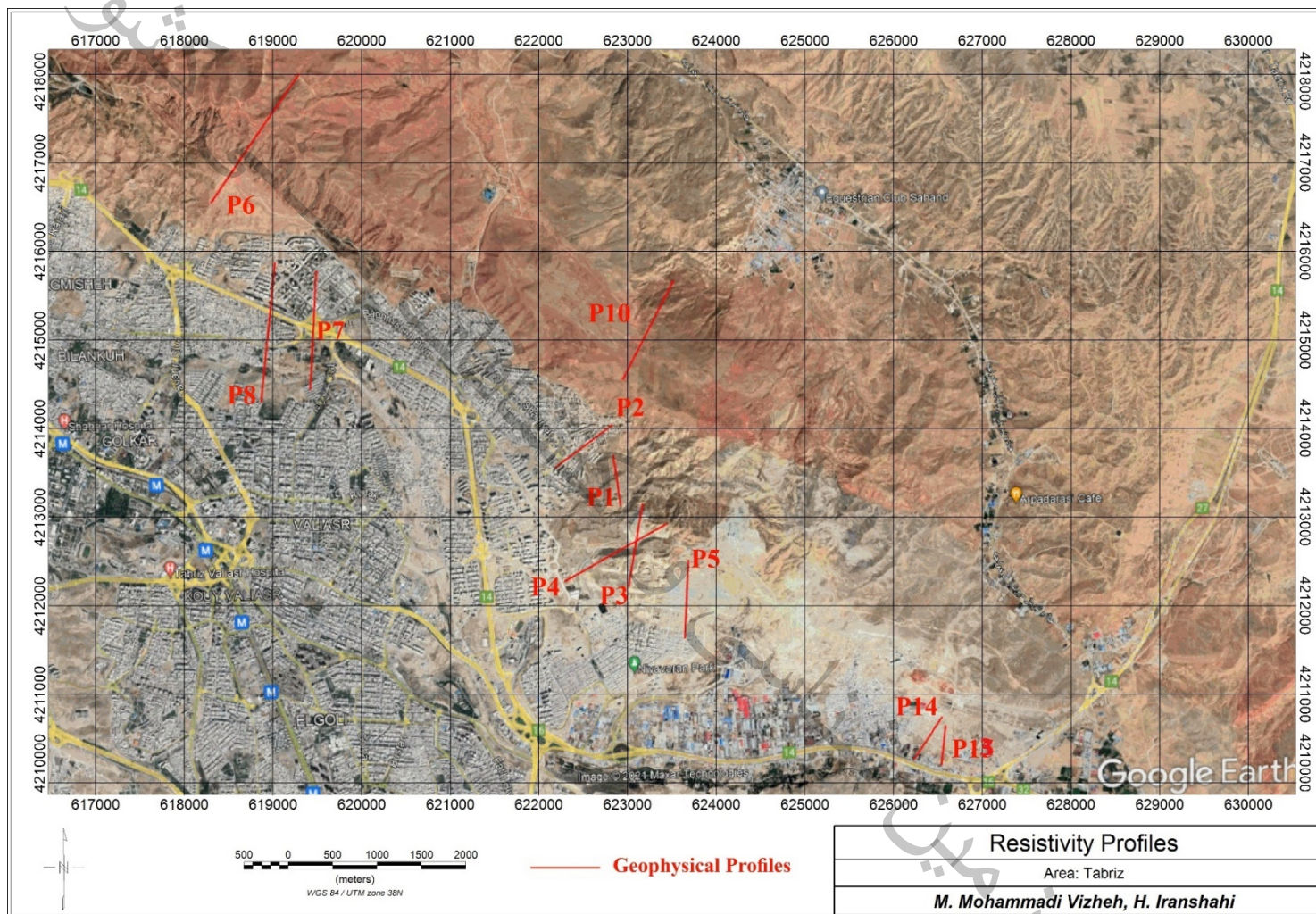
و فواصل ایستگاهی در جدول ۱-۳ آورده شده است.

جدول ۱-۳: مشخصات پروفیل های مقاومت ویژه الکتریکی

مختصات (UTM-WGS84)		تعداد نقاط	کمینه فاصله الکترودی	آرایش	طول (m)	پروفیل
انتهای	ابتدا					
۶۲۲۸۸۳/۴۲۱۳۲۷۸	۶۲۲۹۲۶/۴۲۱۳۰۶۴	۳۳۳	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۱۰	P1
۶۲۲۷۰۴/۴۲۱۳۶۴۸	۶۲۲۵۲۳/۴۲۱۳۴۹۸	۶۳۰	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۵	P2
۶۲۲۷۷۶/۴۲۱۲۳۳۸	۶۲۲۷۳۸/۴۲۱۲۱۰۹	۸۳۲	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۰	P3
۶۲۲۸۳۶/۴۲۱۲۲۷۴	۶۲۲۶۴۰/۴۲۱۲۱۵۷	۸۶۰	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۰	P4
۶۲۳۶۲۱/۴۲۱۱۹۳۰	۶۲۳۶۲۵/۴۲۱۱۷۴۰	۶۰۲	۵	دوقطبی-دوقطبی	۱۹۰	P5
۶۱۸۶۴۲/۴۲۱۶۹۰۱	۶۱۸۳۷۵/۴۲۱۶۵۲۴	۱۸۲۶	۵	دوقطبی-دوقطبی	۴۸۰	P6
۶۱۹۱۳۶/۴۲۱۴۸۳۰	۶۱۹۱۳۴/۴۲۱۴۶۳۸	۴۸۸	۵	دوقطبی-دوقطبی	۱۹۰	P7
۶۱۹۰۹۰/۴۲۱۴۶۲۰	۶۱۹۰۹۰/۴۲۱۴۵۱۱	۱۷۶	۵	دوقطبی-دوقطبی	۱۱۰	P8
۶۱۲۰۴۱/۴۲۲۱۲۲۰	۶۱۲۲۶۱/۴۲۲۱۵۴۰	۱۵۵۹	۵	دوقطبی-دوقطبی	۳۹۰	P9
۶۲۳۲۷۲/۴۲۱۴۹۳۱	۶۲۳۱۳۶/۴۲۱۴۵۶۵	۲۰۱۴	۵	دوقطبی-دوقطبی	۳۹۰	P10
۶۰۹۰۶۰/۴۲۲۳۹۰۱	۶۰۸۹۴۰/۴۲۲۳۷۰۹	۸۵۶	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۰	P11
۶۰۹۲۲۴/۴۲۲۳۸۱۷	۶۰۹۰۹۵/۴۲۲۳۶۲۷	۴۱۰	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۰	P12
۶۲۶۵۶۶/۴۲۱۰۴۲۶	۶۲۶۵۴۶/۴۲۱۰۱۹۷	۶۸۳	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۰	P13
۶۲۶۴۳۸/۴۲۱۰۴۹۲	۶۲۶۳۴۵/۴۲۱۰۳۲۵	۴۶۹	۵	دوقطبی-دوقطبی	۱۹۰	P14
۶۱۲۳۵۱/۴۲۲۱۱۹۱	/۴۲۲۰۹۷۵	۱۱۳۳	۵	دوقطبی-دوقطبی		P15
۶۱۲۵۲۱/۴۲۲۰۳۹۳	۶۱۲۳۱۰/۴۲۲۰۰۶۰	۲۰۹۲	۵	دوقطبی-دوقطبی	۳۹۵	P16
۶۰۰۱۵۰/۴۲۲۷۳۵۳	۶۰۰۰۹۰/۴۲۲۷۱۳۲	۷۸۱	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۳۰	P17
۵۹۵۰۶۹/۴۲۳۰۲۷۸	۵۹۵۰۰۵/۴۲۳۰۱۰۰	۵۹۷	۵	دوقطبی-دوقطبی	۱۹۰	P18
۵۹۵۰۹۶/۴۲۳۰۲۷۰	۵۹۵۰۳۹/۴۲۳۰۰۷۹	۶۳۵	۵	دوقطبی-دوقطبی	۲۰۰	P19

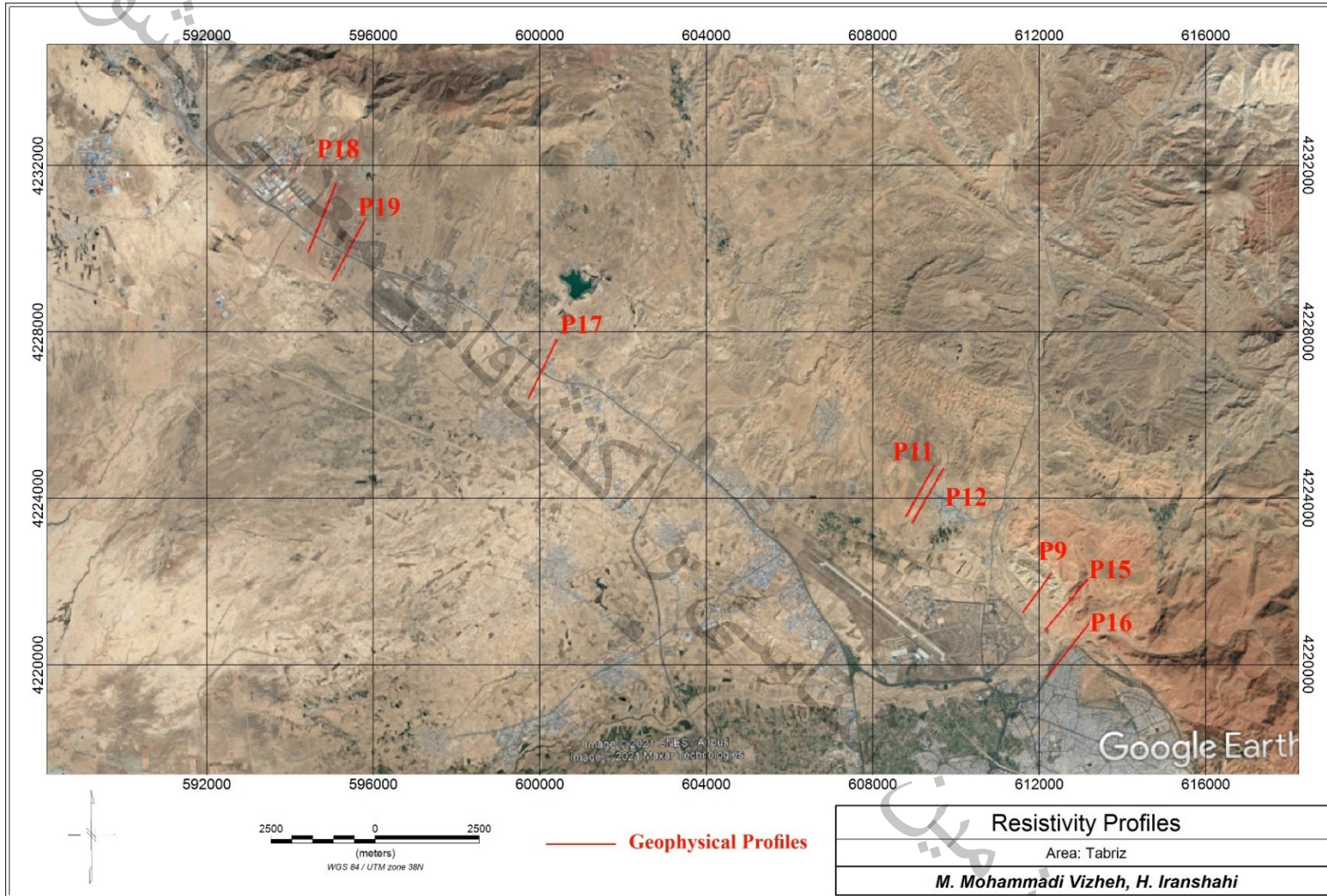


موقعیت مکانی پروفیل‌های مقاومت ویژه به ترتیب در شکل‌های ۱-۳ و ۲-۳ و موقعیت پروفیل‌ها یا محدوده‌های برداشت مغناطیس‌سنجی بر روی عکس‌های هوایی در شکل‌های ۳-۳ و ۴-۳ آورده شده است. علاوه بر این، موقعیت ایستگاه‌های مقاومت ویژه برای همه پروفیل‌های مورد بررسی در پیوست الف آورده شده است.



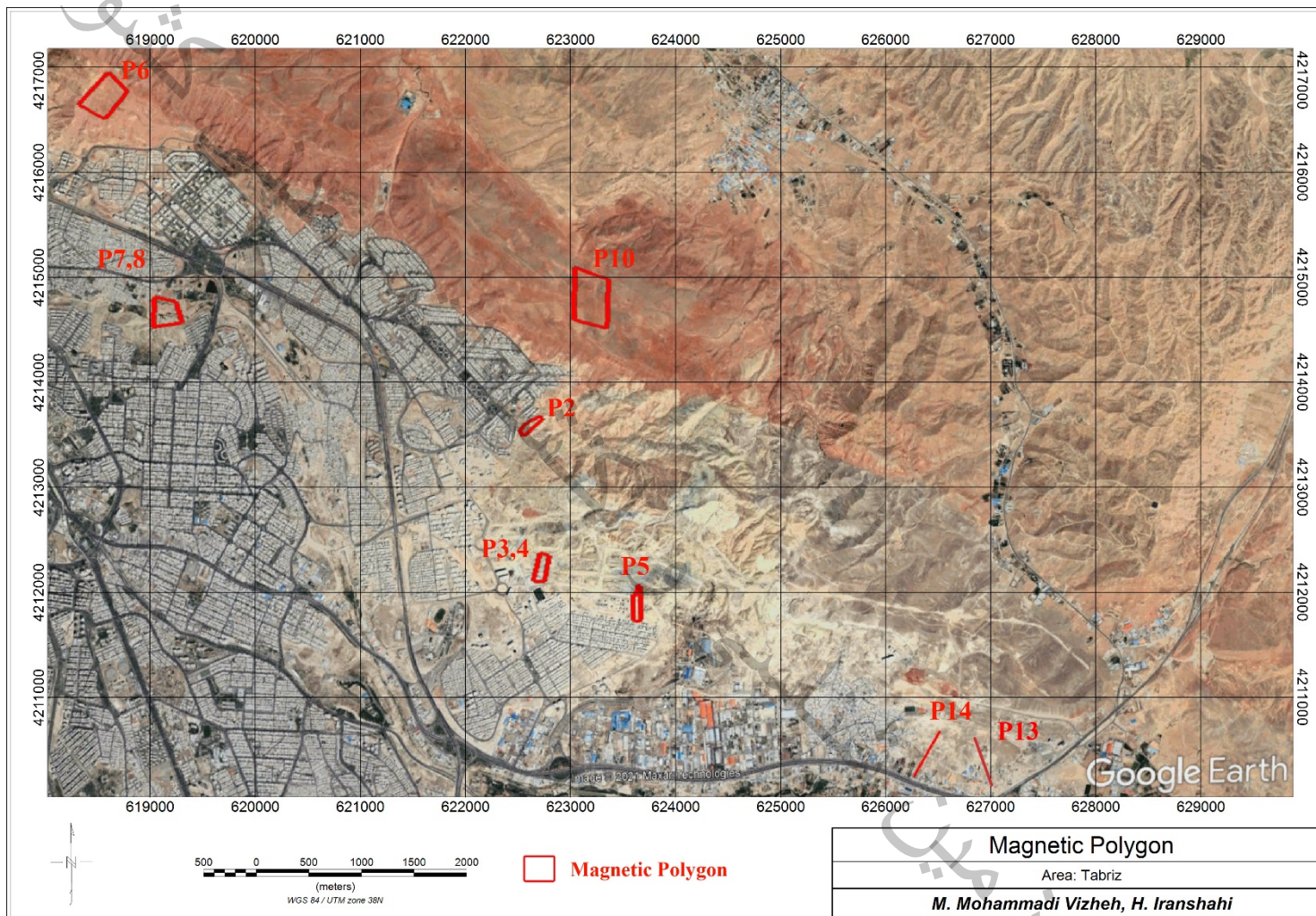
شکل ۳-۱: موقعیت پروفیل‌های مقاومت ویژه (خطوط قرمز رنگ) در نواحی شرقی شهر تبریز بر روی عکس هوایی (برگرفته از نرم افزار Google earth)

ژئوفیزیک



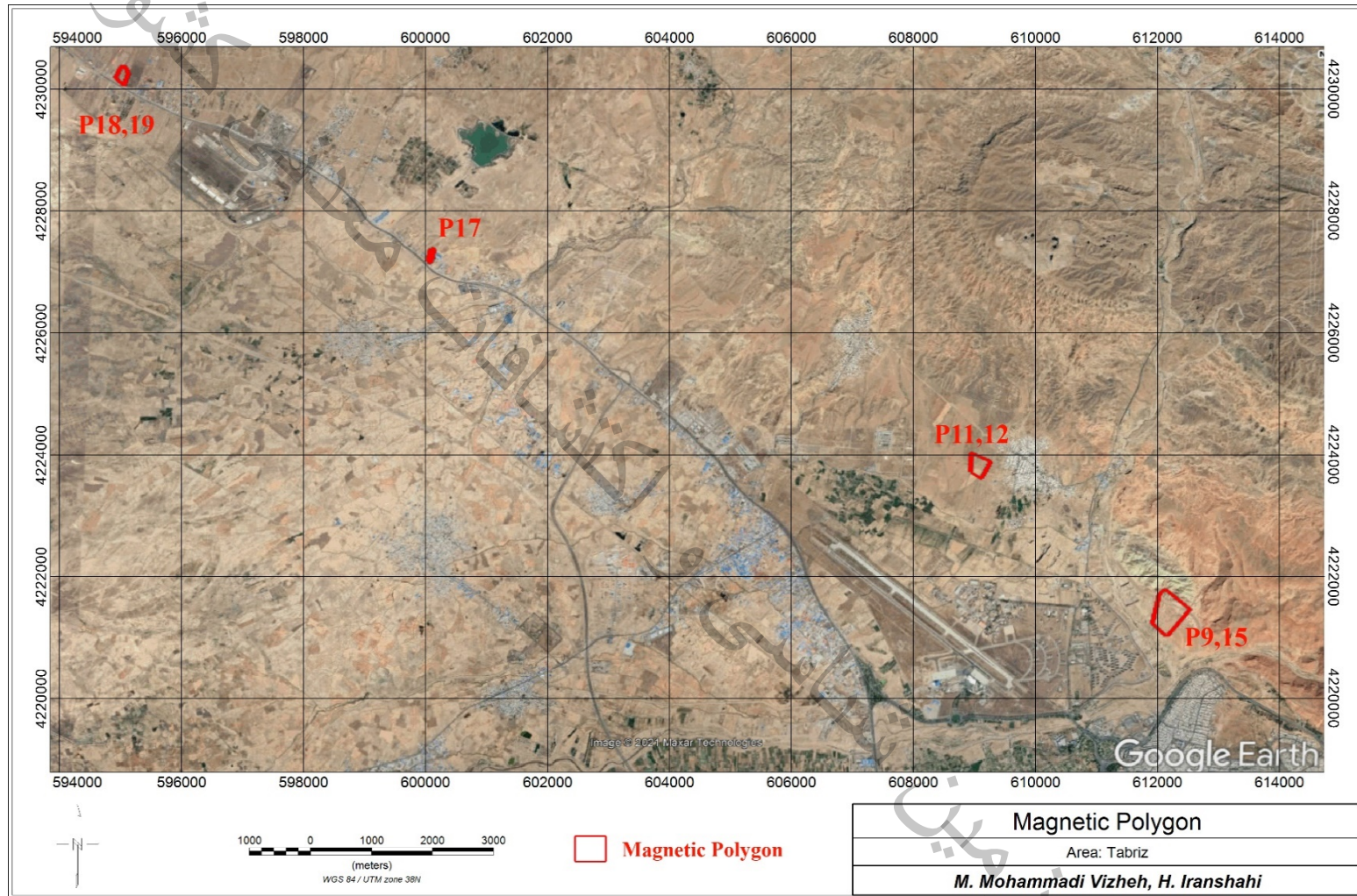
شکل ۳-۲: موقعیت پروفیل‌های مقاومت ویژه (خطوط قرمز رنگ) در غرب شهر تبریز بر روی عکس هوایی (بر گرفته از نرم افزار Google earth)

ژئوفیزیک



شکل ۳-۳: موقعیت برداشت‌های مغناطیس‌سنجی (محدوده‌های قرمز رنگ) در نواحی شرقی شهر تبریز بر روی عکس هوایی (برگرفته از نرم افزار Google earth)

ژئوفیزیک



شکل ۳-۴: موقعیت برداشت‌های مغناطیس‌سنجی (محدوده‌های قرمز رنگ) در غرب شهر تبریز بر روی عکس هوایی (برگرفته از نرم افزار Google earth)

ژئوفیزیک



۳-۲- تجهیزات

۳-۲-۱- تجهیزات روش مقاومت ویژه الکتریکی

جهت انجام برداشت های مقاومت ویژه از دستگاه *ARES* ساخت شرکت *GF Instruments* کشور

جمهوری چک استفاده شده است. بیشینه جریان و ولتاژ قابل تأمین توسط این دستگاه به ترتیب ۵ آمپر و ۲۰۰۰ ولت

بوده و توان فرستنده آن حداکثر تا ۸۵۰ وات می باشد. همچنین این دستگاه قابلیت اندازه گیری های *IP*، *SP*

و مطالعات درون چاهی به صورت دو بعدی و سه بعدی را دارا می باشد. از مزایای قابل توجه آن می توان به ۶ قطعه

کابل همراه که مجموعاً اندازه گیری در ۴۸ کانال را میسر می سازند، اشاره کرد. وجود این کابل، همراه با جابه

جایی اتوماتیک فواصل میان الکترودی توسط دستگاه، امکان اندازه گیری تعداد نقاط زیاد همراه با صرفه جویی

در وقت و هزینه را امکان پذیر می سازد. از طرفی با ذخیره ضریب هندسی بسیاری از آرایش های الکترودی مرسوم

نظیر ونر الف، بتا و گاما، ونر- شلومبرگر، دوقطبی- دوقطبی، قطبی- دوقطبی، قطبی- قطبی در حافظه آن، مقاومت

ویژه الکتریکی ظاهری به صورت اتوماتیک محاسبه شده و حین اندازه گیری در صفحه نمایش آن قابل مشاهده

خواهد بود. نرم افزار پشتیبانی کننده این دستگاه نیز قابلیت ارسال داده های اندازه گیری شده با فرمت ورودی نرم

افزارهای *Res2Dinv*، *Res3Dinv* و *Surfer* و دیگر نرم افزارهای کاربردی ژئوفیزیک را دارا می باشد.

این دستگاه با یک باتری ۱۲ ولتی کار می کند و وزن کلی دستگاه ۵/۹ کیلوگرم بوده که ابعاد آن برابر ۴۰*۲۱*۱۵

سانتیمتر می باشد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴: دستگاه ARES و تصویری از عملیات برداشت



شکل ۳-۵: نمایی از برداشت به روش مقاومت ویژه با دستگاه ARES به همراه کابل روی پروفیل ۶

ژئوفیزیک

۳-۲-۲- تجهیزات روش مغناطیس سنجی

دستگاه‌های اندازه‌گیری در روش مغناطیس سنجی به سه دسته واریومترهای مغناطیسی، مغناطیس سنج

فلاکس گیت (دروازه شار)، مغناطیس سنج شتاب هسته‌ای و بخار رویدیم تقسیم‌بندی می‌شوند. پیشرفته‌ترین و

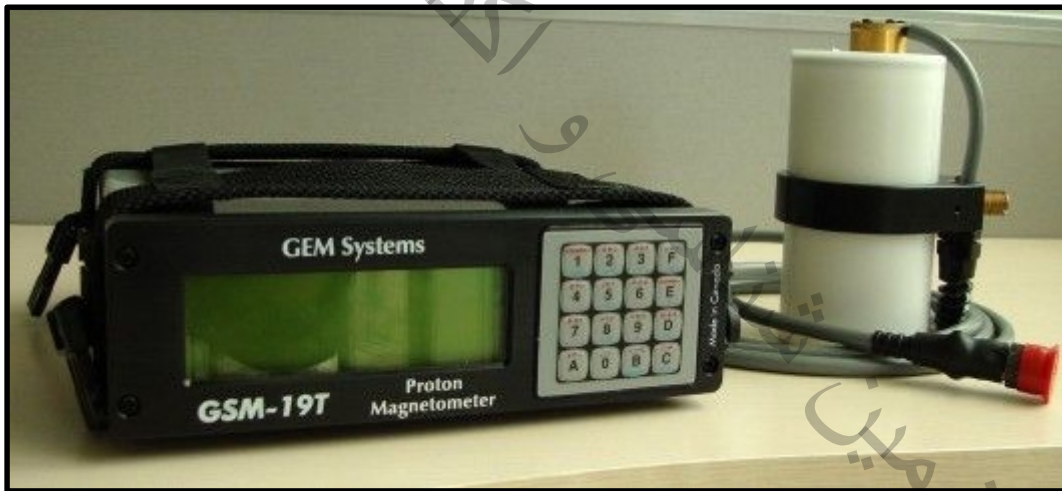
جدیدترین نوع مغناطیس سنج مدل *Smartmag* ساخت شرکت *Scintrex* کشور کانادا است که با استفاده از بخار

سزیم کار می‌کند. این دستگاه دارای حساسیت بسیار بالا و در حد 0.01 گاما می‌باشد و برای کشف بی‌هنجاری‌های

باستان‌شناسی کاربرد فراوانی دارد. واحد اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی، گاما یا همان نانوتسلا است.

مغناطیس سنج‌های با حساسیت و ظرافت کمتر برای عملیات معدنی بسیار مناسب‌تر است. در این مطالعه از دستگاه

مغناطیس سنج پروتون *GEM* مدل *GSM-19T* که دارای دقت 0.05 گاما است، استفاده شده است (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶: مغناطیس سنج *GEM* مدل *GSM-19T*



شکل ۳-۷: برداشت داده های مغناطیس سنجی در محدوده پروفیل های ۱۸ و ۱۹ مقاومت ویژه

۳-۳- نحوه پردازش، مدل سازی و نمایش داده ها

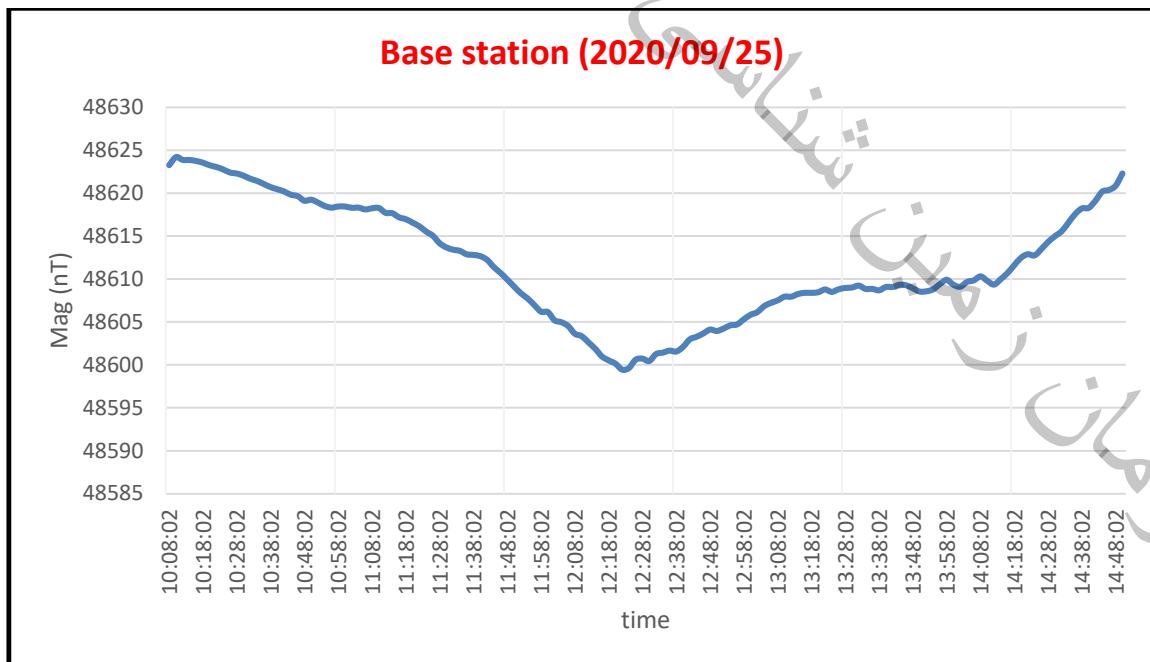
یکی از تصحیحات اولیه حذف اندازه گیری های نامتعارف (*Outliers*) می باشد. در برداشت های مغناطیس سنجی این قرائت ها عمدتاً در ارتباط با سازه های فلزی موجود در محدوده برداشت بوده و قبل از پردازش های ابتدایی نیز بایستی حذف شوند. در محدوده های مورد برداشت به دلیل قرار گرفتن اکثر محدوده های فوق در محیط شهری و قرار گیری خطوط انتقال نیرو، دکل های برق و همچنین لوله های مدفون گاز، تعداد محدودی از داده های نامتعارف وجود داشته که در بررسی های اولیه حذف شده اند. همانطور که ذکر شد یک دستگاه مغناطیس سنج در ایستگاه مینا (شکل ۳-۸) در تمام روزهای برداشت مستقر بوده و تغییرات شدت میدان مغناطیسی را به صورت مرتب به ازاء هر ۶۰ ثانیه، همزمان با برداشت در ایستگاه های متحرک، ثبت کرده است. نمودار تغییرات شدت میدان مغناطیس در تاریخ ۱۳۹۹/۰۷/۰۴ در شکل ۳-۹ به نمایش در آمده است. با استفاده از داده های ایستگاه مینا،

ژئوفیزیک

تصحیحات به صورت روزانه برای تمام روزهای برداشت انجام شده است. پس از ویرایش اولیه و انجام تصحیحات روزانه، داده‌های مغناطیس سنجی در صورت نیاز همتراز (Levelling) شده‌اند.



شکل ۳-۸: اندازه گیری داده‌ها در ایستگاه مبنا



شکل ۳-۹: تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی ایستگاه مبنا در تاریخ ۱۳۹۹/۰۷/۰۴

اطلاعات مغناطیس سنجی به همراه مختصات نقاط برداشت در رایانه توسط نرم افزار *OASIS MONTAJ*

مورد پردازش قرار گرفته است. تغییرات میدان مغناطیسی با استفاده از مقیاس رنگی و با تکنیک *IMAGE*

SHADOW به گونه ای رسم شده که کمترین شدت میدان با رنگ آبی و به تدریج با افزایش شدت کل میدان

مغناطیسی به رنگهای سبز - زرد - نارنجی - قرمز و بنفش نمایش داده شود.

یکی از متداول ترین و پیشرفته ترین روش ها در مدلسازی داده های ژئوفیزیک، مدلسازی وارون است که

با روش ها و الگوریتم های گوناگونی صورت می پذیرد. همانطور که از نام این مدلسازی برمی آید، در برابر

مدلسازی مستقیم قرار دارد. در این نوع مدلسازی فرایند محاسبات با شروع از یک مدل ساده و یا استفاده از نتایج

مطالعاتی مانند زمین شناسی و ژئوتکنیک یک مدل اولیه فرضی بدست می آید. سپس با تغییر پارامترهای مدل در

هر مرحله از فرآیند وارون سازی، سعی بر این است که اختلاف مابین پاسخ مدل حاصل با داده های مشاهده ای

کمینه شود. از آنجا که عموماً در مسائل ژئوفیزیک مدل های بیشتری به داده های مشاهده ای قابل برازش هستند،

لذا قیودی از جمله همواری مدل نیز در حین انجام محاسبات عددی در نظر گرفته می شود. در مدلسازی وارون بعد

از تعیین پارامترهای مدل تمامی مراحل مدلسازی به صورت خودکار انجام می شود. در وارون سازی دوبعدی داده

های مقاومت ویژه در این مطالعه به ترتیب از نرم افزار *Res2Dinv* از محبوب ترین و شناخته شده ترین نرم افزار ها

در این زمینه، استفاده شده است. در نهایت برای تفسیر ترکیبی اطلاعات و نمایش مطلوب نقشه ها، مدلها و مقاطع از

نرم افزارهای *Global mapper* و *Google earth* نیز استفاده شده است.



فصل چهارم

بررسی نتایج

همانطور که ذکر شد برای تدقیق گسل های شهر تبریز و آشکارسازی گسل های مدفون از مطالعات مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه الکتریکی (با استفاده از آرایش دوقطبی - دوقطبی) استفاده شد. به دلیل محدودیت های مکانی موجود در شهر و همینطور گستره وسیع مورد مطالعه، موقعیت پروفیل های مورد بررسی در نقاط مختلف واقع شده است (شکل های ۱-۳ تا ۴-۳). از این رو برای نام گذاری مناطق مورد بررسی از اسامی پروفیل های مقاومت ویژه استفاده شده که به ترتیب برداشت نامگذاری شده اند. در ادامه هر یک از پروفیل های مورد مطالعه را به صورت مجزا مورد بررسی قرار می دهیم.

۴-۱ - پروفیل های شماره ۱ و ۲

۴-۱-۱ - مطالعات مغناطیس سنجی

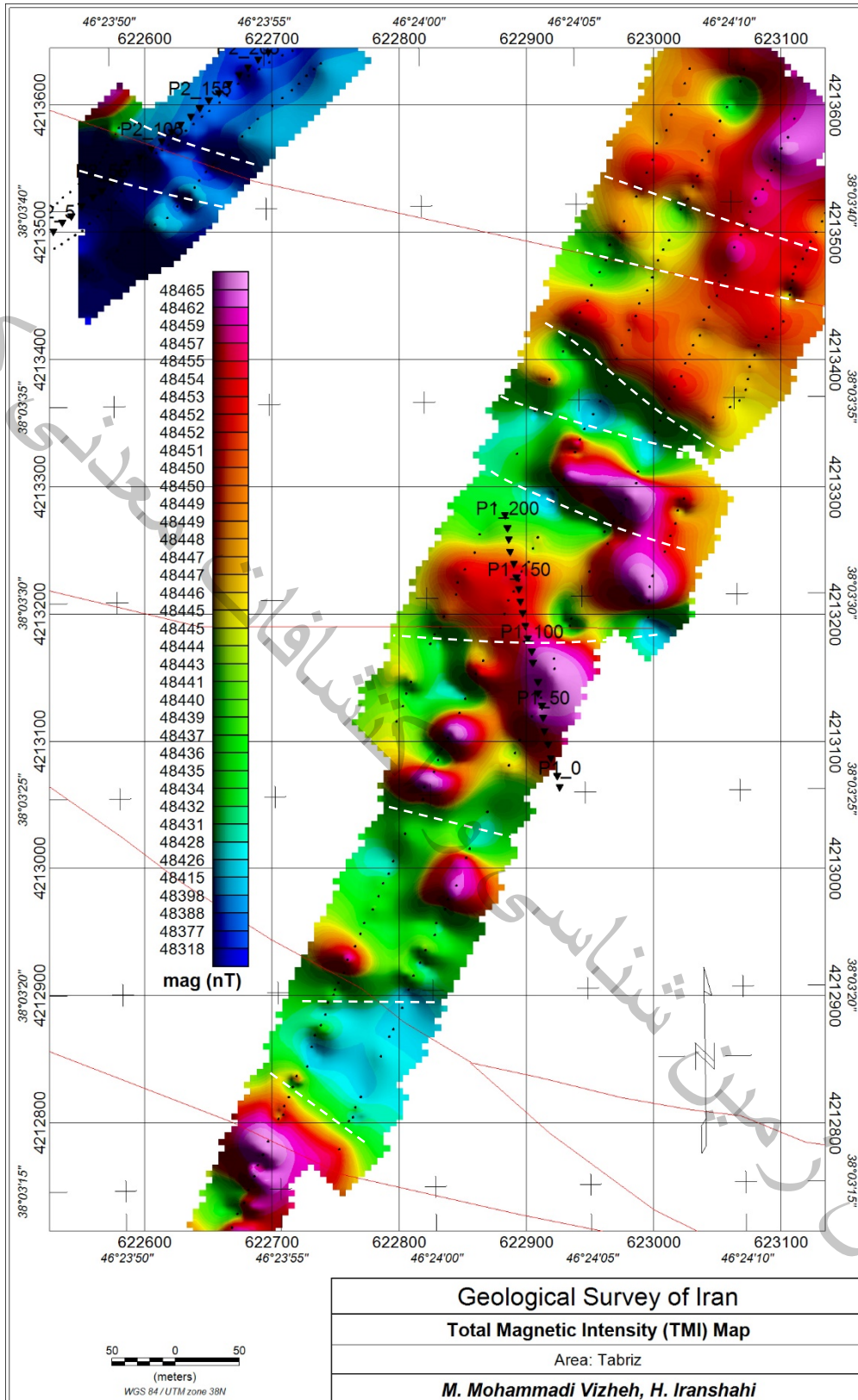
در شکل های ۱-۳ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه در پروفیل - های ۱ و ۲ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۱ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان



معاونت اکتشاف - مدیریت اکتشافات ناحیه ای

مغناطیسی اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۴۸۰ و ۴۸۲۶۶ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۳۶۱ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری شده برابر با ۲۱۴ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۱-۴ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی بالا نیست. با این حال، چند ناحیه با شدت نسبی بالاتر (طیف رنگی قرمز رنگ) در نقاط مختلف نقشه قابل تشخیص است. از آنجا که محدوده مورد مطالعه مملو از نخاله های ساختمانی بوده، تغییرات محلی شدت مغناطیس و تا حدی آلوده به نویز بودن داده ها مورد انتظار بوده است. با این حال، چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۱-۴) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که احتمالاً ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با خط چین های سفید رنگ در شکل ۱-۴ مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل های ۱ و ۲ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۱-۴ به نمایش در آمده است.



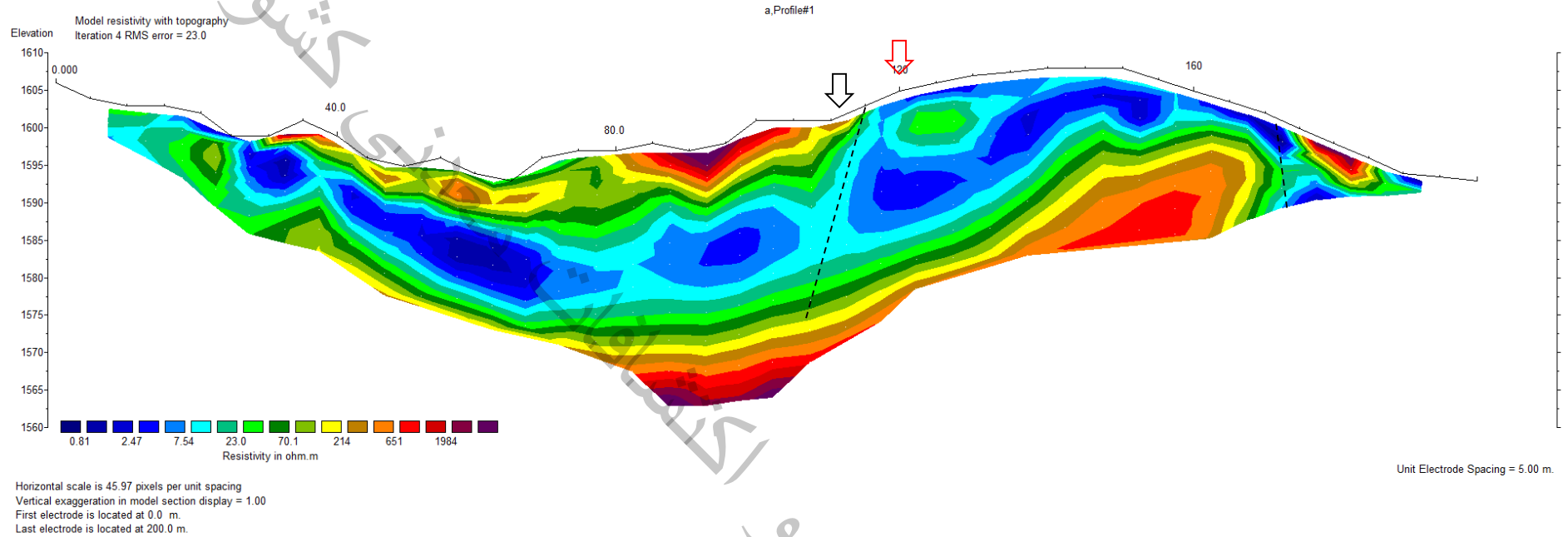
شکل ۴-۱: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل های ۱ و ۲ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



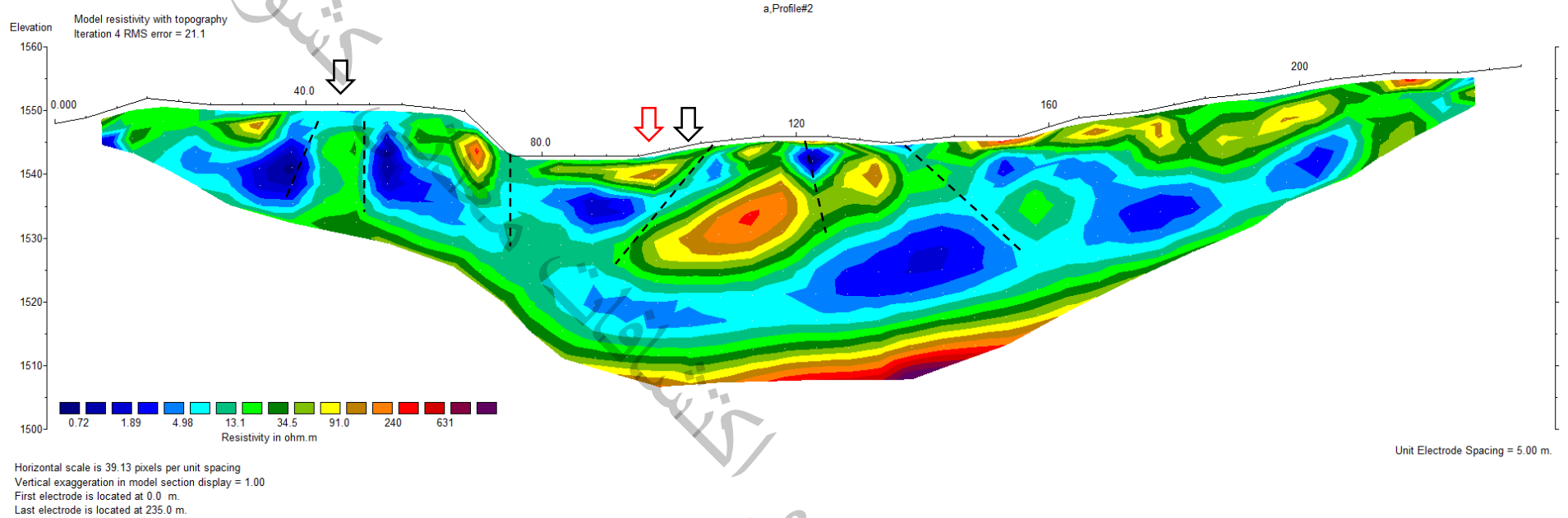
۴-۱-۲- مطالعات مقاومت ویژه

در شکل ۴-۲ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۱/۲۲ و ۲۷۲/۳ اهم متر می باشد. مقادیر مزبور مقاومت ویژه ظاهری مشاهده ای بوده و طبیعتاً مقادیر حاصل از وارون سازی داده ها متفاوت خواهد بود. همانطور که در مدل وارون (شکل ۴-۲) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل نسبتاً بالا است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه مشاهده شده از ۲۰۰۰ اهم متر فراتر است. این مسئله از واقع شدن واحد های سنگی در اعماق کم ناشی شده است. علاوه بر این، وجود نخاله های ساختمانی در سطح زمین، دلیل افزایش مقادیر مقاومت ویژه در نواحی سطحی است. چند ناپوستگی در مدل مقاومت ویژه قابل تشخیص است که می توانند ناشی از عملکرد گسل ها در این ناحیه باشند. ناپوستگی های مزبور با خط چین های سفید رنگ در شکل ۴-۲ مشخص شده اند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، گسلی که در مطالعات تکتونیک مشاهده شد، توسط داده های مقاومت ویژه و مغناطیس سنجی تأیید می شود. علاوه بر گسل مزبور یک ناپوستگی دیگر یک ناپوستگی دیگر در انتهای پروفیل قابل تشخیص می باشد.



شکل ۴-۲: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

در شکل ۳-۴ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۲ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۳/۰۵ و ۶۸۹/۵ اهم متر می باشد. همانطور که در مدل وارون (شکل ۳-۴) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل اندکی کمتر از پروفیل ۱ می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۱۰۰۰ اهم متر کمتر است. بر خلاف پروفیل ۱، در محل این پروفیل نخاله های ساختمانی قابل توجهی در سطح زمین مشاهده نمی شود. با این حال، چند ناپیوستگی در مدل مقاومت ویژه قابل تشخیص است که می توانند ناشی از عملکرد گسل ها در این ناحیه باشند. ناپیوستگی های مزبور با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۳-۴ مشخص شده اند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، گسلی که در مطالعات تکتونیک (فلش قرمز رنگ) مشاهده شد، با اندکی جابه جایی توسط داده های مقاومت ویژه و مغناطیس سنجی نیز تأیید می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر نیز مشخص شده و دو ناپیوستگی ابتدایی با دقت خوبی منطبق بر خطواره مشاهده شده در نقشه شدت کل میدان مغناطیس (شکل ۴-۱) می باشد.



شکل ۴-۳: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۲. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.



۴-۲- پروفیل های ۳ و ۴

۴-۲-۱- مطالعات مغناطیسی سنجی

در شکل های ۱-۳ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیسی سنجی و مقاومت ویژه پروفیل های

۳ و ۴ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیسی سنجی، در شکل ۴-

نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی

اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۵۲۴ و ۴۸۲۲۵ گاما بوده و حد زمینه در این

منطقه ۴۸۳۸۹ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری

شده برابر با ۲۹۹ گاما می باشد.

همانطور که در نقشه شدت کل مغناطیسی (شکل ۴-۴) مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیسی

اندکی بالاتر از محدوده قبلی است. این مسئله از حضور نهشته های رسوبی عهد حاضر بر روی واحدهای رسوبی

(عمدتا ماسه سنگ ها، مارن ها، شیل ها و کنگلومرای قرمز رنگ) ناشی شده است. یک ناحیه با شدت نسبی بالاتر

(طیف رنگی قرمز رنگ) در مرکز نقشه قابل تشخیص است. با توجه به شدت نسبی داده های مغناطیسی سنجی،

حضور واحد آذرین (احتمالاً تراکی آندزیت) در عمق و زیر نهشته های رسوبی نیز دور از انتظار نیست. با این حال،

حضور کانه های مغناطیسی و رنگ قرمز واحدهای رسوبی می تواند مسبب ایجاد خواص مغناطیسی (حتی از نوع

بازمانده) در واحدهای رسوبی باشد. به نظر می رسد عملکرد گسل در این ناحیه سبب ایجاد یک همبری و قرار گیری

دو واحد مختلف زمین شناسی در کنار هم بوده است. همانطور که مشاهده می شود، یک روند خطی اصلی در نقشه

شدت کل مغناطیسی (شکل ۴-۴) قابل تشخیص می باشد. این خطواره مغناطیسی که ناشی از عملکرد گسلی در این



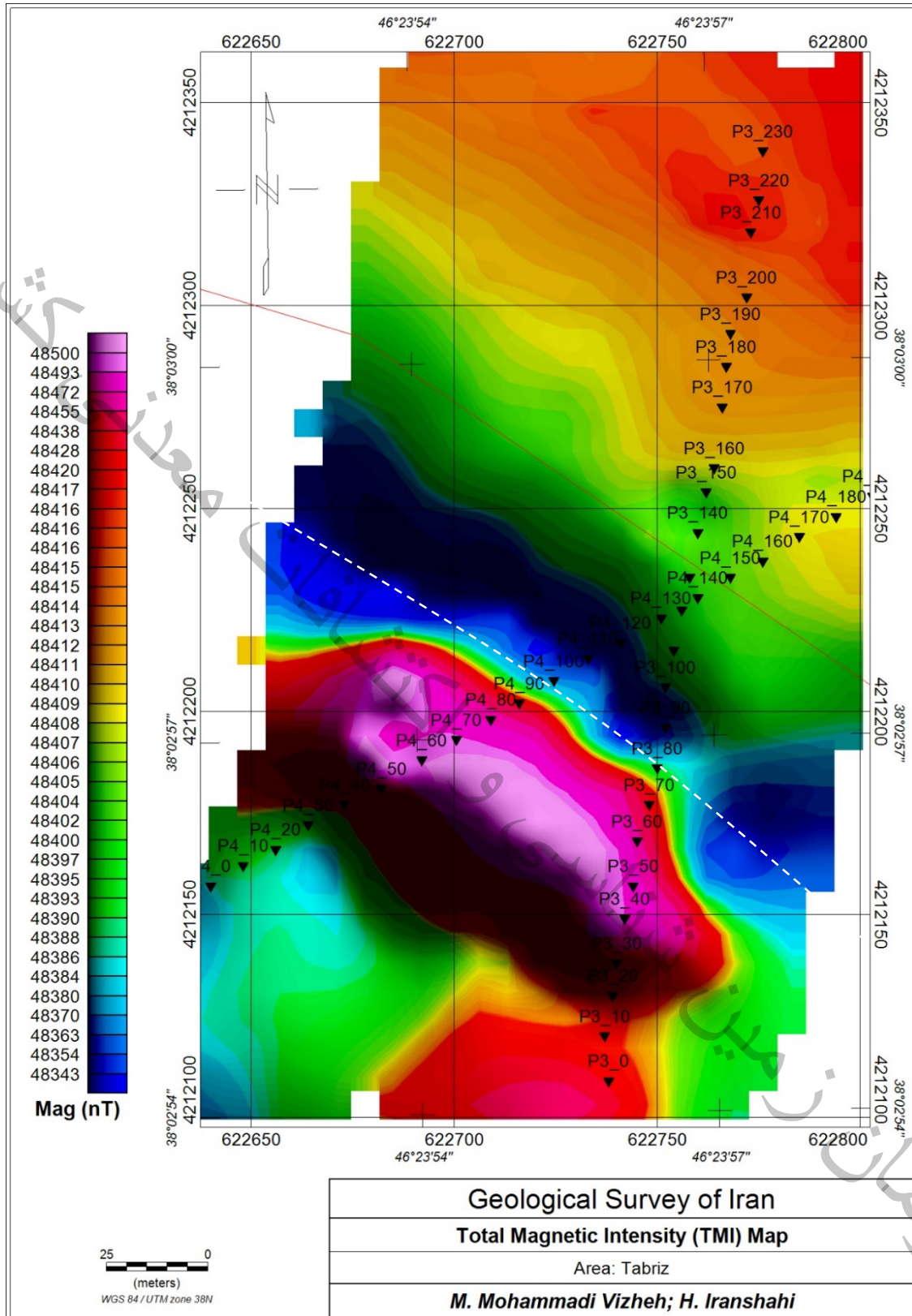
ناحیه است، با خط چین سفید رنگ در شکل ۴-۴ مشخص شده است. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل های ۱ و ۲ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۴ به نمایش در آمده است.

به منظور تفسیر بهتر و تعیین مرز مابین ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده

شده و نتیجه در شکل ۴-۵ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق

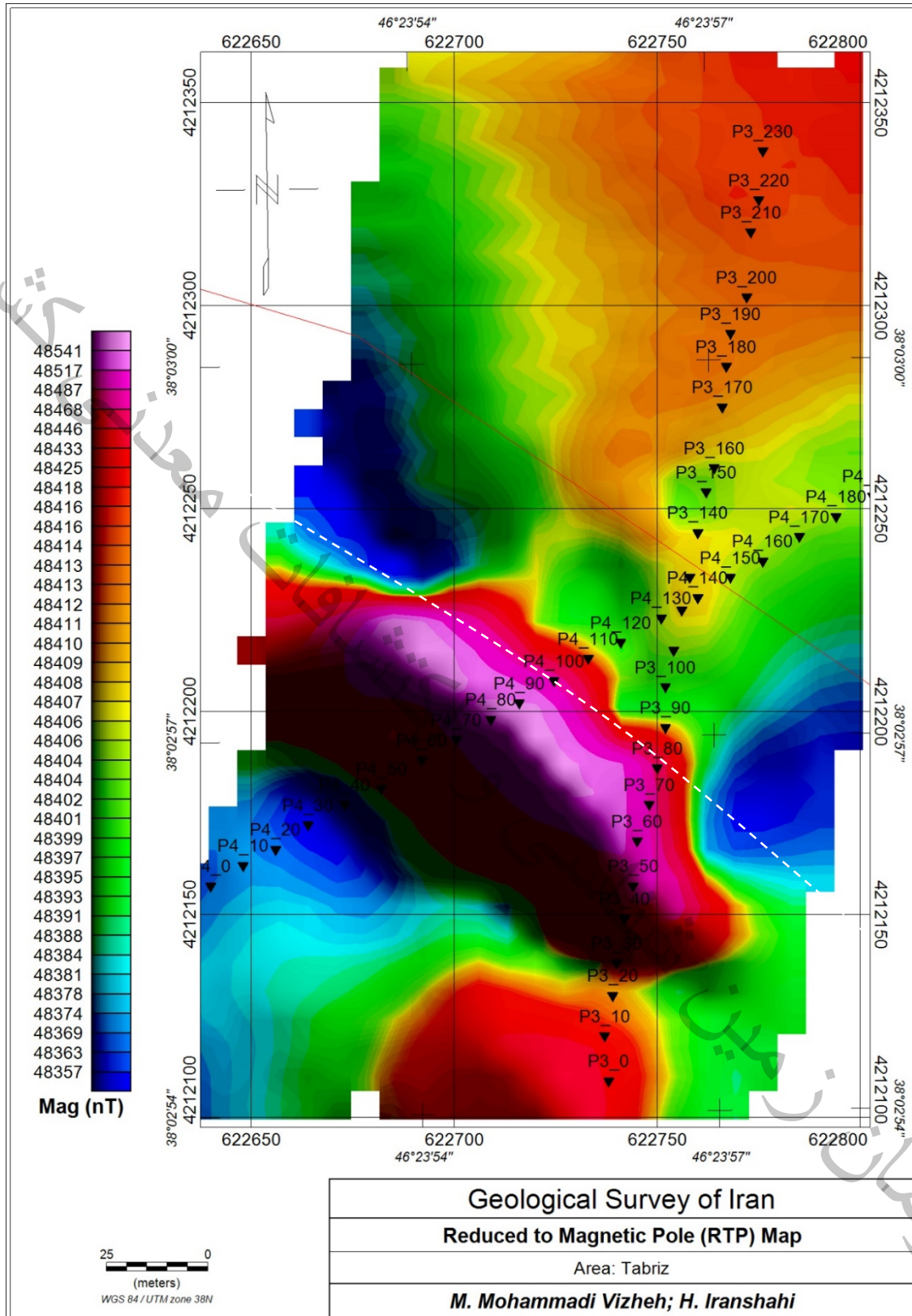
استاندارد جهانی در محل انجام برداشت ها عبارت است از:

Inclination=57.03, Declination=5.78



شکل ۴-۴: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل های ۳ و ۴ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

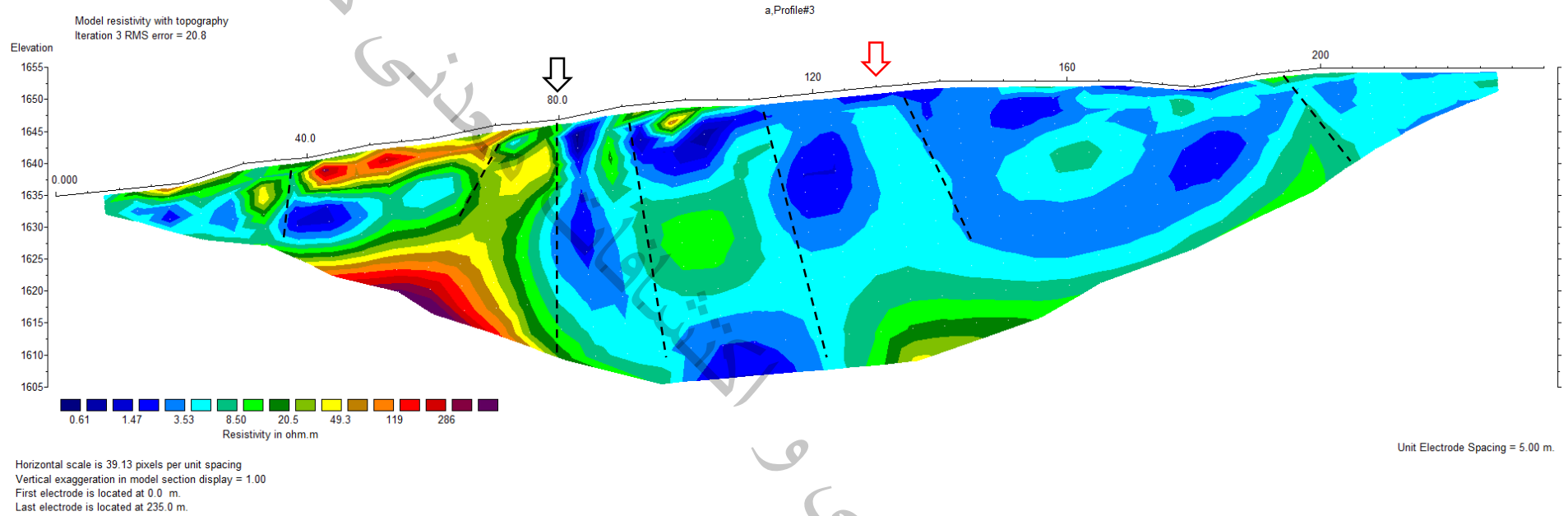


شکل ۴-۵: نقشه بر گردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل های ۳ و ۴ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



در شکل ۴-۶ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۳ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۹۶ و ۱۲۰ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۶) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل نسبتاً پایین است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه مشاهده شده از ۳۰۰ اهم متر فراتر نیست. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های آبرفتی و واحدهای رسوبی خرد شده است. ناحیه با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی قرمز) در فاصله ایستگاهی ۴۰ تا ۸۰ متری پروفیل، منطبق بر نواحی با شدت مغناطیس بالا در نقشه برگردان به قطب (شکل ۴-۵) می باشد. تغییرات مقاومت ویژه در این ناحیه، محدوده گسلش و خردشدگی واحدهای رسوبی در این ناحیه را تأیید می کند. علاوه بر این، چند ناپوستگی در مدل مقاومت ویژه قابل تشخیص است که می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. ناپوستگی های مزبور با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۶ مشخص شده اند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدود ۵۰ متری از همبری موجود در مدل وارون مقاومت ویژه و خطواره حاصل از مطالعات مغناطیس سنجی (فلش سیاه رنگ) مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپوستگی دیگر در یک پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۶: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۳. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

در شکل ۴-۷ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح

زمین در طول پروفیل ۴ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل

به ترتیب ۰/۸۴ و ۱۶۹/۴ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۷)

مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل مقداری بالاتر از پروفیل قبلی است. به نحوی

که بیشینه مقاومت ویژه مشاهده شده از ۵۰۰ اهم متر فراتر است. همانند پروفیل ۳، این مسئله ناشی از گسترش نهشته

های آبرفتی و واحد های رسوبی خرد شده است. ناحیه با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی قرمز) در فاصله ایستگاهی

۵۰ تا ۱۰۰ متری پروفیل، منطبق بر نواحی با شدت مغناطیس بالا در نقشه برگردان به قطب (شکل ۴-۵) می باشد.

تغییرات مقاومت ویژه در این ناحیه، گسلش، خردشدگی و حتی وجود همبری مابین واحدهای رسوبی در این ناحیه

را تأیید می کند. علاوه بر این، چند ناپوستگی در مدل مقاومت ویژه قابل تشخیص است که می تواند ناشی از

عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. ناپوستگی های مزبور با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۷ مشخص

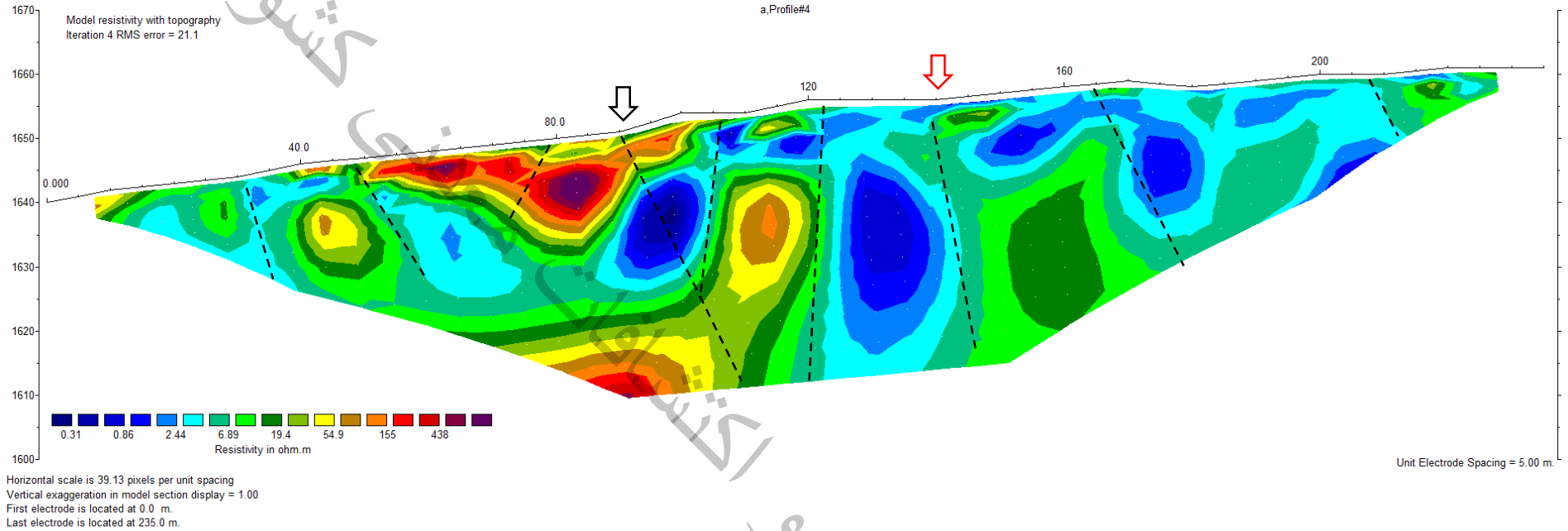
شده اند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با

پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط

گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدود ۲۰ متری از همبری مقاومت ویژه و ۵۰ متری از خطواره حاصل از

مطالعات مغناطیس سنجی (فلش سیاه رنگ) مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپوستگی دیگر در یک

پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۷: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۴. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

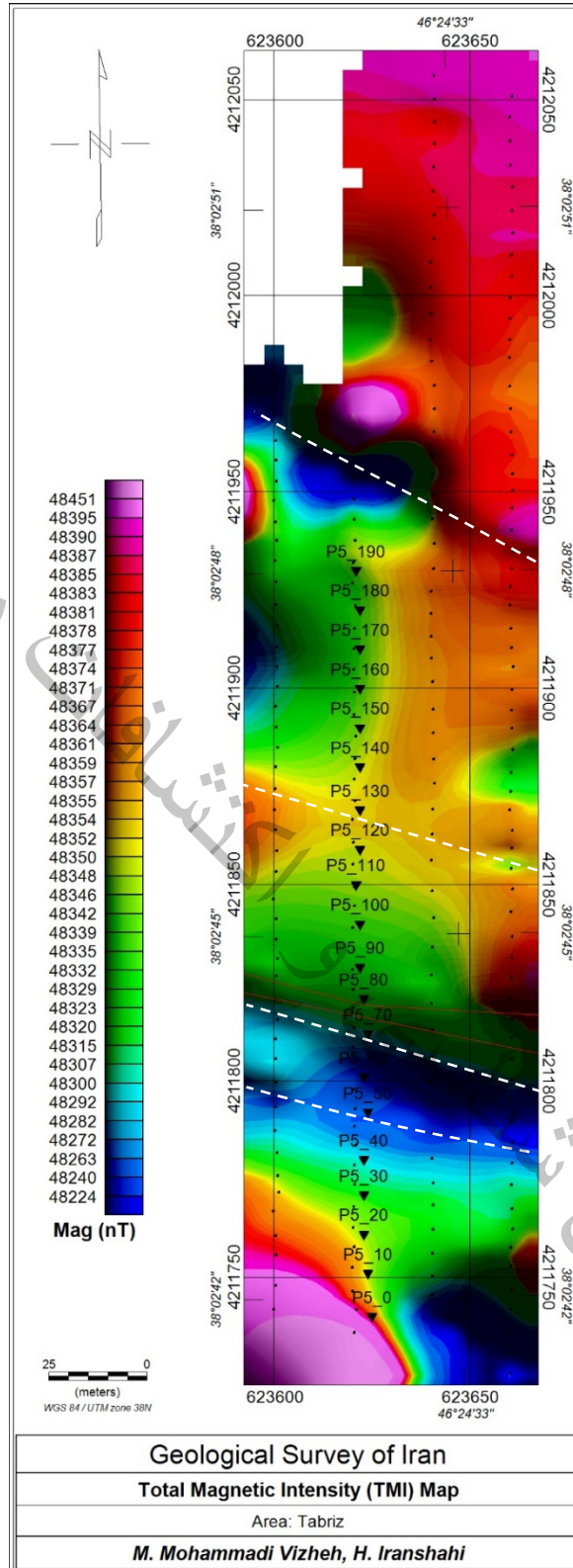
۴-۳-۱- مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۱-۳ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل ۵ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۸ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۴۶۷ و ۴۸۲۱۲ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۳۷۷ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری شده برابر با ۲۵۵ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۴-۸ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی بالا نیست. با این حال، دو ناحیه با شدت نسبی بالاتر (طیف رنگی قرمز رنگ) در شمال و جنوب نقشه قابل تشخیص است. به نظر می رسد ناحیه با شدت مغناطیس پایین در مرکز نقشه، تحت تاثیر سامانه گسلی بوده است. علاوه بر این، چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۸) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که احتمالاً ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه است، با خط چین های سفید رنگ در شکل ۴-۸ مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل ۵ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۸ به نمایش در آمده است.

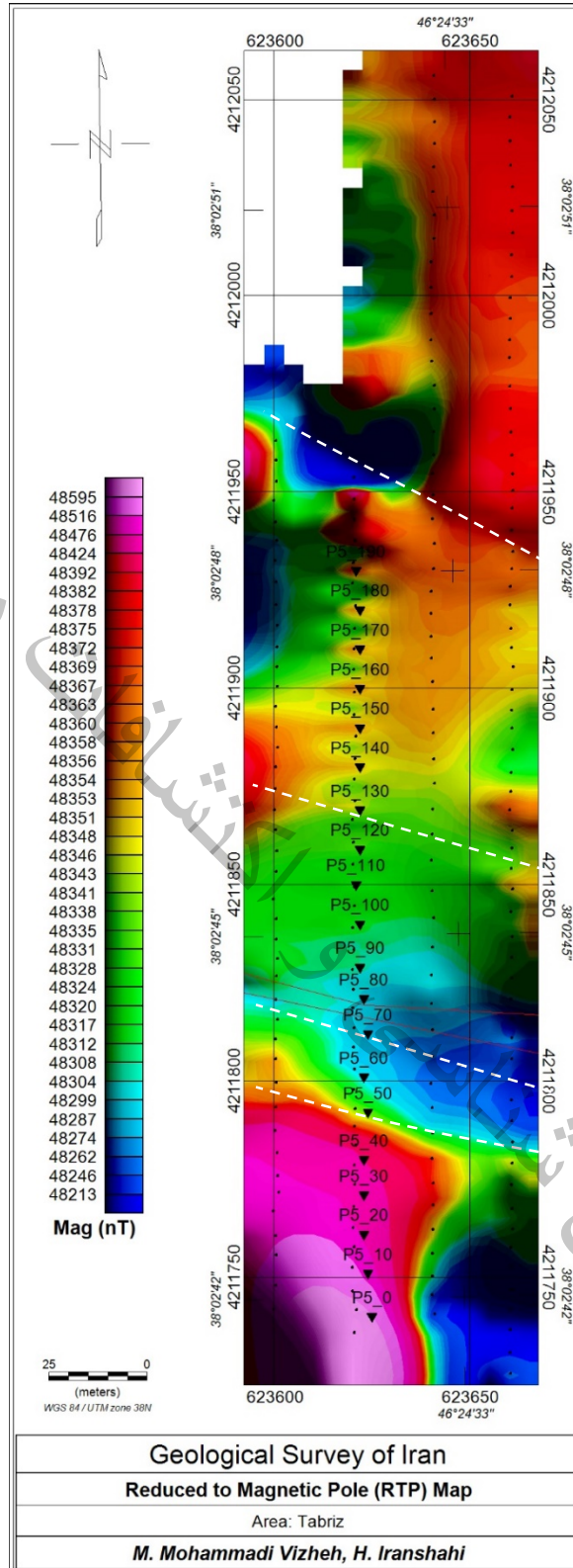
به منظور تعیین دقیق تر محل واقعی ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده شده و نتیجه در شکل ۴-۹ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق استاندارد جهانی در محل انجام برداشت ها عبارت است از:

Inclination=57.03, Declination=5.78



شکل ۴-۸: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل ۵ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

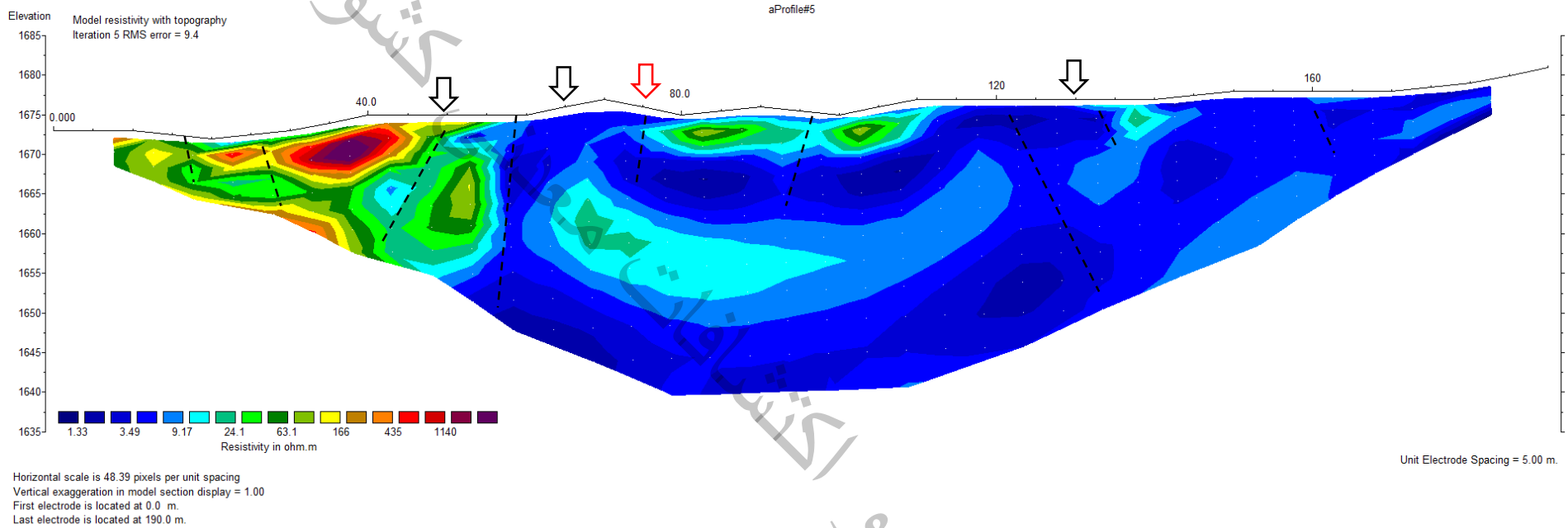
ژئوفیزیک



شکل ۴-۹: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل ۵ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

در شکل ۴-۱۰ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۵ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۱/۴ و ۳۹۸ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۱۰) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل مقداری بالاتر از دو پروفیل قبلی است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه فراتر از ۱۵۰۰ اهم متر می باشد. همانند پروفیل های ۳ و ۴، تغییرات مقاومت ویژه در ارتباط با گسترش نهشته های آبرفتی و خردشدگی واحدهای رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی قرمز) در فاصله ایستگاهی ۲۰ تا ۶۰ متری پروفیل، منطبق بر نواحی با شدت مغناطیس بالا در نقشه برگردان به قطب (شکل ۴-۹) می باشد. تغییرات مقاومت ویژه، وجود همبری مابین واحدهای رسوبی در این ناحیه را تأیید می کند. علاوه بر این، چند ناپیوستگی در مدل مقاومت ویژه قابل تشخیص است که می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. ناپیوستگی های مزبور با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۱۰ مشخص شده اند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدود ۲۰ متری از همبری مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۱۰: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۵. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.



۴-۴- پروفیل شماره ۶

۴-۴-۱- مطالعات مغناطیس سنجی

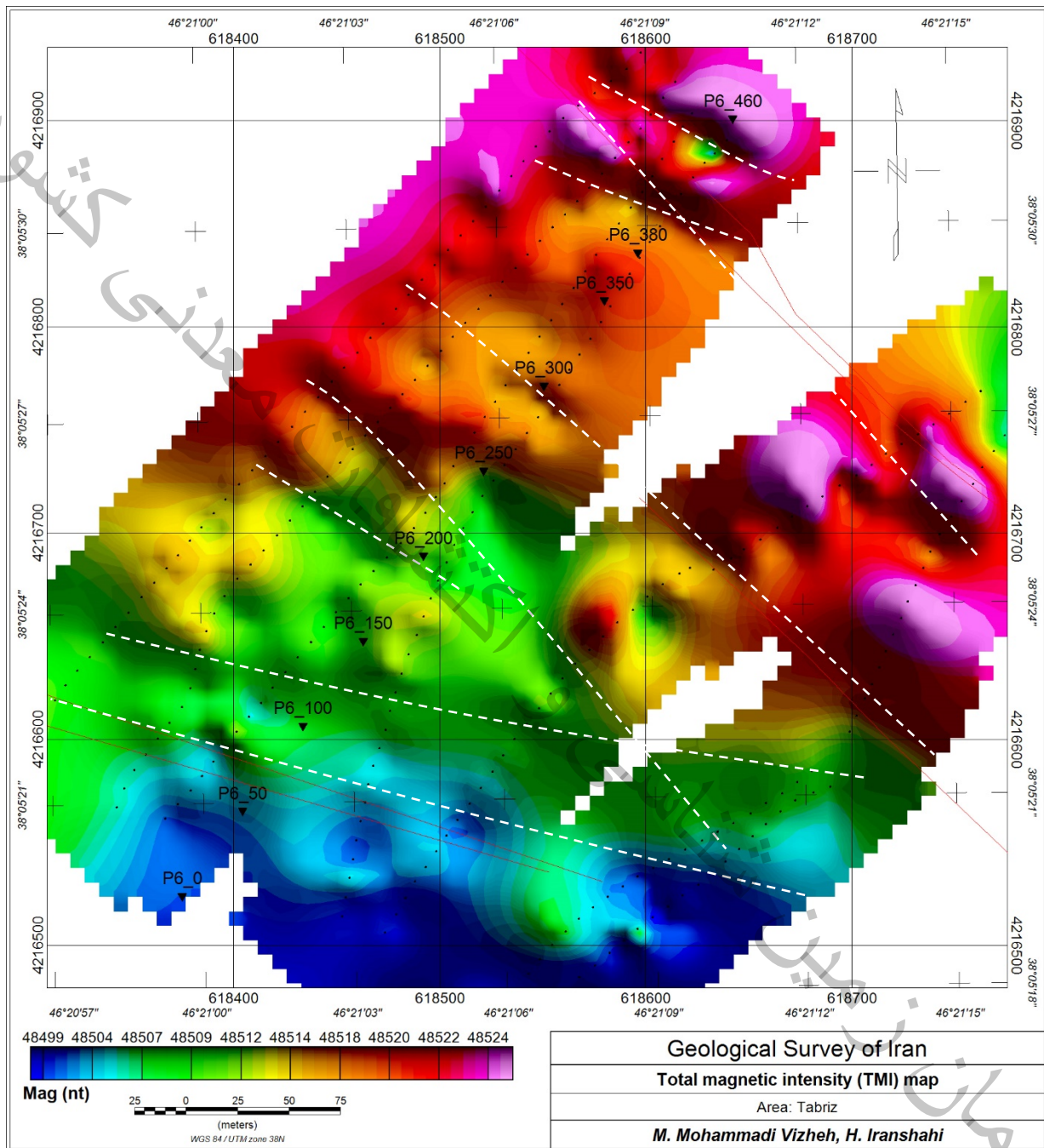
در شکل های ۳-۱ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل ۶ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۱۱ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۵۲۸ و ۴۸۴۹۹ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۵۱۸ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری شده برابر با ۲۹ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی پایین است. این مسئله ناشی از رخنمون واحد های رسوبی و با خواص مغناطیسی پایین در کنار یکدیگر می باشد. با این حال، ساختارهای واقع در شمال شرق محدوده از خواص مغناطیس نسبی بالاتری (طیف رنگی قرمز رنگ) برخوردار می باشند. علاوه بر این چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۱۱) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که احتمالاً ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با خط چین های سفید رنگ در شکل ۴-۱ مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل ۶ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۱۱ به نمایش در آمده است.

به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده شده و نتیجه در شکل ۴-۱۲ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق استاندارد جهانی در محل انجام برداشت ها عبارت است از:

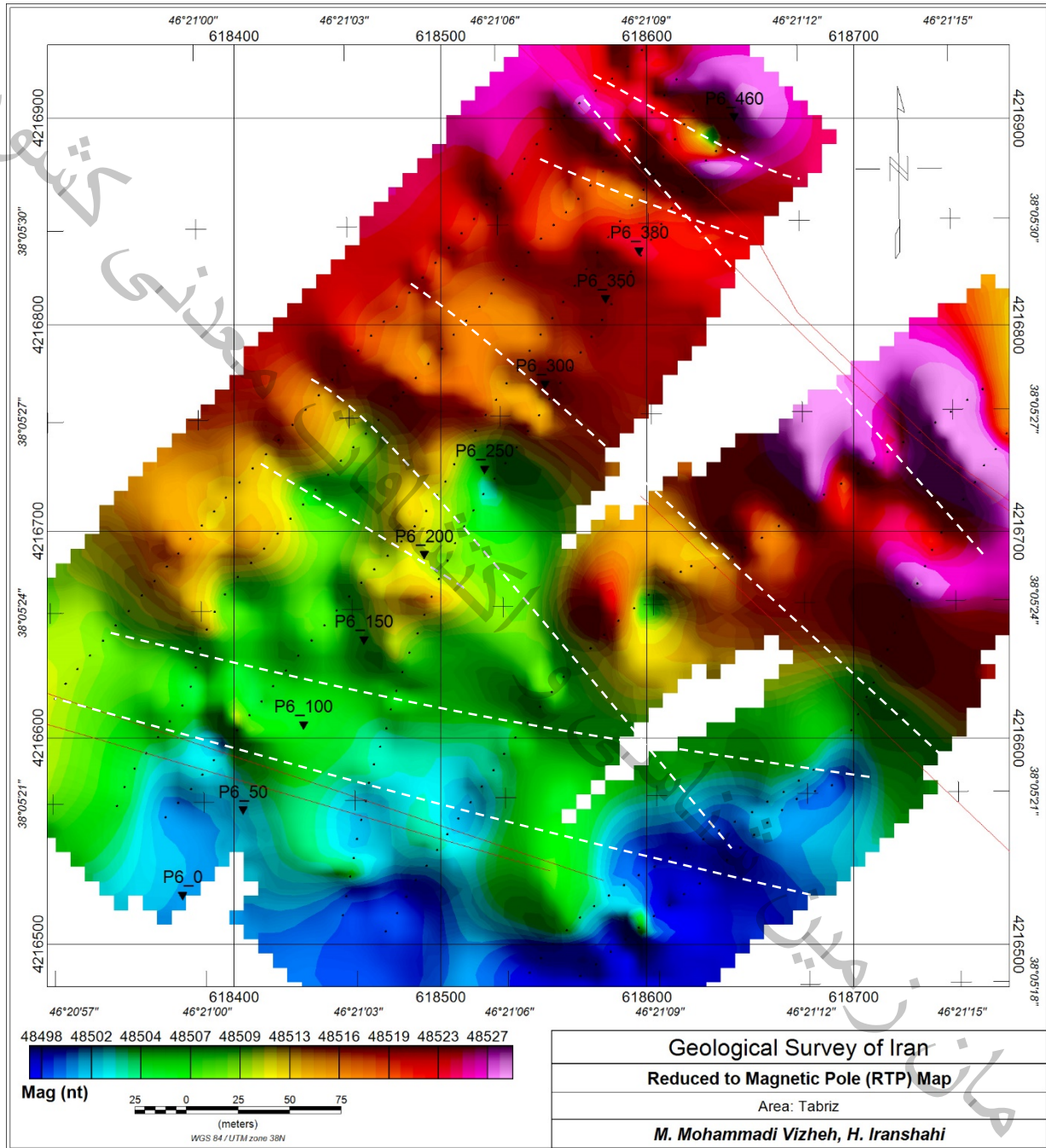
ژئوفیزیک

Inclination=57.03, Declination=5.78



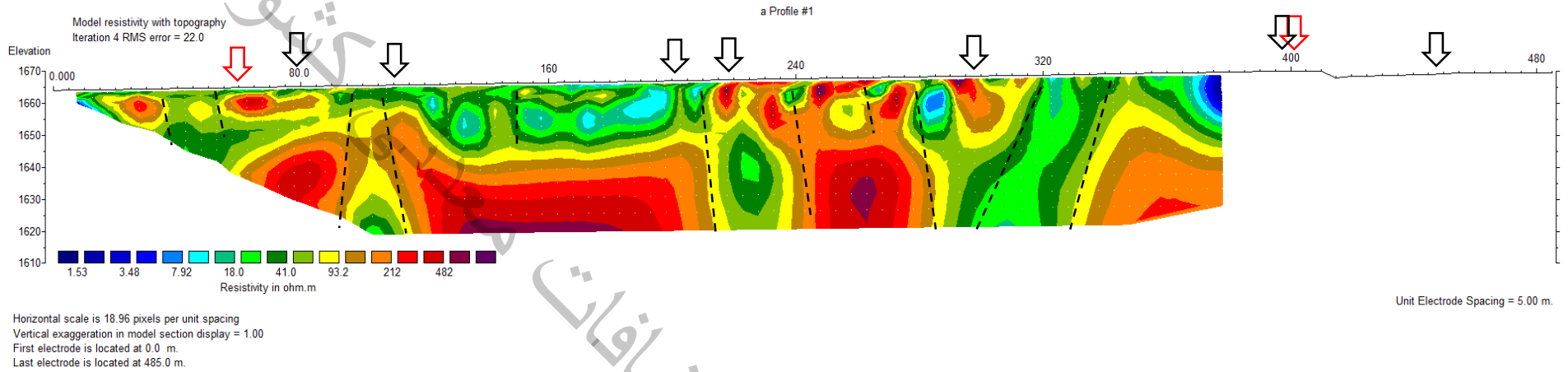
شکل ۴-۱۱: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل ۶ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



شکل ۴-۱۲: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل ۶ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

در شکل ۴-۱۳ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۶ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۴/۶۵ و ۳۲۸۳ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۱۳) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل خیلی بالا نیست. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه فراتر از ۶۰۰ اهم متر نمی باشد. همانند پروفیل های قبلی، تغییرات مقاومت ویژه در ارتباط با گسترش نهشته های آبرفتی و خردشدگی واحد های رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی قرمز) در فاصله ایستگاهی ۲۰۰ تا انتهای پروفیل، منطبق بر نواحی با شدت نسبی بالاتر در نقشه برگردان به قطب مغناطیسی (شکل ۴-۱۲) می باشد. تغییرات مقاومت ویژه، عمدتاً در ارتباط با شکستگی و گسلش در واحدهای رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی و گسلش های احتمالی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۱۳ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله از همبری های اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۱۳: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۶. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

۴-۵-۱- مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۳-۱ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل های

۷ و ۸ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۴-

۱۴ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی

اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۷۹۴ و ۴۶۲۹۸ گاما بوده و حد زمینه در این

منطقه ۴۸۴۸۰ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری

شده برابر با ۲۴۹۶ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۴-۱۴ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی بیشتر از محدوده های

قبلی است. این مسئله ناشی از حضور ضایعات فلزی مدفون و در سطح زمین در قسمت شمالی غرب محدوده

می باشد. صرف نظر از بی هنجاری مشخص شده در شمال غرب نقشه، تغییرات شدت میدان مغناطیس در سایر نقاط

مشابه سایر نواحی مورد مطالعه است. این مسئله ناشی از حضور نهشته های آبرفتی بر روی واحد های سنگی رسوبی

و با خواص مغناطیسی پایین می باشد. با این حال، چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۱۴) قابل

تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که احتمالاً ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با

خط چین های سفید رنگ در شکل ۴-۱۴ مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل

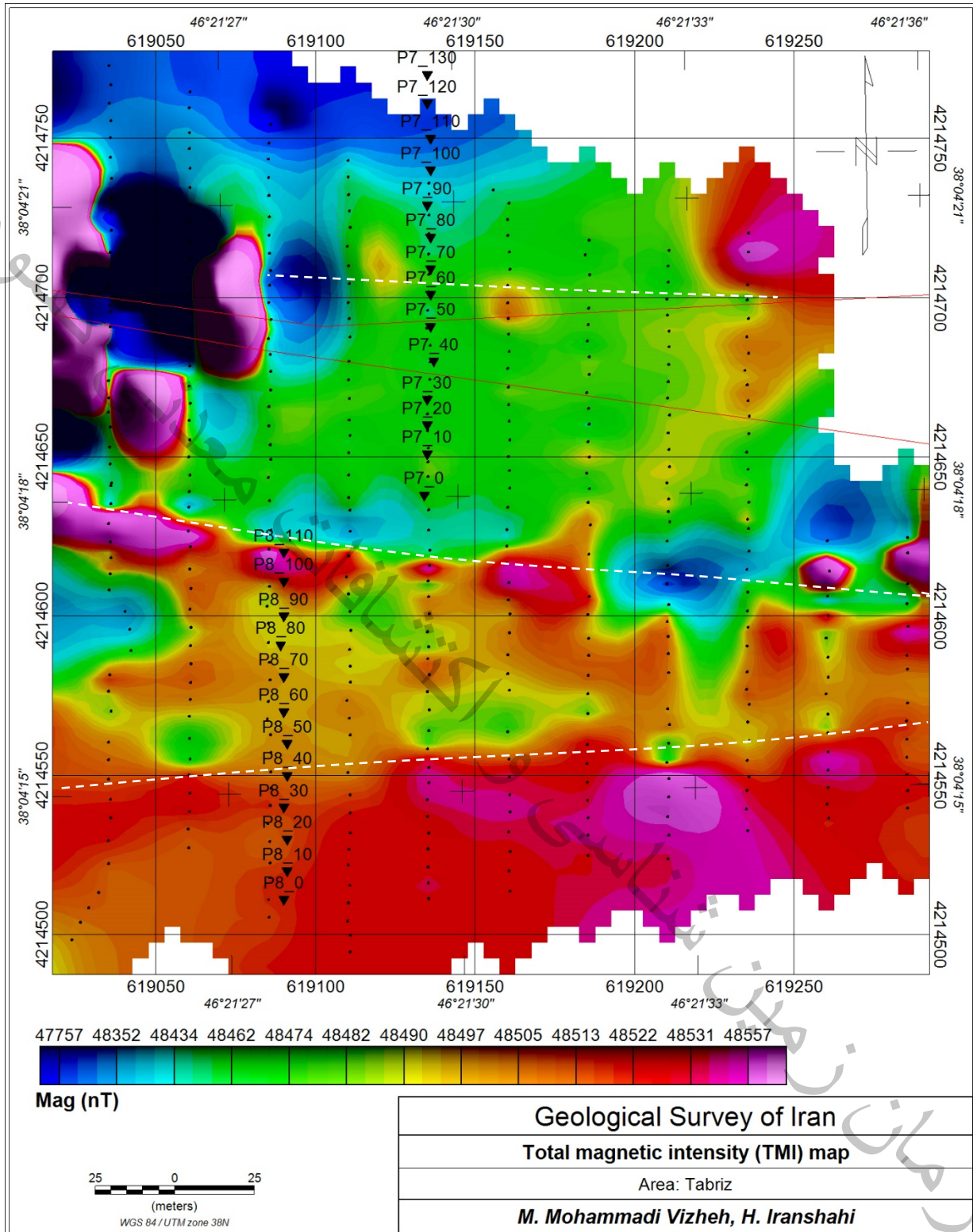
های ۷ و ۸ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۱۴ به نمایش در آمده است.

به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده

شده و نتیجه در شکل ۴-۱۵ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق

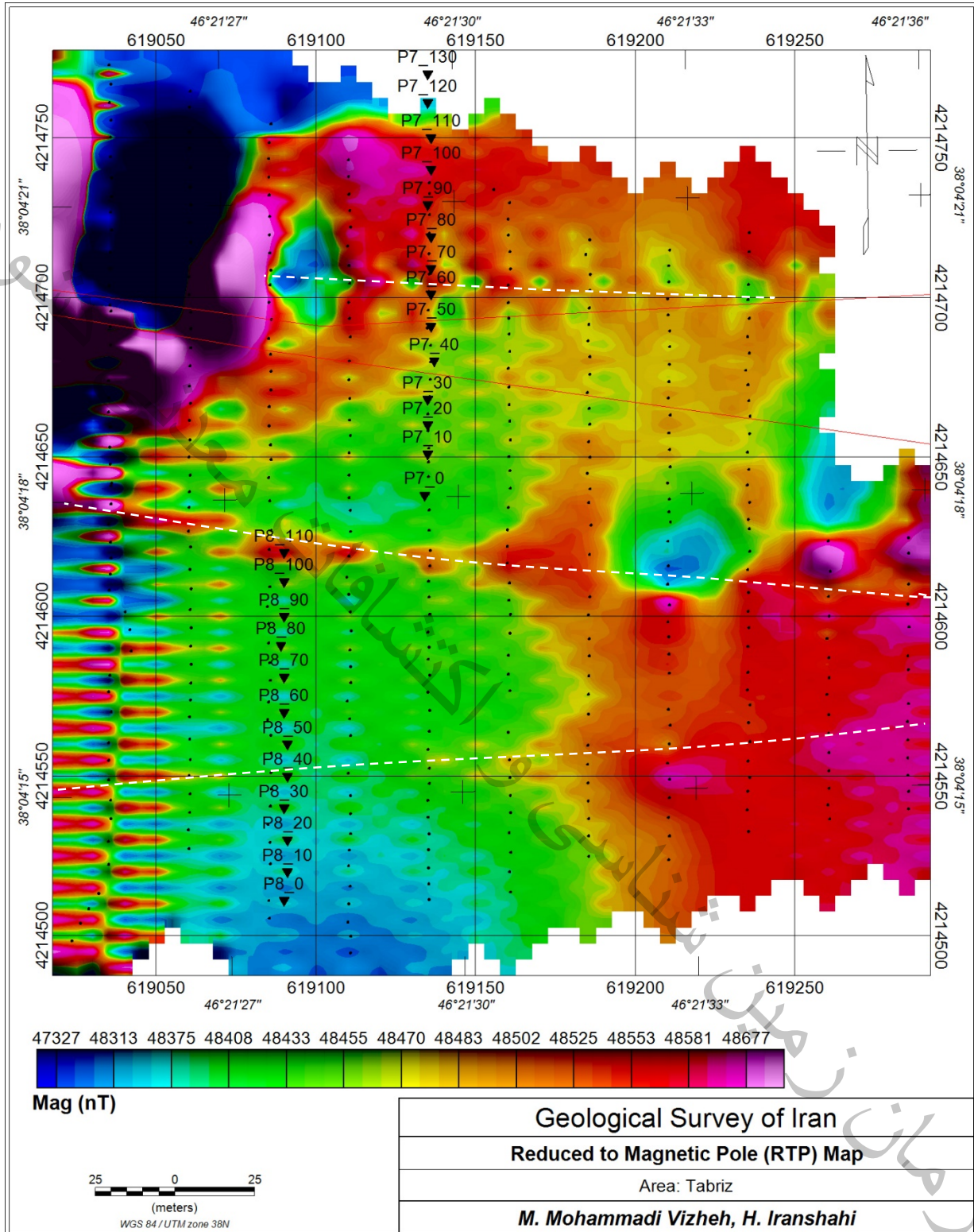
استاندارد جهانی در محل انجام برداشت‌ها عبارت است از:

Inclination=57.06, Declination=5.79



شکل ۴-۱۴: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل های ۷ و ۸ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



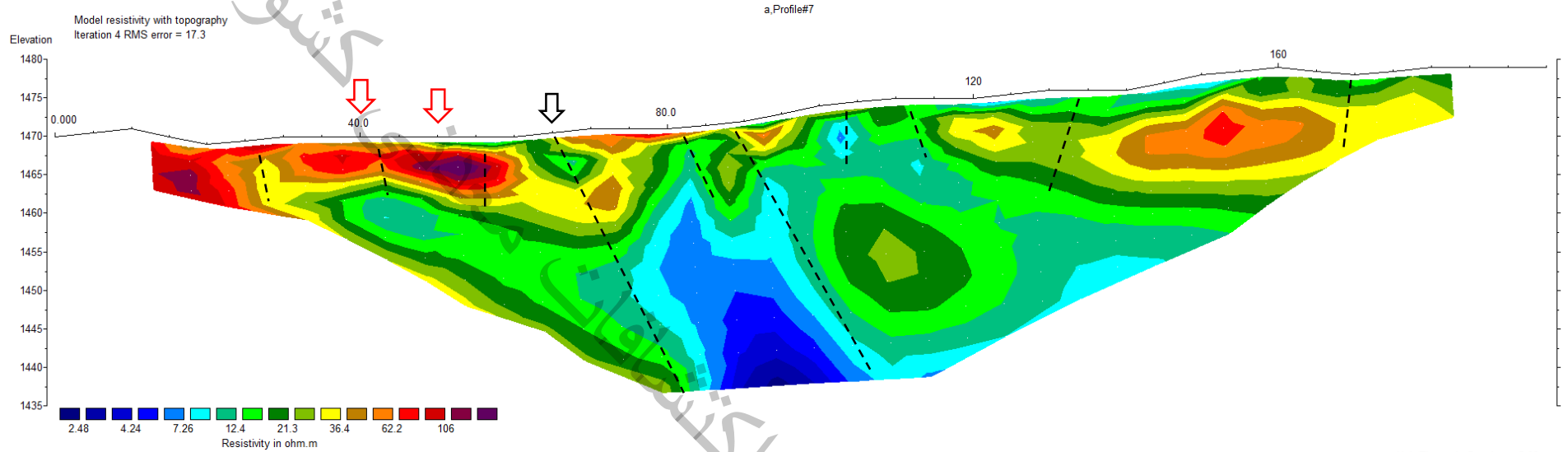
شکل ۴-۱۵: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل های ۷ و ۸ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



۴-۵-۲- مطالعات مقاومت ویژه پروفیل های ۷ و ۸

در شکل ۴-۱۶ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۷ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۲/۸ و ۸۰۹۱۰ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۱۶) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل کمتر از محدوده قبلی است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه فراتر از ۲۰۰ اهم متر نمی باشد. این مسئله ناشی از ضخامت قابل توجه نهشته های آبرفتی در محل این پروفیل می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر اندازه دانه های رسوبی بواسطه فرایند رسوب گذاری و همچنین گسلش های احتمالی در نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۱۶ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدودی ۱۵ تا ۳۵ متری از همبری های مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



Horizontal scale is 47.15 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 195.0 m.

Unit Electrode Spacing = 5.00 m.

شکل ۴-۱۶: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۷. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

ژئوفیزیک

در شکل ۴-۱۷ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح

زمین در طول پروفیل ۸ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل

به ترتیب ۳/۹ و ۳۶/۹ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۱۷)

مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل، حتی کمتر از مقادیر مشاهده شده در طول

پروفیل ۷ می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه فراتر از ۱۰۰ اهم متر نمی باشد. این مسئله ناشی از حضور

نهشته های ریزدانه و ضخامت قابل توجه نهشته های آبرفتی در محل این پروفیل می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه

در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر اندازه دانه های رسوبی بواسطه فرایند رسوب گذاری و همچنین شکستگی

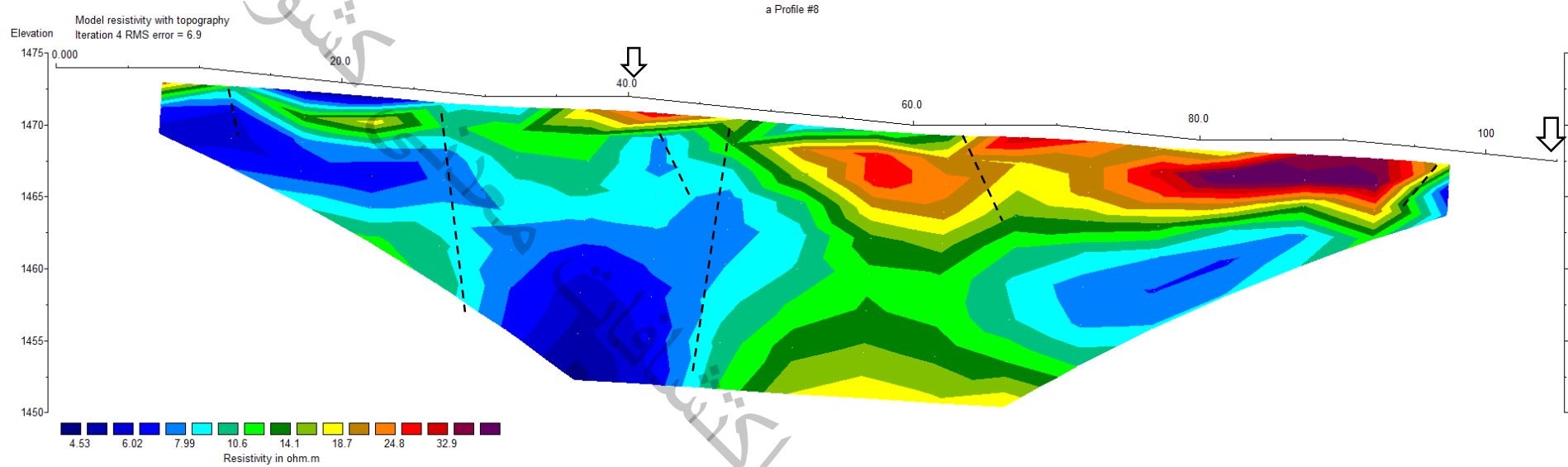
های احتمالی در نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-

۱۷ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت خطواره های حاصل از

نقشه های مغناطیس سنجی با پیکان های سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. در محل این

پروفیل، گسلی در مطالعات تکتونیک مشاهده نشده است. با این حال، خطواره مشاهده شده در مطالعات مغناطیس

سنجی تقریباً منطبق بر همبری مقاومت ویژه می باشد.



Horizontal scale is 87.57 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 105.0 m.

شکل ۴-۱۷: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۸ موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

۴-۶-۱ مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۲-۳ و ۳-۴ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل ۹

آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۱۸ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۶۳۰ و ۴۸۳۱۵ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۴۷۲ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری شده برابر با ۳۱۵ گاما می باشد.

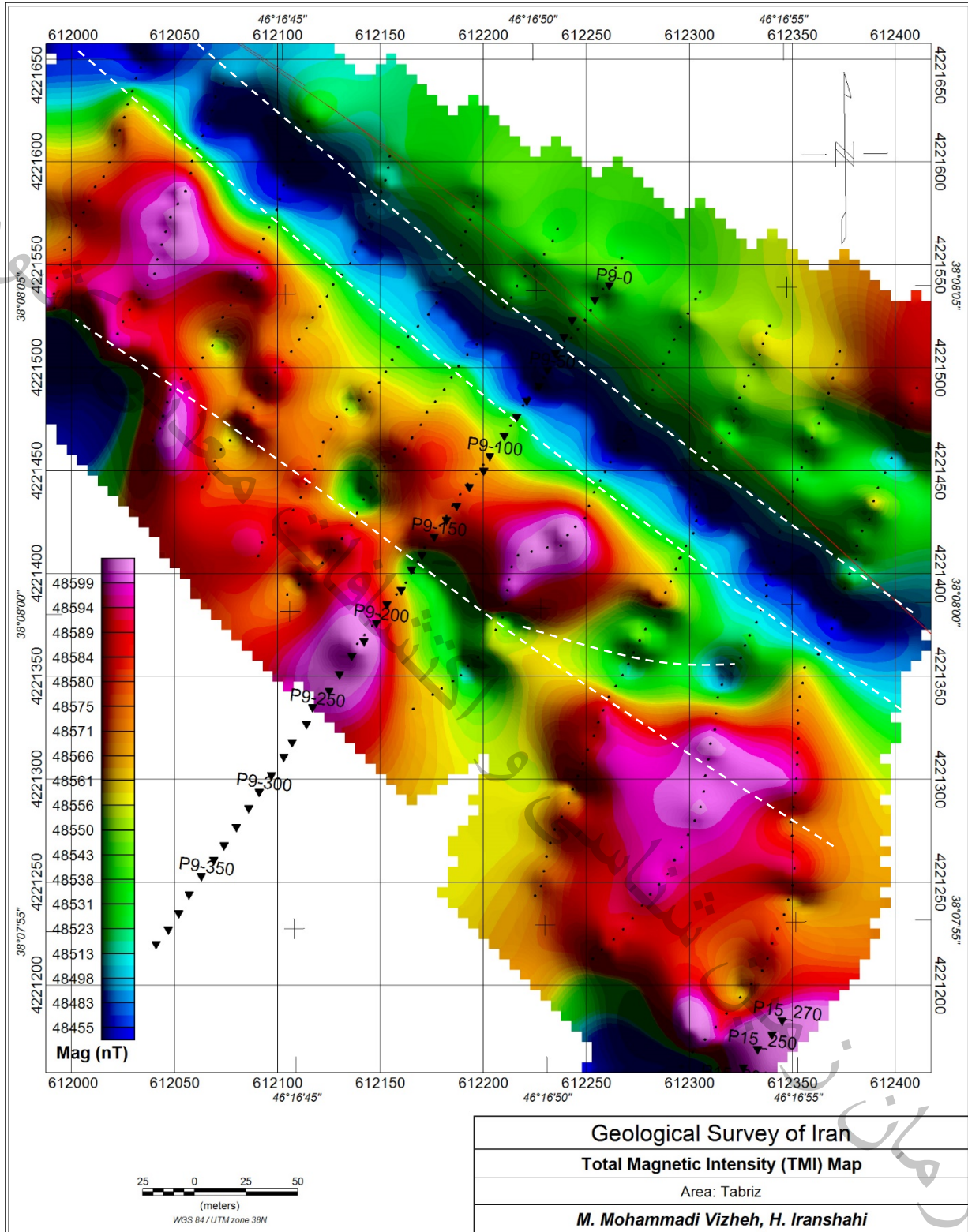
همانطور که در شکل ۴-۱ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس نسبتا بالا است. این مسئله ناشی از رخنمون واحد های مختلف رسوبی و با خواص مغناطیسی مختلف در کنار یکدیگر می باشد. ساختارهای واقع در جنوب غرب محدوده از خواص مغناطیس نسبی بالاتری (طیف رنگی قرمز رنگ) برخوردار می باشند. این مسئله ناشی از همبری واحدهای مارنی (در نیمه شمال شرقی محدوده) با تپه ماهورهایی است که از نهشته های آبرفتی پوشیده هستند. به نظر زیر این نهشته های آبرفتی، واحدهای رسوبی از جنس ماسه سنگ ها، شیل ها و کنگلومراهای قرمز قرار گرفته اند. علاوه بر این چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۱۱) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که احتمالا ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با خط چین های سفید رنگ در شکل ۴-۱۸ مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل ۹ و همچنین برخی از ایستگاه های پروفیل ۱۵ (در جنوب شرق نقشه) با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۱۸ به نمایش در آمده است.

به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده

شده و نتیجه در شکل ۴-۱۹ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق

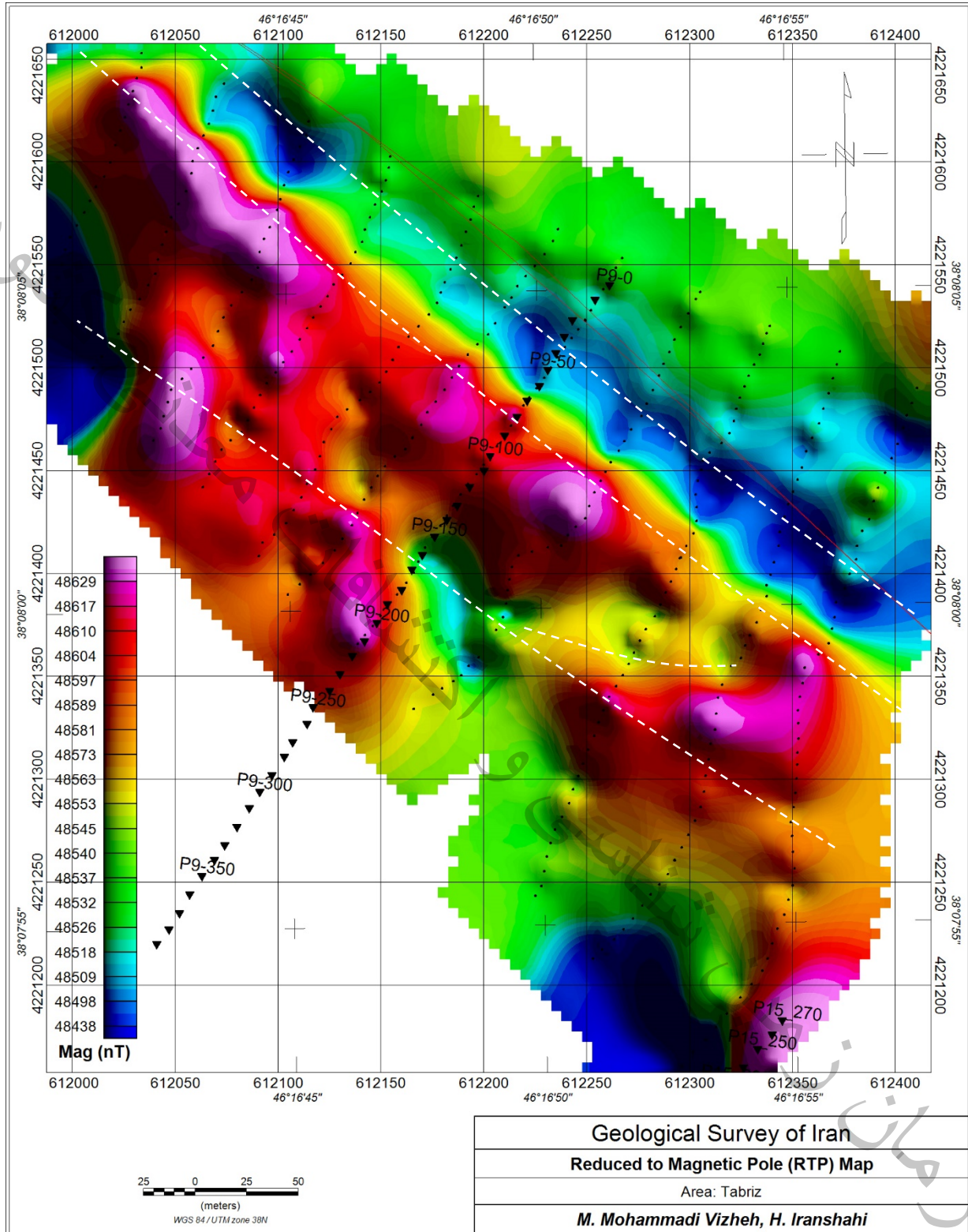
استاندارد جهانی در محل انجام برداشت‌ها عبارت است از:

Inclination=57.12, Declination=5.81



شکل ۴-۱۸: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل ۹ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

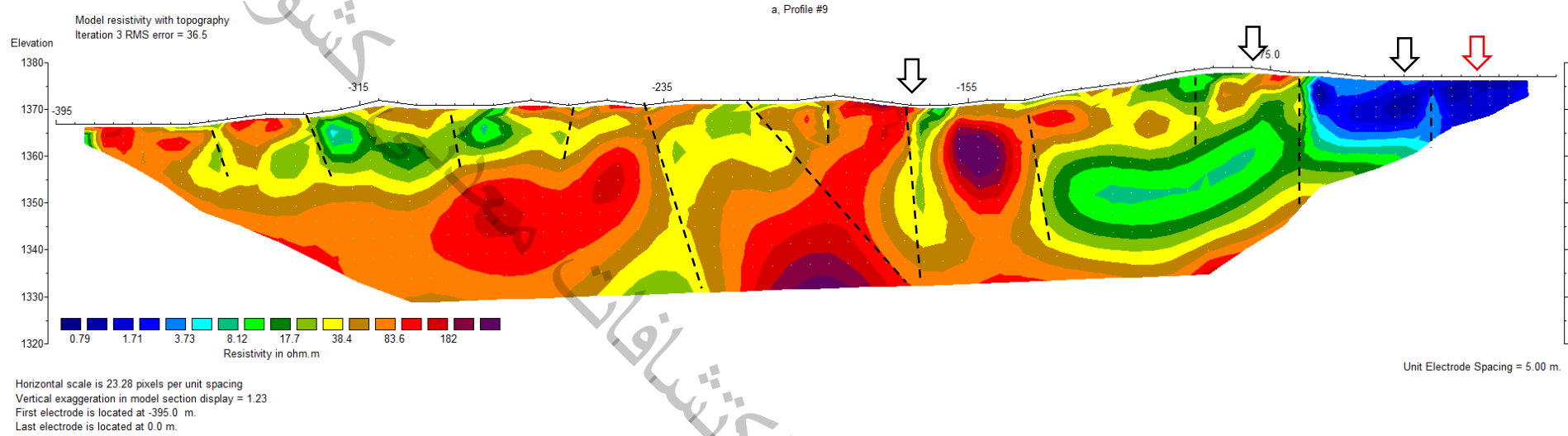


شکل ۴-۱۹: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل ۹ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



در شکل ۴-۲۰ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۹ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۲/۳- و ۲۹۵ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۲۰) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل، بیشتر از مقادیر مشاهده شده در طول پروفیل های ۷ و ۸ می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه آن فراتر از ۲۵۰ اهم متر نمی باشد. این مسئله ناشی از حضور نهشته های آبرفتی بر روی واحدهای رسوبی هوازده و همچنین رخنمون مارن های قرمز می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر اندازه دانه های رسوبی بواسطه فرایند رسوب گذاری، تغییر جنس واحدهای رسوبی و همچنین، شکستگی های احتمالی در آنها تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه پایین (طیف آبی رنگ در فاصله ایستگاهی ۷۰- تا ۰) در انتهای پروفیل، منطبق بر ناحیه با خواص مغناطیس پایین در نقشه برگردان به قطب (شکل ۴-۱۹) می باشد. این ناحیه در ارتباط با مارن های قرمز و پهنه گسلی خرد شده در این ناحیه به نظر می رسد. ناپیوستگی و گسلش های احتمالی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۰ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدودی ۵۰ متری از همبری اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۲۰: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۹. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

۴-۲-۱ مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۱-۳ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل

۱۰ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۲۱

نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی

اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۵۱۸ و ۴۸۴۸۹ گاما بوده و حد زمینه در این

منطقه ۴۸۵۰۳ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری

شده برابر با ۲۹ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۴-۲۱ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی پایین است. این مسئله

ناشی از رخنمون واحد های رسوبی و با خواص مغناطیسی پایین در کنار یکدیگر می باشد. با این حال، نواحی

شمالی محدوده از خواص مغناطیس نسبی بالاتری (طیف رنگی قرمز رنگ) برخوردار می باشند. علاوه بر این چند

روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۲۱) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که

احتمالاً ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با خط چین های سفید رنگ در شکل ۴-۲۱ مشخص

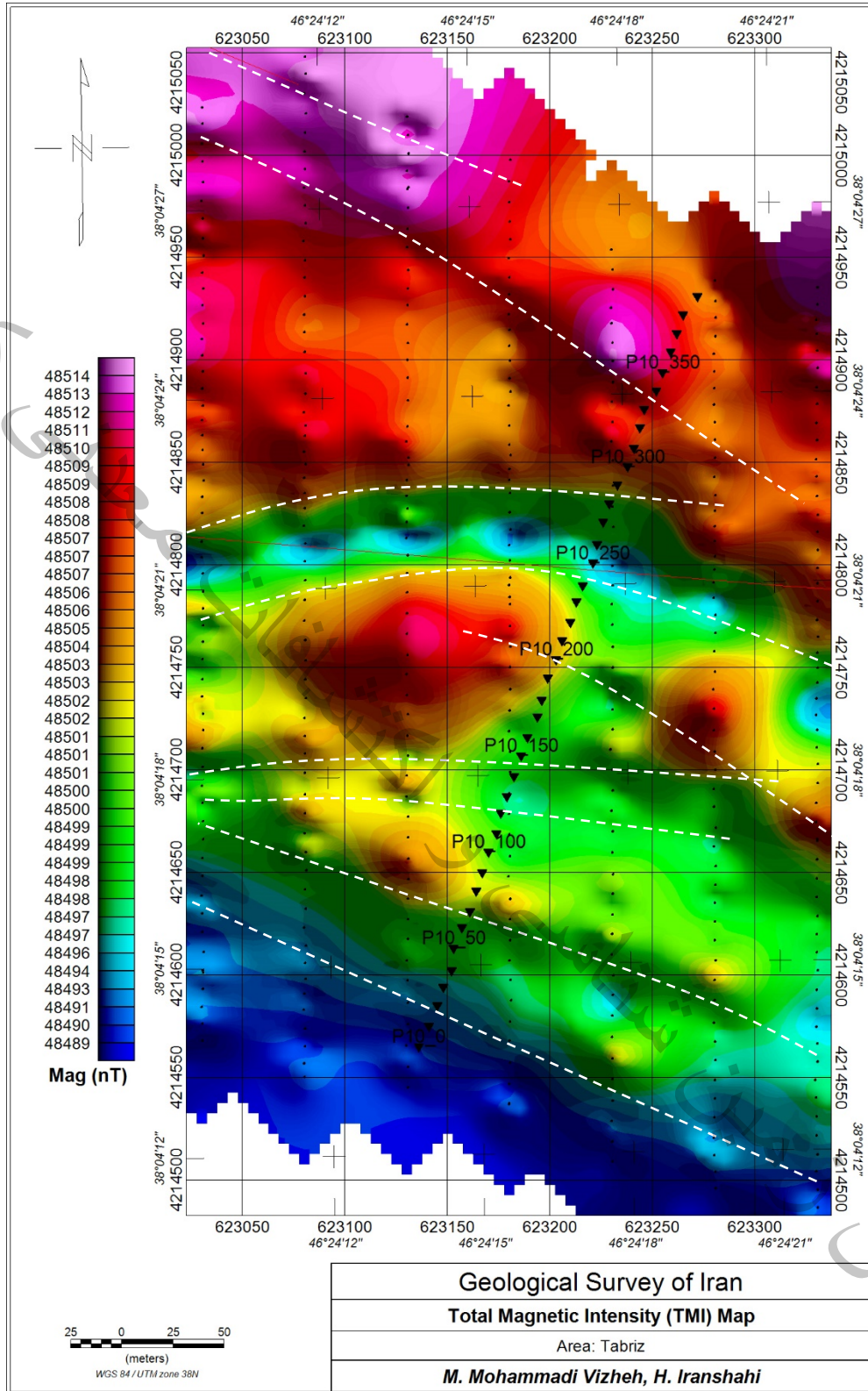
شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل ۱۰ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۱ به نمایش

در آمده است.

به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده

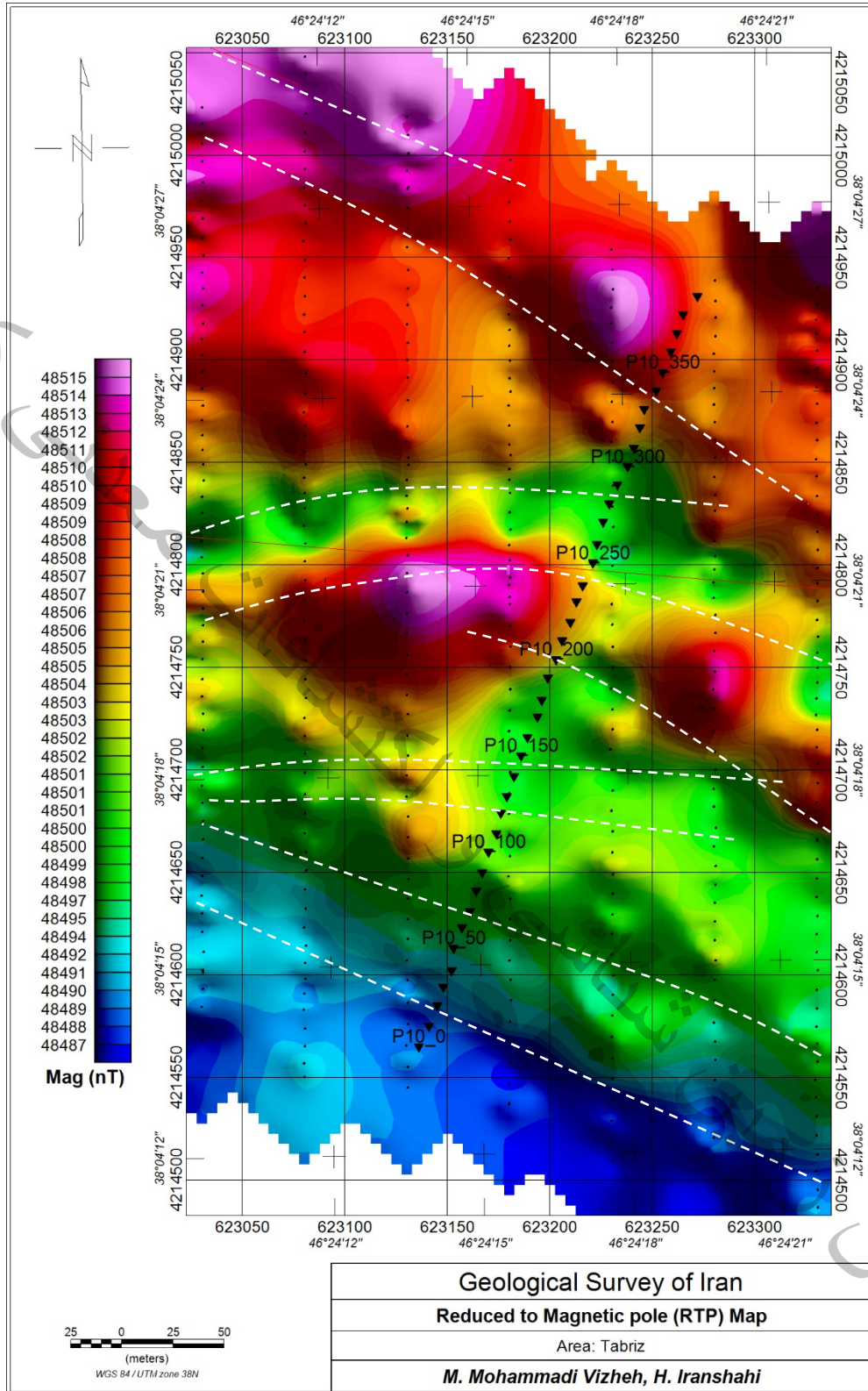
شده و نتیجه در شکل ۴-۲۲ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق

استاندارد جهانی در محل انجام برداشت ها عبارت است از: $Inclination=54.83$, $Declination=3$



شکل ۴-۲۱: نقشه شدت کل میدان مغناطیسی در محدوده پروفیل ۱۰ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

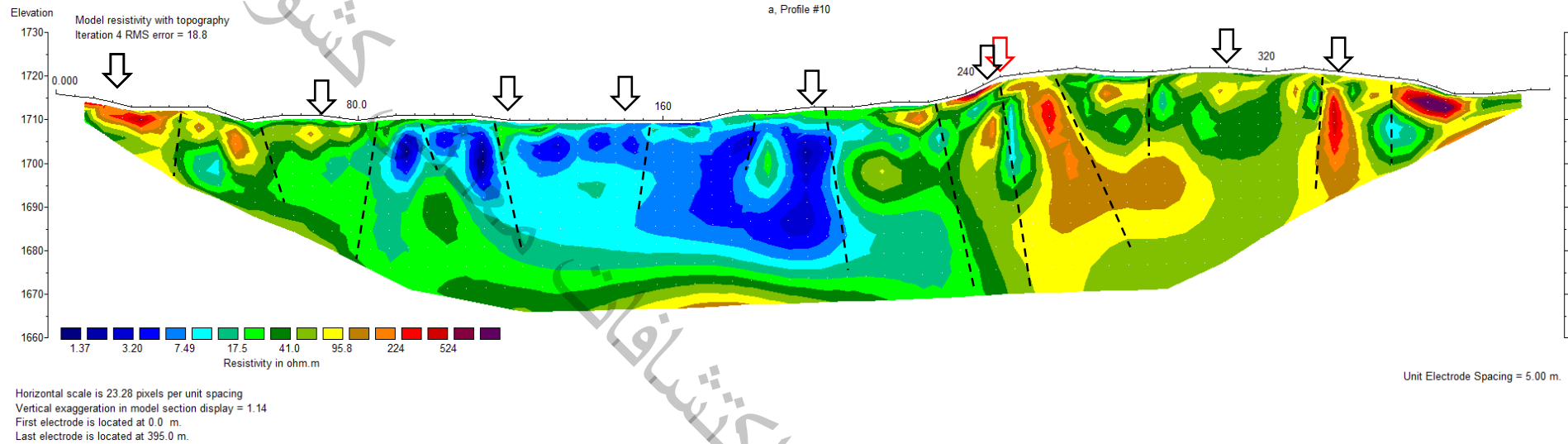


شکل ۴-۲۲: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل ۱۰ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



در شکل ۴-۲۳ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۰ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۳/۸- و ۲۵۷ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۲۳) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل نسبتا بالا است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه مشاهده شده از ۷۰۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از حضور واحدهای سنگی رسوبی در کنار نهشته های آبرفتی می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با حضور واحدهای سنگی، هوازگی و شکستگی آنها و ضخامت نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف سبز تا بنفش) در فاصله ایستگاهی ۲۲۰ تا انتهای پروفیل، منطبق بر ناحیه با خواص مغناطیس نسبی بالا در نقشه برگردان به قطب (شکل ۴-۲۲) می باشد. این ناحیه در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود که در مقایسه با نهشته های آبرفتی از خواص مغناطیس و مقاومت ویژه بالاتری برخوردار می باشد. ناپیوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۳ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدودی ۱۰ متری از همبری اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۲۳: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۰. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.



۴-۸- پروفیل های شماره ۱۱ و ۱۲

۴-۸-۱- مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۳-۲ و ۳-۴ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل های

۱۱ و ۱۲ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل

۴-۲۴ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان

مغناطیسی اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۶۲۳ و ۴۸۵۹۶ گاما بوده و حد زمینه

در این منطقه ۴۸۶۱۰ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه

گیری شده برابر با ۲۷ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۴-۲۴ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی پایین است. این مسئله

ناشی از گسترش نهشته های رسوبی و عدم رخنمون واحدهای سنگی در سطح زمین می باشد. با این حال،

ساختارهای واقع در جنوب محدوده از خواص مغناطیس نسبی بالاتری (طیف رنگی قرمز رنگ) برخوردار می باشند.

این مسئله احتمالاً ناشی از ضخامت کمتر رسوبات بر روی واحد سنگی رسوبی در این ناحیه است. علاوه بر این،

چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۲۴) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که

ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه به نظر می رسند، با خط چین های سفید رنگ مشخص شده اند.

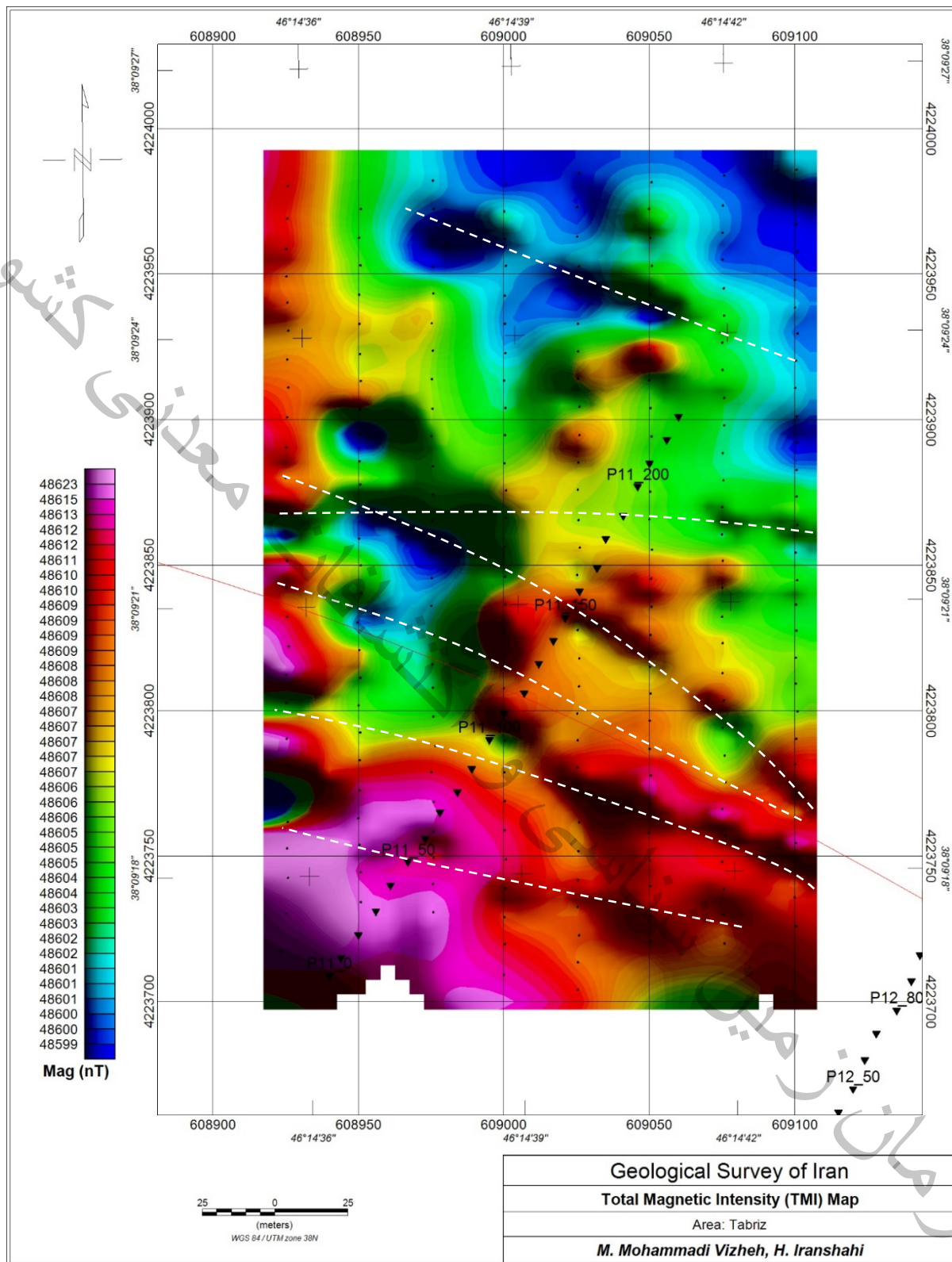
علاوه بر این، موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل های ۱۱ و ۱۲ با مثلث های سیاه رنگ در شکل

۴-۲۴ به نمایش در آمده است. به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس

به قطب برگردانده شده و نتیجه در شکل ۴-۲۵ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف

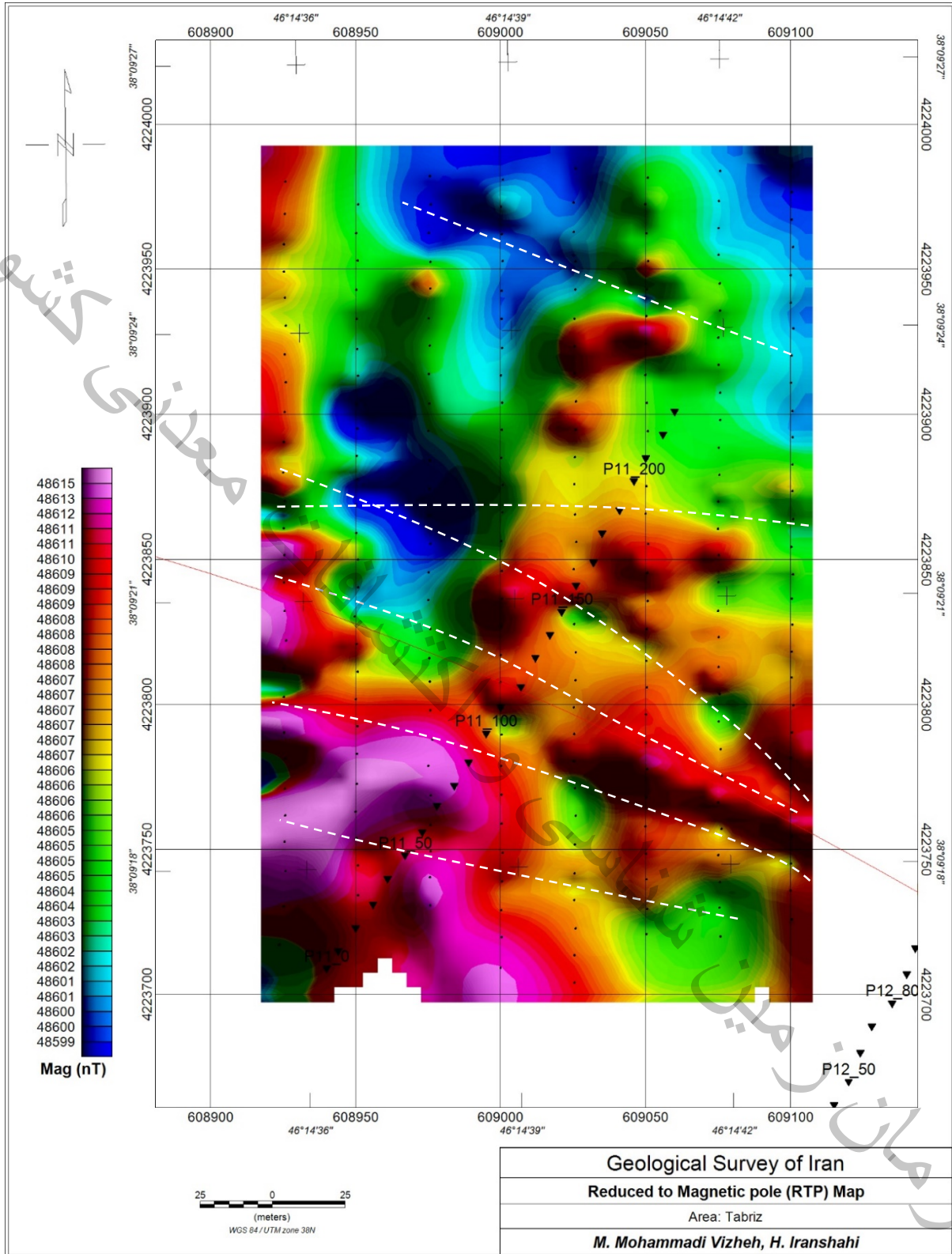
مغناطیسی طبق استاندارد جهانی در محل انجام برداشت ها عبارت است از: $Inclination=55.2$, $Declination=3.47$

ژئوفیزیک



شکل ۴-۲۴: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل های ۱۱ و ۱۲ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

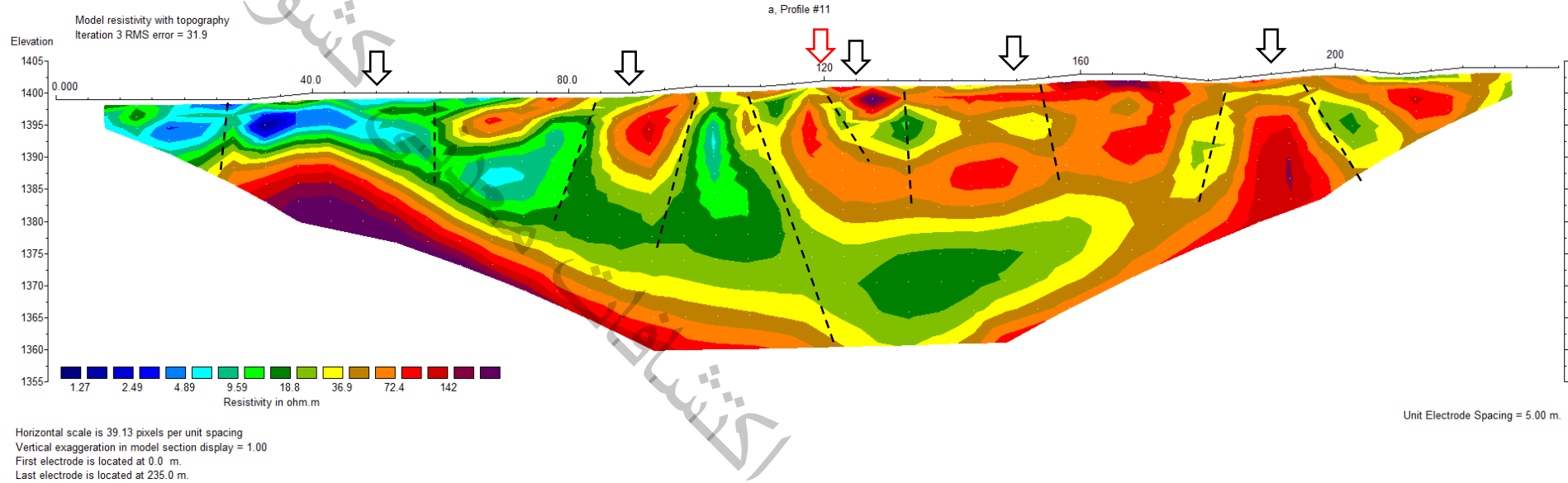


شکل ۴-۲۵: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل های ۱۱ و ۱۲ همراه با ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

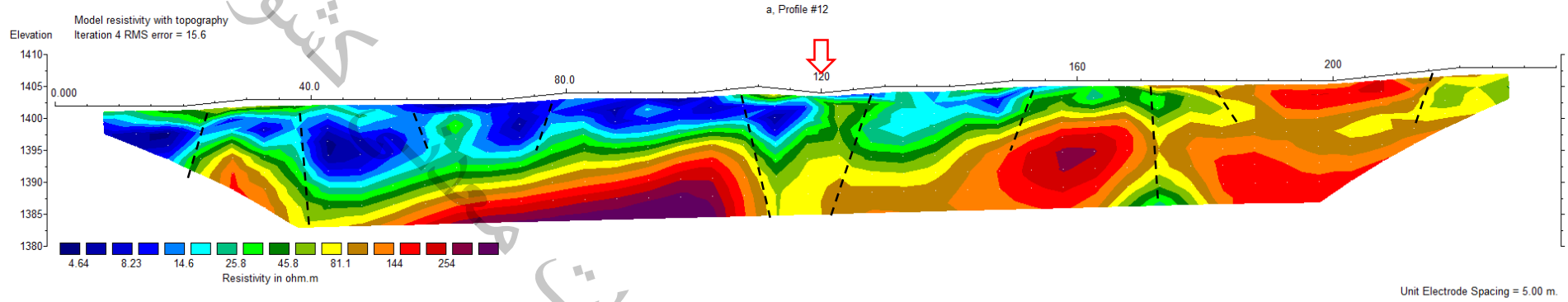


در شکل ۴-۲۶ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۱ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۳۷- و ۲۲۵ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۲۶) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل کمتر از پروفیل قبلی است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۲۵۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های رسوبی و عدم رخنمون واحد های سنگی در این محدوده می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی و حضور واحد سنگی رسوبی در عمق تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی بنفش) در ابتدای پروفیل، منطبق بر ناحیه با خواص مغناطیس نسبی بالا در نقشه برگردان به قطب (شکل ۴-۲۲) می باشد. این ناحیه در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود که در مقایسه با نهشته های آبرفتی از خواص مغناطیس و مقاومت ویژه بالاتری برخوردار می باشد. ناپیوستگی و گسلش های احتمالی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۳ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدودی ۱۵ متری از همبری اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۲۶: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۱. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

در شکل ۴-۲۷ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۲ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۳۱۹- و ۱۶۶/۵ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۲۷) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل همانند پروفیل ۱۱ می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۲۵۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های رسوبی و عدم رخنمون واحد های سنگی در این محدوده می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی و حضور واحد سنگی رسوبی در عمق تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز بنفش) در ابتدای پروفیل در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود. این واحد در مقایسه با نهشته های آبرفتی از خواص مغناطیس و مقاومت ویژه بالاتری برخوردار می باشد. ناپیوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۷ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل از مطالعات تکتونیک با پیکان های قرمز مشخص شده است. به دلیل محدودیت های موجود، داده های مغناطیس سنجی محدوده مورد بررسی، این پروفیل را پوشش نداده است. با این حال با توجه به مجاورت به پروفیل ۱۱، می توان ارتباط منطقی مابین ساختارهای زیرسطحی در دو پروفیل مشاهده کرد. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) منطبق بر گسستگی اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



Horizontal scale is 39.13 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 235.0 m.

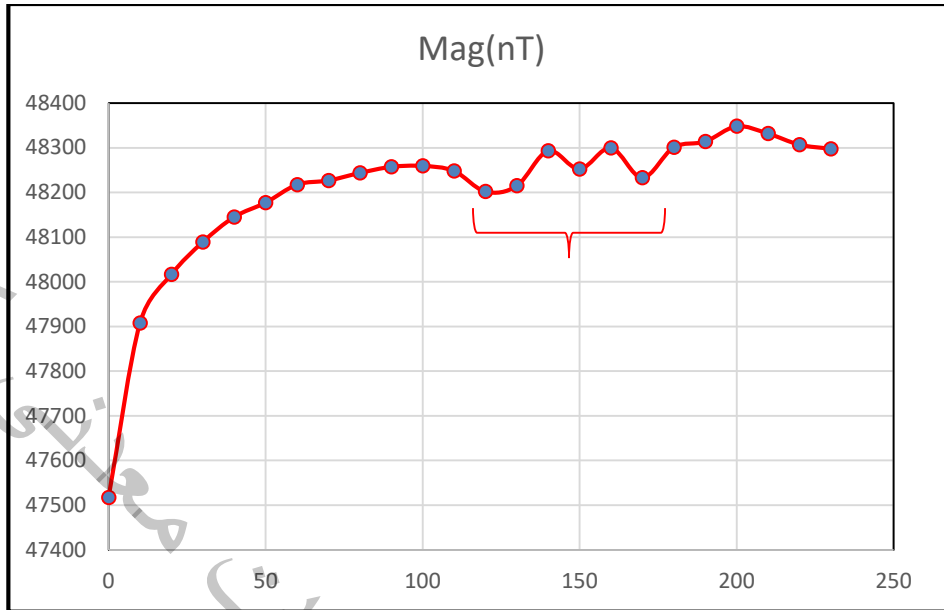
شکل ۴-۲۷: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۲. موقعیت گسل ها از مطالعات تکنونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.



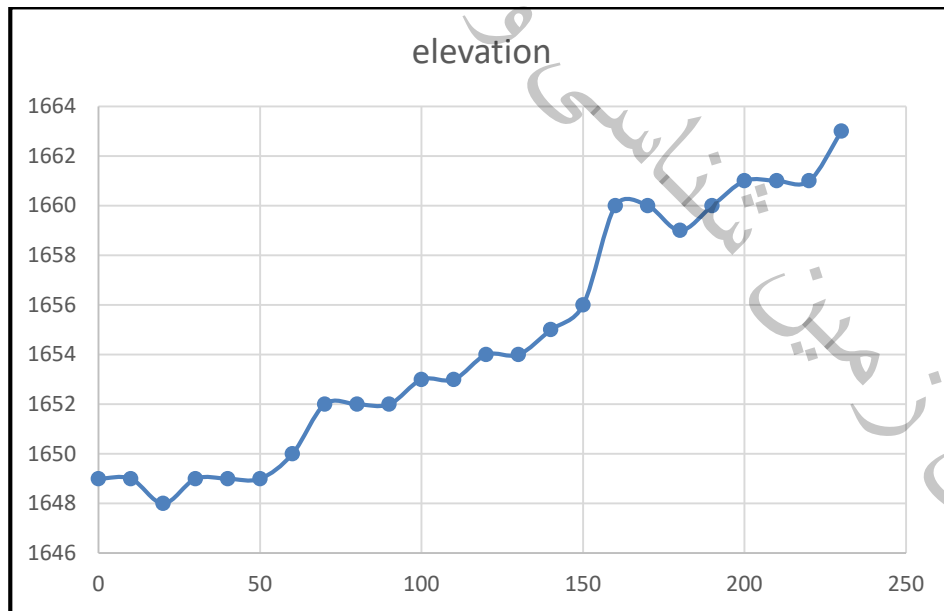
۹-۴-۱ - مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل ۳-۱ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل ۱۳ آورده شد. در نمودار های ۱-۴ و ۲-۴ به ترتیب منحنی های تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی و تغییرات ارتفاعی سطح زمین در طول پروفیل ۱۳ آورده شده است. لازم به ذکر است که از نامگذاری یکسان برای ایستگاه های مقاومت ویژه و مغناطیس سنجی استفاده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه گیری شده به ترتیب ۴۸۳۴۸ و ۴۷۵۱۷ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۲۵۰ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری شده برابر با ۸۳۱ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۱-۴ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس نسبتا بالا است. این تغییرات نسبتا زیاد می تواند ناشی از حضور سازه های فلزی در سوله ها و ساختمان های ابتدای پروفیل باشد. به غیر از نواحی ابتدایی پروفیل، تغییرات خواص مغناطیسی در ارتباط با واحدهای مختلف زمین شناسی، شکستگی های موجود در آنها و همچنین ضخامت نهشته های آبرفتی بر روی واحدهای سنگی تفسیر می شود. تغییرات شدت مغناطیس در فاصله ایستگاهی ۱۰۰ تا ۱۷۰ متری پروفیل (براکت قرمز رنگ) منطبق با تغییر ناگهانی توپوگرافی سطح زمین (نمودار ۲-۴) می باشد. این مسئله می تواند ناشی از حضور گسلش احتمالی در این ناحیه باشد که در بررسی داده های مقاومت ویژه مورد ارزیابی تکمیلی قرار می گیرد.



نمودار ۴-۱: منحنی تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی در طول پروفیل ۱۳. شماره ایستگاه ها در دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه یکسان می باشد.



نمودار ۴-۲: منحنی تغییرات ارتفاع ایستگاه های برداشت شده در طول پروفیل ۱۳. شماره ایستگاه ها در دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه یکسان می باشد.

در شکل ۱-۳ و ۳-۳ موقعیت مکانی ایستگاه‌های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل ۱۴

آورده شد. در نمودارهای ۳-۴ و ۴-۴ به ترتیب منحنی‌های تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی و تغییرات ارتفاعی

سطح زمین در طول پروفیل ۱۴ آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه‌گیری

شده به ترتیب ۴۸۳۵۴ و ۴۸۰۴۱ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۲۵۰ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین

و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه‌گیری شده برابر با ۳۱۳ گاما می‌باشد.

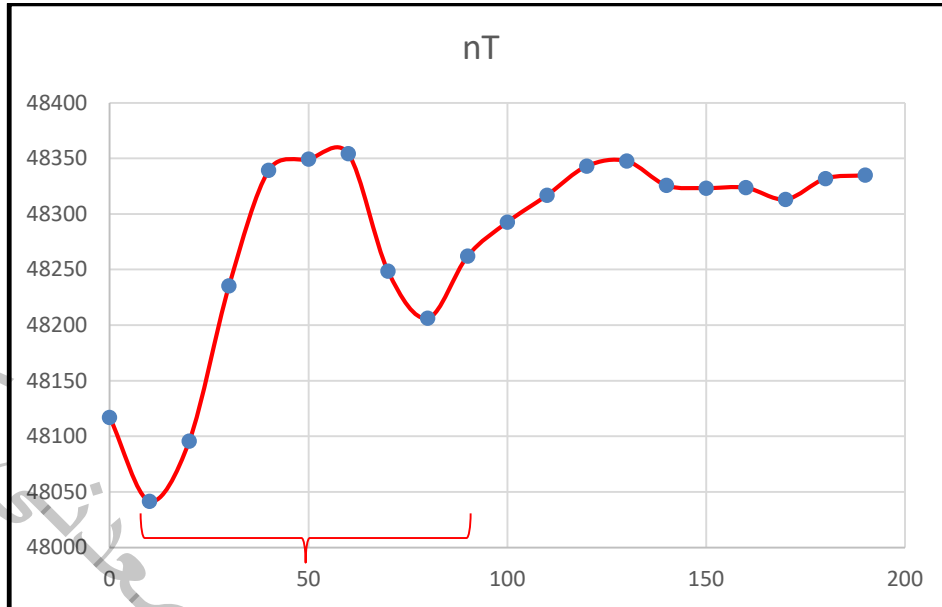
همانطور که در نمودار ۳-۴ مشاهده می‌شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس نسبتاً بالا است. تغییرات

خواص مغناطیسی در ارتباط با واحدهای مختلف زمین شناسی و شکستگی‌های موجود در آنها در زیر نهشته‌های

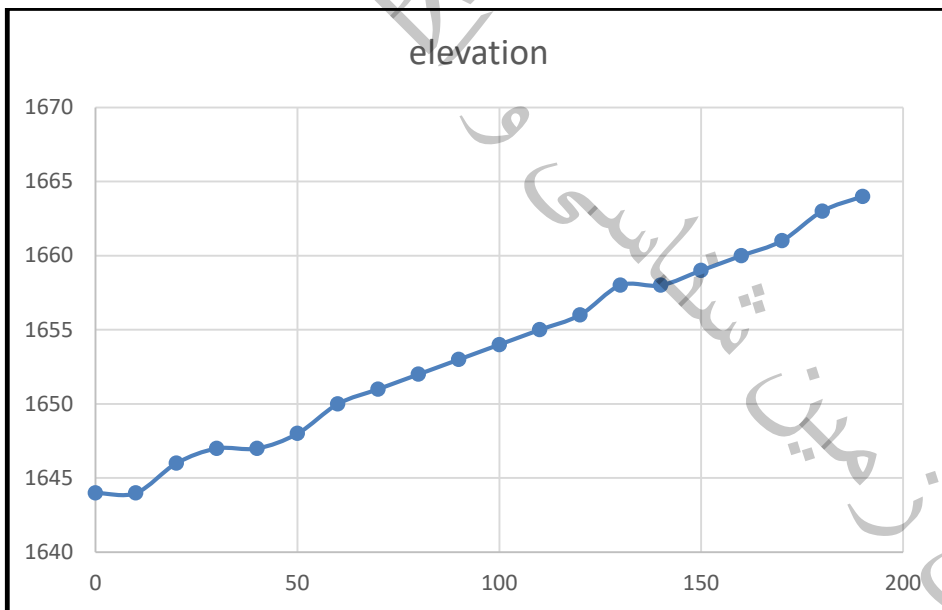
رسوبی تفسیر می‌شود. تغییرات شدت مغناطیس در فاصله ایستگاهی ۰ تا ۱۰۰ متری پروفیل (براکت قرمز رنگ)

منطبق با تغییر توپوگرافی سطح زمین (نمودار ۴-۴) می‌باشد. این مسئله می‌تواند ناشی از حضور گسلش احتمالی

در این ناحیه باشد که در بررسی داده‌های مقاومت ویژه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



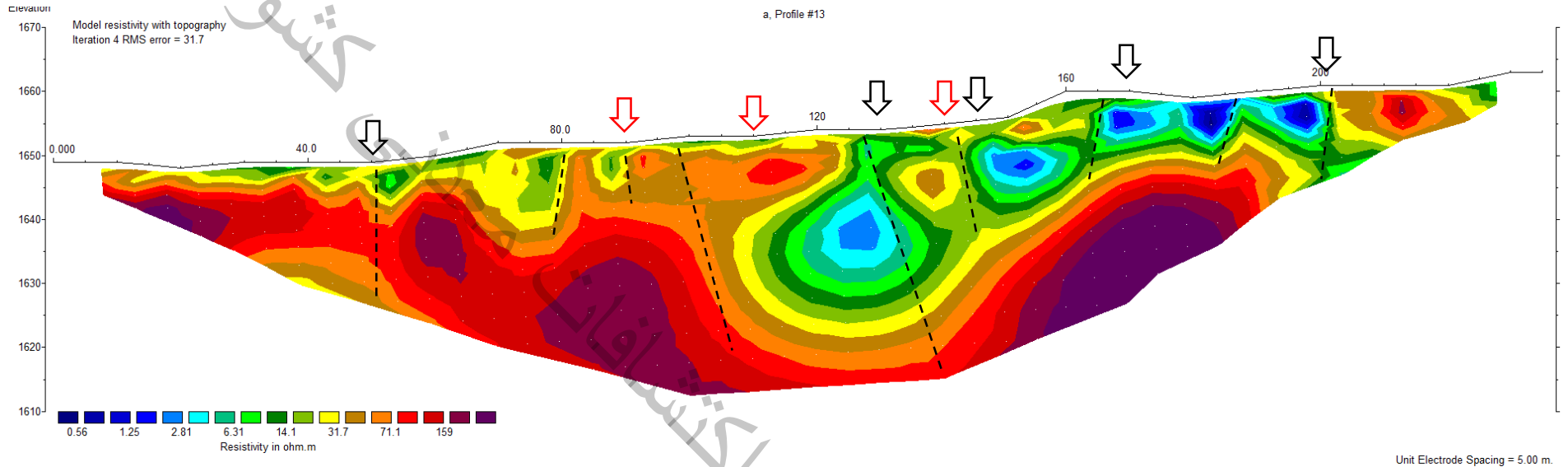
نمودار ۳-۴: منحنی تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی در طول پروفیل ۱۴. شماره ایستگاه ها در دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه یکسان می باشد.



نمودار ۴-۴: منحنی تغییرات ارتفاع ایستگاه های برداشت شده در طول پروفیل ۱۴. شماره ایستگاه ها در دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه یکسان می باشد.

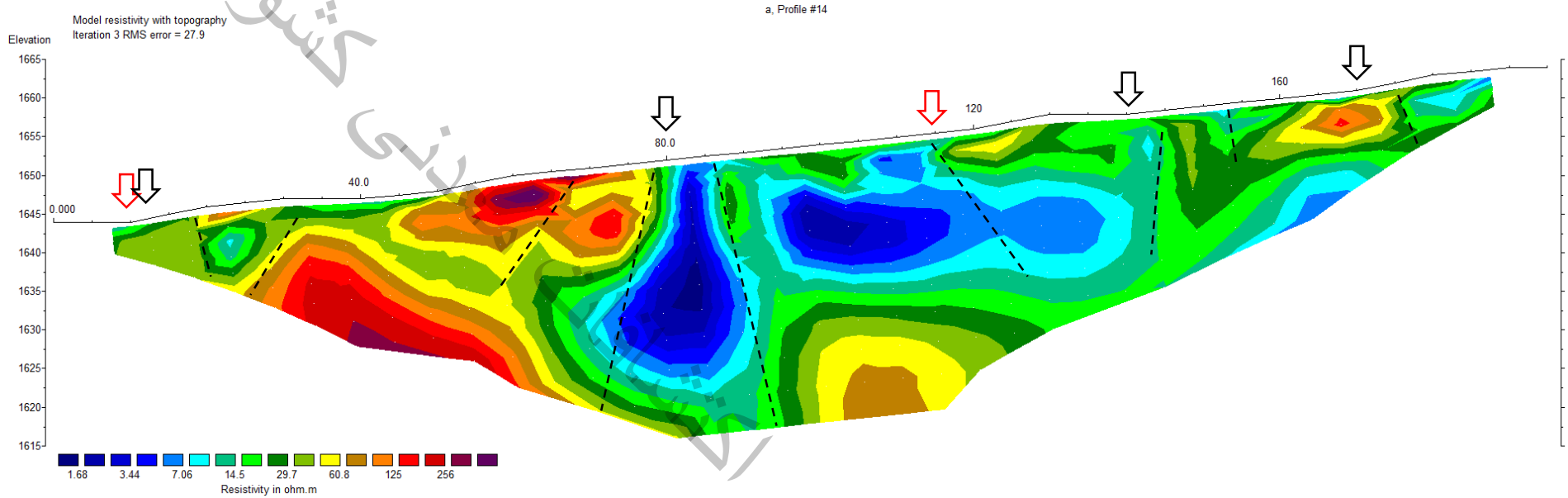


در شکل ۴-۲۸ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۳ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۱/۱۴- و ۲۶۴/۶ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۲۸) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل همانند پروفیل های قبلی می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۲۵۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های رسوبی و عدم رخنمون واحدهای سنگی در این محدوده می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی و حضور واحد سنگی رسوبی در زیر نهشته های آبرفتی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز بنفش) در عمق در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۸ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، دو خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله حدودی ۱۵ متری از همبری اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۲۸: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۳. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

در شکل ۴-۲۹ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۴ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۳۱۵- و ۴۹۳/۶ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۲۹) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل مشابه پروفیل ۱۳ و اندکی بیشتر از آن می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۳۵۰ اهم متر فراتر است. همانند پروفیل ۱۳، این مسئله ناشی از تغییر ضخامت نهشته های رسوبی و حضور واحد های سنگی در عمق می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی و حضور واحد سنگی رسوبی در زیر نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) در عمق در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی ها که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۲۹ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل ها (از مطالعات تکتونیک) با فاصل حداقلی ۳۵ متری از همبری اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



Unit Electrode Spacing = 5.00 m.

Horizontal scale is 47.15 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 195.0 m.

شکل ۴-۲۹: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۴. موقعیت گسل ها از مطالعات تکنونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

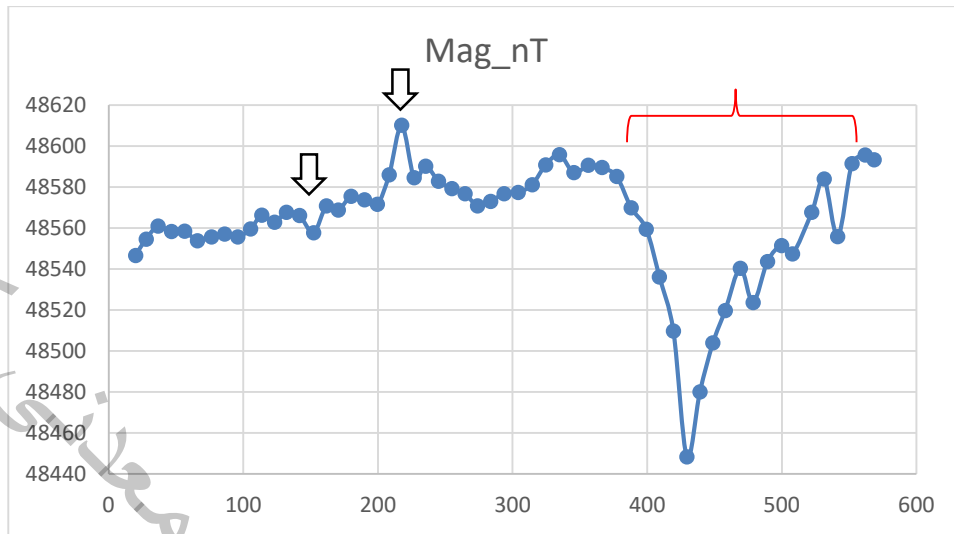
ژئوفیزیک



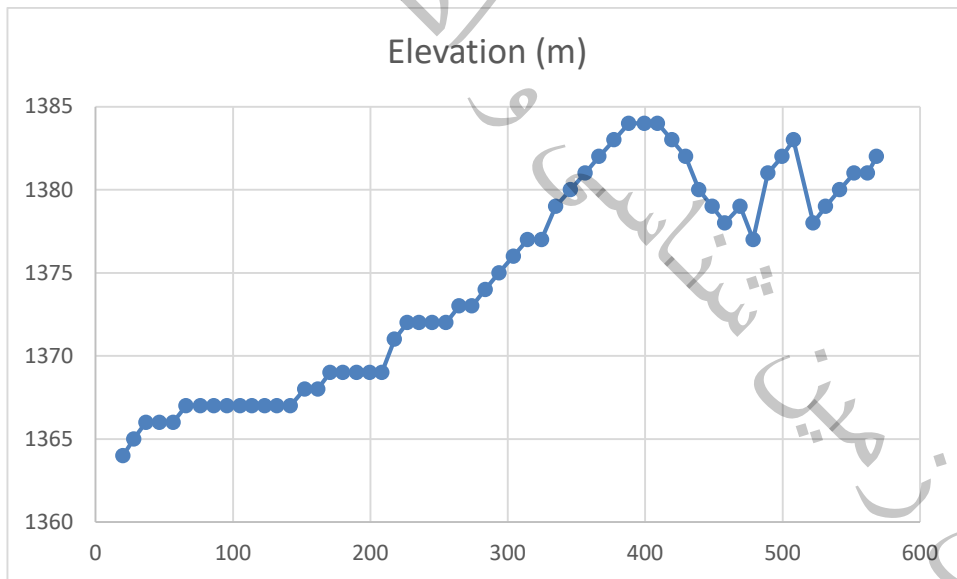
۴-۱۰-۱- مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل ۳-۲ و ۳-۴ موقعیت مکانی ایستگاه‌های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل ۱۵ آورده شد. در نمودارهای ۴-۵ و ۴-۶ به ترتیب منحنی‌های تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی و تغییرات ارتفاعی سطح زمین در طول پروفیل ۱۵ آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه‌گیری شده (بعد از حذف داده‌های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۶۱۰ و ۴۸۴۴۸ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۵۷۰ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه‌گیری شده برابر با ۱۶۲ گاما می‌باشد.

همانطور که در نمودار ۴-۵ مشاهده می‌شود، به غیر از فاصله ۴۰۰ تا ۵۰۰ متری پروفیل، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی بالا نیست. تغییرات خواص مغناطیسی در ارتباط با واحدهای مختلف سنگ‌های رسوبی و شکستگی‌های موجود در آنها در زیر نهشته‌های رسوبی تفسیر می‌شود. تغییرات شدت مغناطیس در فاصله ایستگاهی ۳۸۰ متری تا انتهای پروفیل (بزاکت قرمز رنگ) منطبق با تغییر توپوگرافی سطح زمین (نمودار ۴-۶) می‌باشد. این مسئله می‌تواند ناشی از حضور گسلش احتمالی در این ناحیه باشد که در بررسی داده‌های مقاومت ویژه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این پروفیل تقریباً موازی با پروفیل ۹ برداشت شد. لذا تغییرات قابل توجه شدت میدان مغناطیس در فاصله ایستگاهی ۳۸۰ متری تا انتهای پروفیل (به دلیل همبندی واحدهای رسوبی ناشی از گسلش) مورد انتظار بوده است. علاوه بر این، تغییرات کوچکتری در فاصله ایستگاهی ۱۵۰ و ۲۲۰ متری پروفیل قابل تشخیص است که با پیکانهای سیاه رنگ مشخص شده‌اند.



نمودار ۴-۵: منحنی تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی در طول پروفیل ۱۵. شماره ایستگاه ها در دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه یکسان می باشد.

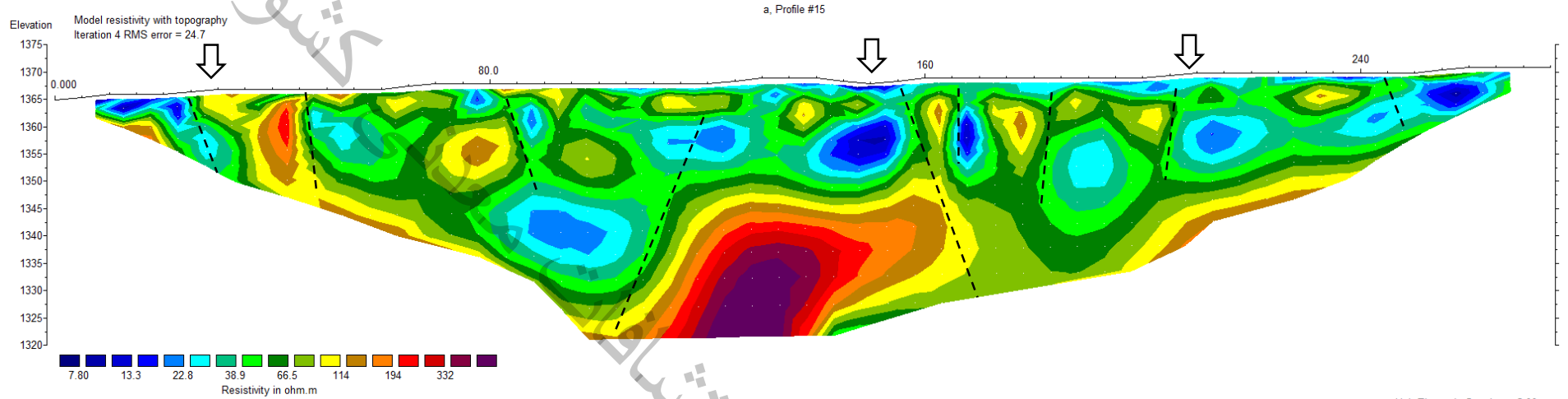


نمودار ۴-۶: منحنی تغییرات ارتفاع ایستگاه های برداشت شده در طول پروفیل ۱۵. شماره ایستگاه ها در دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه یکسان می باشد.

۴-۱۰-۲- مطالعات مقاومت ویژه

در شکل ۴-۳۰ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۵ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۵۲- و ۴۱۵/۵ اهم متر می باشد. متاسفانه به دلیل عدم موافقت مالکین زمین در طول این پروفیل، امکان اندازه گیری کامل پروفیل میسر نشد. لذا بی هنجاری مشاهده شده در نمودار داده های شدت کل میدان مغناطیس و در فاصله ایستگاهی ۳۸۰ متری تا انتهای پروفیل، توسط داده های مقاومت ویژه پوشش نیافته است. هر چند با توجه به داده های پروفیل ۹، انتظار می رود حضور گسل در فاصله ایستگاهی مذکور توسط داده های مقاومت ویژه تایید شود.

همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۳۰) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل اندکی بیشتر از برخی از پروفیل های قبلی است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۵۰۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از حضور واحدهای سنگی رسوبی (با هوازدگی کمتر) در زیر نهشته های رسوبی است. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی در نزدیک سطح و حضور واحد سنگی رسوبی در زیر نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) در عمق در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود. ناپوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۳۰ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی با پیکان های سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند.



Horizontal scale is 33.44 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.00
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 275.0 m.

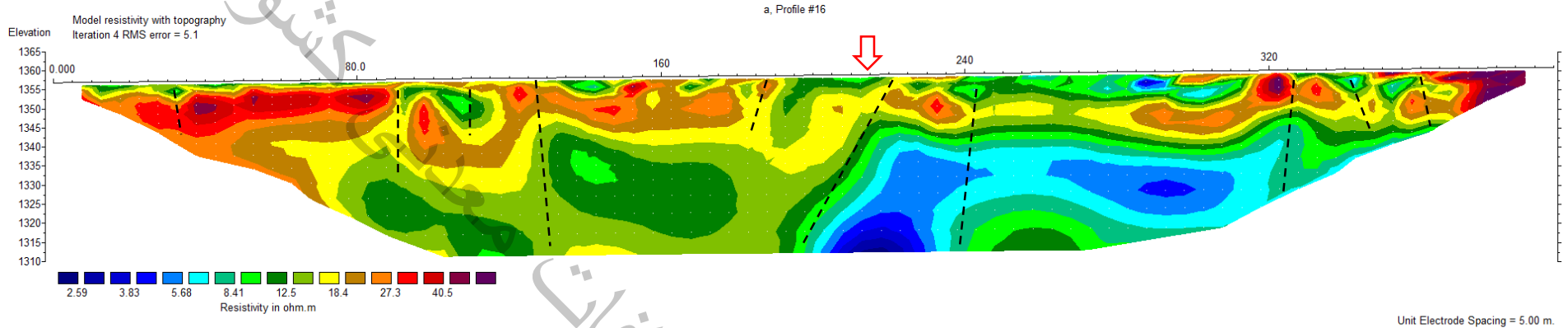
Unit Electrode Spacing = 5.00 m.

شکل ۴-۳۰: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۵. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.



۴-۱۱- مطالعات مقاومت ویژه پروفیل ۱۶

پروفیل ۱۶ در یکی از بلوارهای شهر و در محدوده شهری واقع شده است. به دلیل حضور سازه های فلزی در محدوده برداشت، امکان اندازه گیری داده های مغناطیس سنجی در طول این پروفیل میسر نبود. از این رو در محدوده بلوار داده های مقاومت ویژه برداشت شد و در شکل ۴-۳۱ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۶ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰ و ۶۵/۳ اهم متر می باشد. گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل عمدتاً کمتر از پروفیل های قبلی است. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۱۰۰ اهم متر فراتر نیست. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های رسوبی و ضخامت قابل توجه آنها در این محدوده می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی، رطوبت آنها و حضور گسستگی های احتمالی در رسوبات تفسیر می شود. ناپوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۳۱ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک با پیکان قرمز رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با دقت خوبی منطبق بر همبری اصلی مقاومت ویژه می باشد. علاوه بر گسل مزبور چند ناپوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۳۱: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۶. موقعیت گسل از مطالعات تکتونیک با پیکان قرمز رنگ مشخص شده است.



۱۲-۴ - ۱ - مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۲-۳ و ۳-۴ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل

۱۷ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۳۲

نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی

اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۵۸۵ و ۴۸۴۰۱ گاما بوده و حد زمینه در این

منطقه ۴۸۵۱۲ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری

شده برابر با ۱۸۴ گاما می باشد.

همانطور که در شکل ۴-۳۲ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس خیلی بالا نیست. این مسئله

ناشی از گسترش نهشته های رسوبی بر روی واحد های رسوبی هوازده می باشد. به نظر می رسد که گسلش و خرد

شدگی، سبب کاهش خواص مغناطیس (طیف رنگی آبی تا سبز) واحد رسوبی در قسمت هایی از محدوده بوده

است. با این حال، ساختارهای واقع در نیمه شمالی محدوده از خواص مغناطیس نسبی بالاتری (طیف رنگی قرمز

رنگ) برخوردار می باشند. چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۳۲) قابل تشخیص می باشد.

این خطواره های مغناطیسی که احتمالاً ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با خط چین های سفید

رنگ در نقشه شدت کل میدان مغناطیس مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل ۱۷

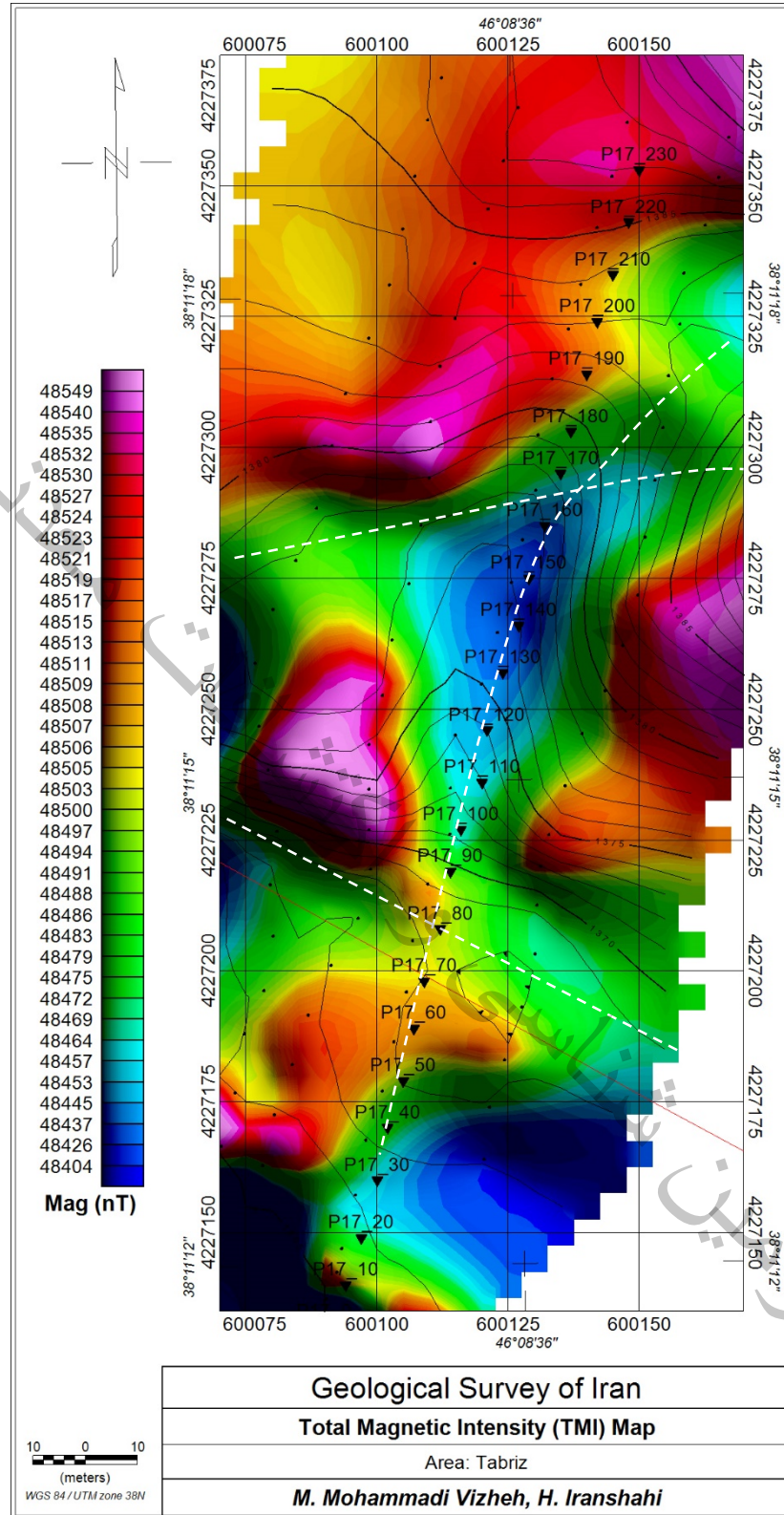
با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۳۲ به نمایش در آمده است.

به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیرسطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده

شده و نتیجه در شکل ۴-۳۳ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق

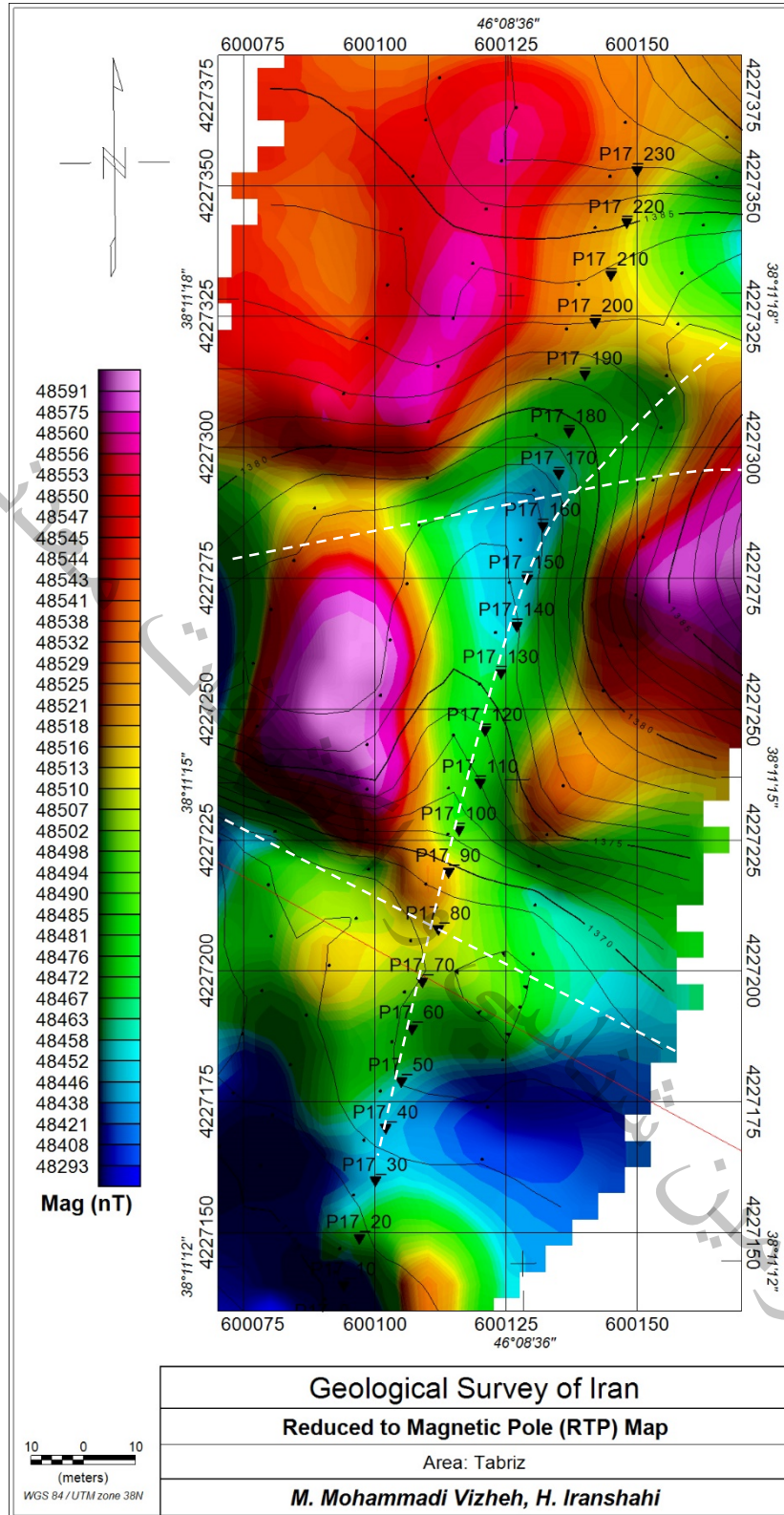
استاندارد جهانی در محل انجام برداشت‌ها عبارت است از:

Inclination=55.26, Declination=3.52



شکل ۴-۳۲: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل ۱۷ همراه با پربندهای توپوگرافی (خطوط سیاه رنگ)، ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک



شکل ۴-۳۳: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل ۱۷ همراه با پربندهای توپوگرافی (خطوط سیاه رنگ)، ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

ژئوفیزیک

۴-۱۲-۲ مطالعات مقاومت ویژه

در شکل ۴-۳۴ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح

زمین در طول پروفیل ۱۷ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل

به ترتیب ۱/۵- و ۴۹۴ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۳۴)

مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل اندکی بیشتر از پروفیل ۱۶ می باشد. به نحوی

که بیشینه مقاومت ویژه از ۳۵۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های رسوبی خشک در سطح

زمین و نزدیک تر به سطح بودن واحد های سنگی هوازده در عمق می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول

پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی، میزان رطوبت آنها و حضور واحد سنگی رسوبی در زیر

نهشته های رسوبی تفسیر می شود. از این رو، تغییرات مقاومت ویژه از سطح به عمق به ترتیب در ارتباط با نهشته

های رسوبی خشک، نهشته های مرطوب و حاوی آب و سنگ کف رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه

نسبی بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) در عمق در ارتباط با واحد سنگی رسوبی هوازده تفسیر می شود. ناپیوستگی

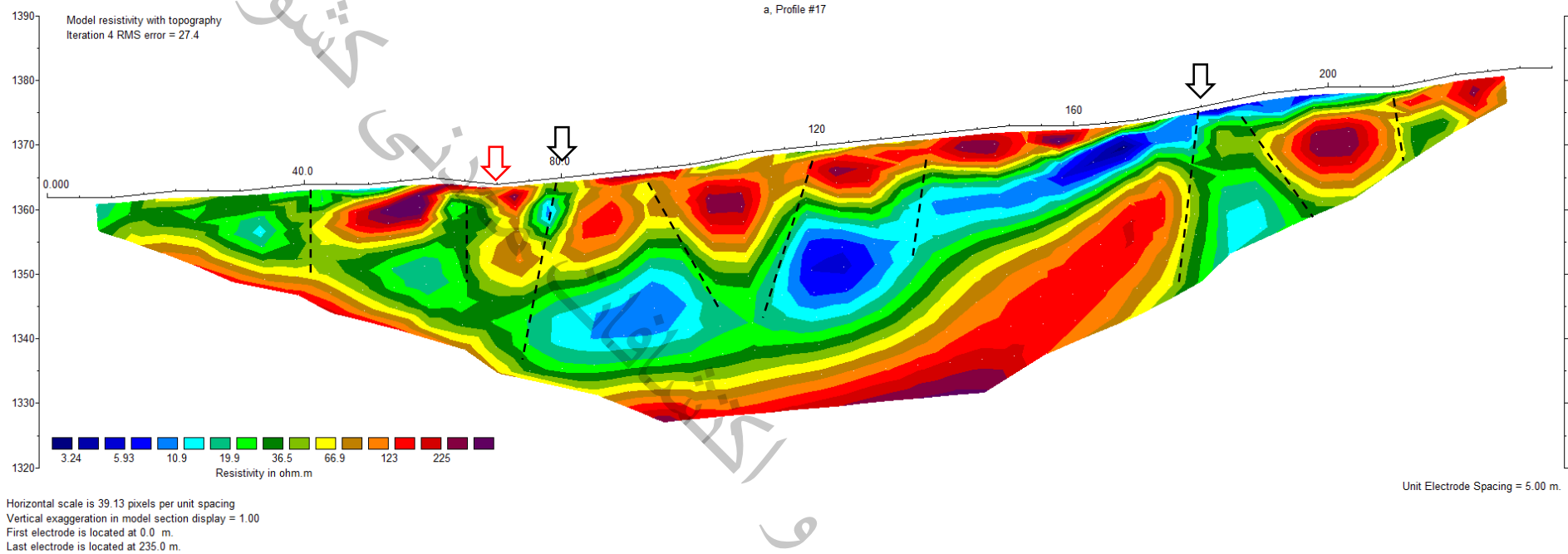
هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۳۴ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در

این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به

ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود،

خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله کمی از ناپیوستگی ها در مدل مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر

گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۳۴: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۷. موقعیت گسل ها از مطالعات تکنونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

۱۳-۴-۱ - مطالعات مغناطیس سنجی

در شکل های ۲-۳ و ۳-۴ موقعیت مکانی ایستگاه های برداشت مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه پروفیل های ۱۸ و ۱۹ آورده شد. پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز و پردازش های اولیه داده های مغناطیس سنجی، در شکل ۴-۳۵ نقشه شدت کل میدان مغناطیسی محدوده آورده شده است. بیشترین و کمترین مقدار شدت کل میدان مغناطیسی اندازه گیری شده (بعد از حذف داده های خارج از رنج) به ترتیب ۴۸۶۹۷ و ۴۸۵۲۳ گاما بوده و حد زمینه در این منطقه ۴۸۶۵۰ گاما در نظر گرفته شد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان کل مغناطیسی اندازه گیری شده برابر با ۱۷۴ گاما می باشد.

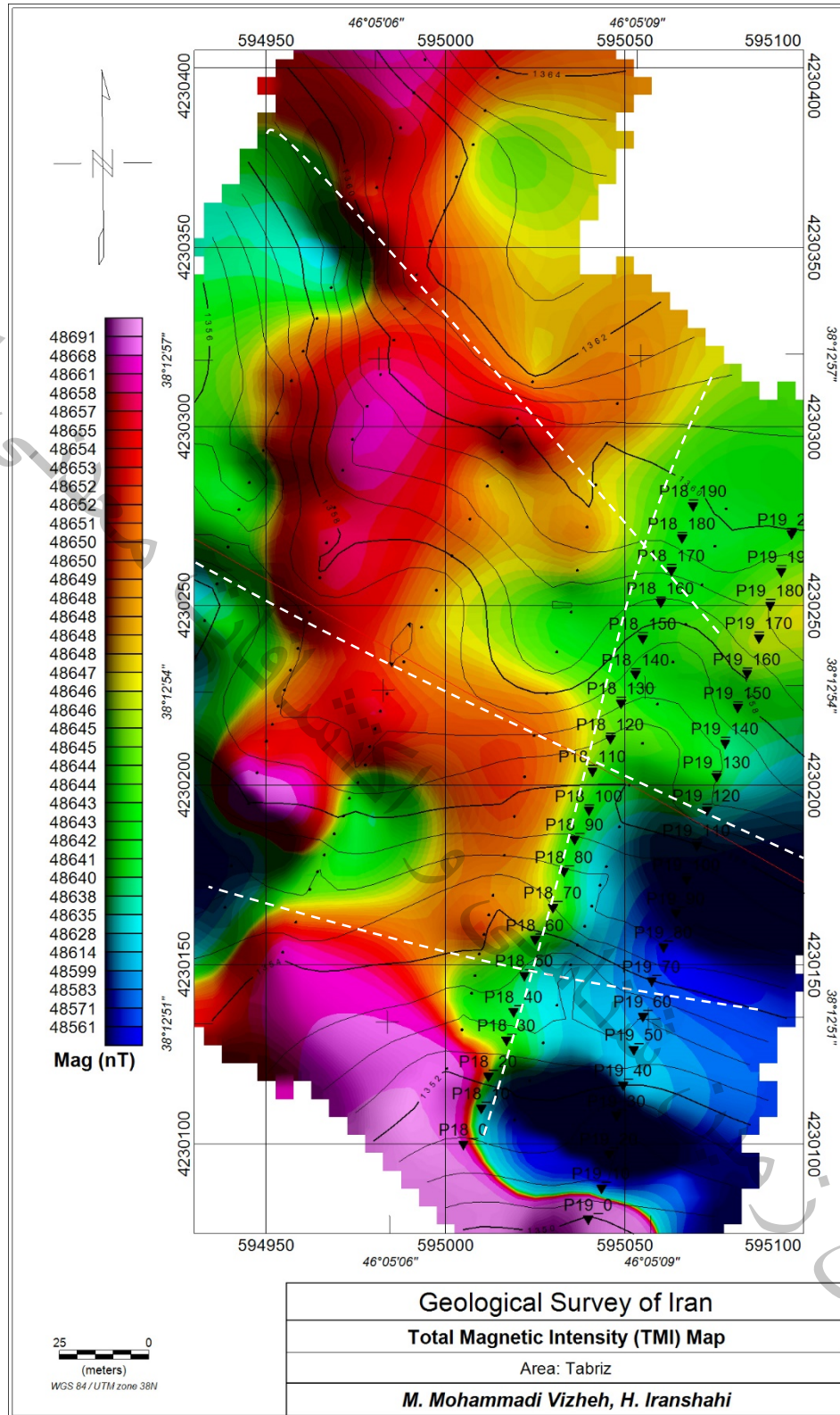
همانطور که در شکل ۴-۳۵ مشاهده می شود، تغییرات شدت میدان مغناطیس مشابه محدوده قبلی است. این مسئله ناشی از گسترش نهشته های رسوبی بر روی واحد های رسوبی هوازده می باشد. ساختارهای واقع در نیمه غربی محدوده از خواص مغناطیس نسبی بالاتری (طیف رنگی قرمز رنگ) برخوردار می باشند. به دلیل محدودیت های مکانی، امکان برداشت در نواحی شرقی محدوده میسر نشد. با این حال، به نظر می رسد که یک همبری با امتداد تقریبی شمالی جنوبی وجود دارد که با خط چین سفید رنگ در امتداد مزبور مشخص شده است. علاوه بر این، چند روند خطی در نقشه شدت کل مغناطیس (شکل ۴-۳۵) قابل تشخیص می باشد. این خطواره های مغناطیسی که احتمالاً ناشی از عملکرد گسل های مختلف در این ناحیه اند، با خط چین های سفید رنگ در نقشه شدت کل میدان مغناطیس مشخص شده اند. موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در طول پروفیل های ۱۸ و ۱۹ با مثلث های سیاه رنگ در شکل ۴-۳۵ به نمایش در آمده است.

به منظور تعیین محل دقیق تر ساختارهای زیر سطحی، نقشه شدت کل میدان مغناطیس به قطب برگردانده

شده و نتیجه در شکل ۴-۳۶ به نمایش در آمده است. مقادیر زاویه میل مغناطیسی و زاویه انحراف مغناطیسی طبق

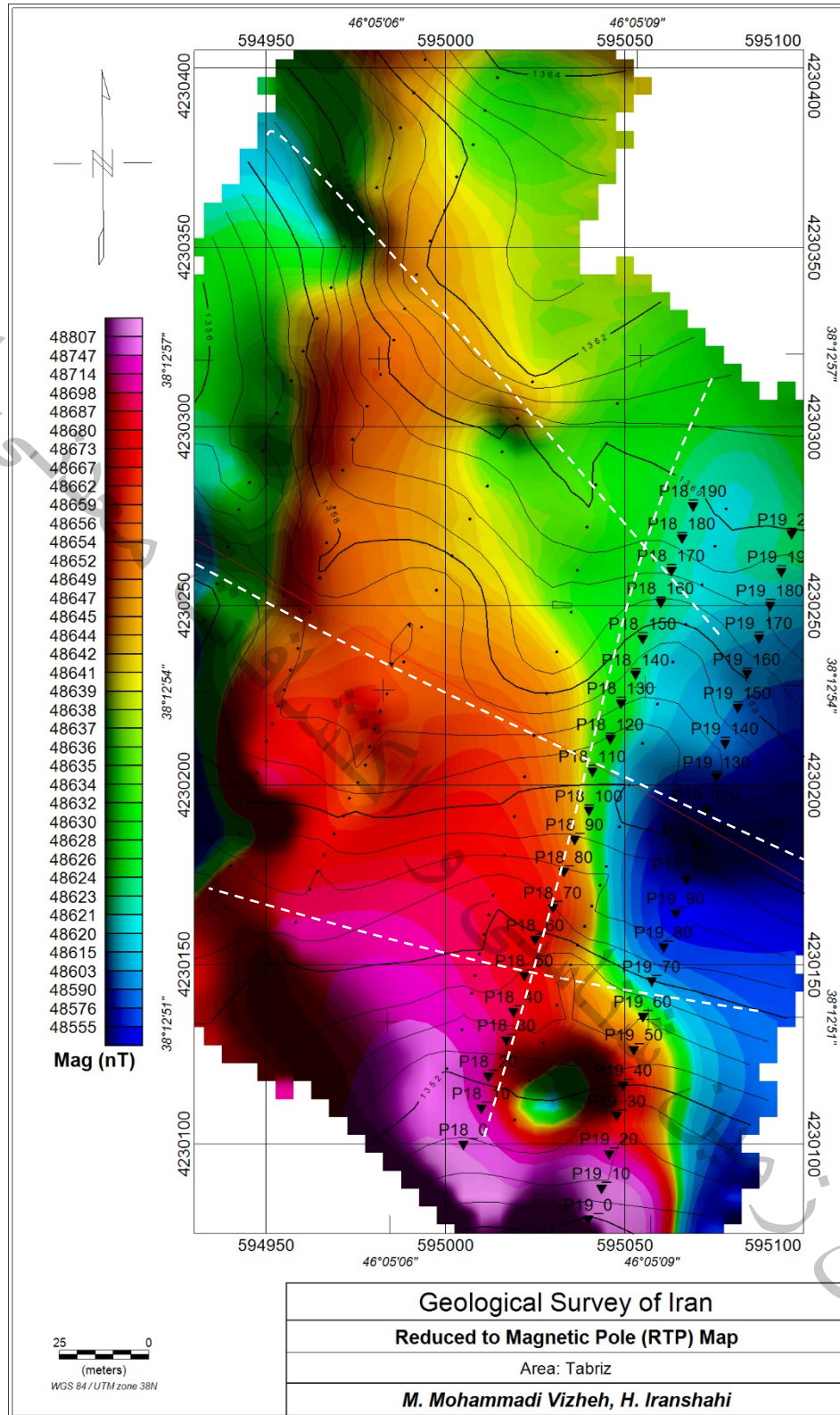
استاندارد جهانی در محل انجام برداشت‌ها عبارت است از:

Inclination=55.31, Declination=3.55



شکل ۴-۳۵: نقشه شدت کل میدان مغناطیس در محدوده پروفیل های ۱۸ و ۱۹ همراه با پربندهای توپوگرافی (خطوط سیاه رنگ)، ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

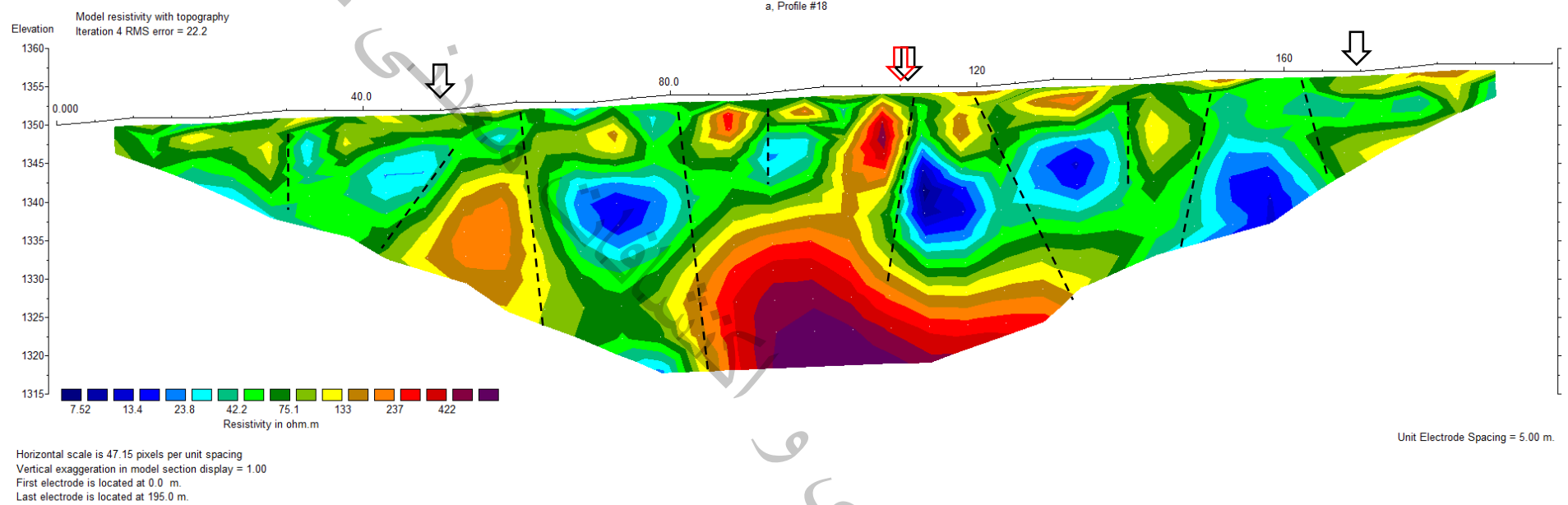
ژئوفیزیک



شکل ۴-۳۶: نقشه برگردان به قطب مغناطیسی در محدوده پروفیل های ۱۸ و ۱۹ همراه با پریندهای توپوگرافی (خطوط سیاه رنگ)، ایستگاه های مقاومت ویژه (مثلث های سیاه رنگ) و مغناطیس سنجی (نقاط سیاه رنگ). خطوط قرمز و خط چین های سفید رنگ به ترتیب گسل ها (از مطالعات تکتونیک) و خطواره های مغناطیسی می باشند.

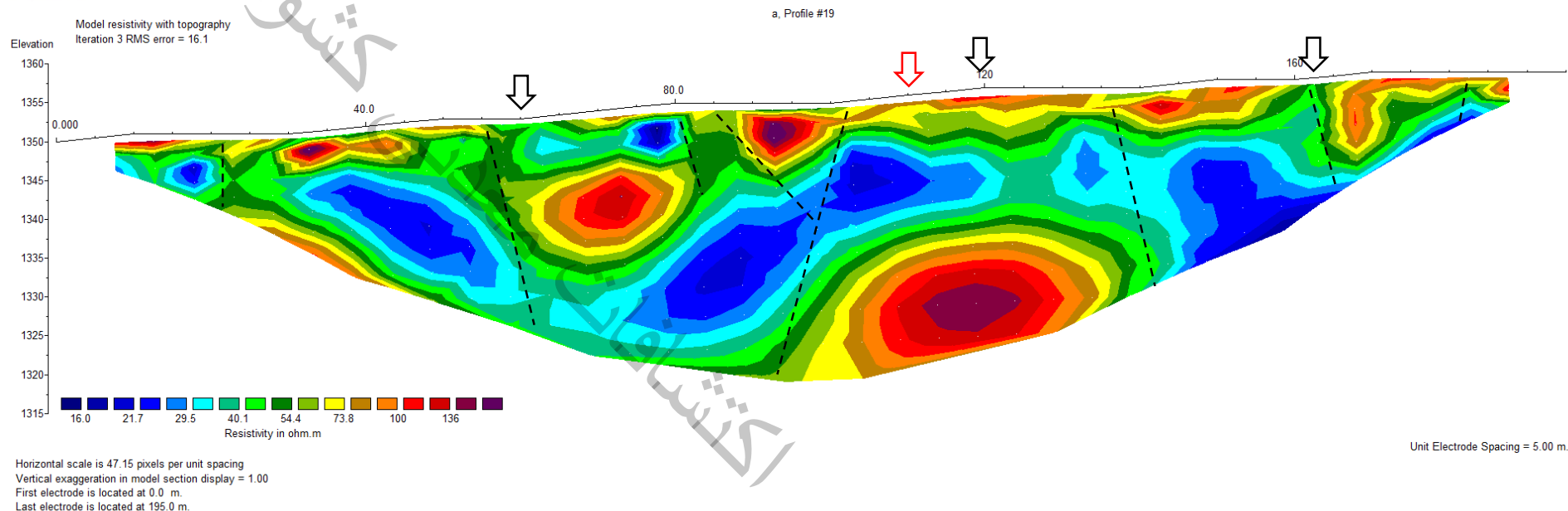
ژئوفیزیک

در شکل ۴-۳۹ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۸ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۱۱۶- و ۴۸۲/۷ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۳۹) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل اندکی بیشتر از پروفیل ۱۷ می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۵۰۰ اهم متر فراتر است. این مسئله ناشی از حضور واحد سنگی رسوبی در مرکز پروفیل و در عمق کم در زیر نهشته های رسوبی می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی و نزدیک سطح بودن واحد سنگی در زیر نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) در عمق در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی هایی که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۳۹ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) تقریباً منطبق با همبندی اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۳۹: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۸. موقعیت گسل ها از مطالعات تکنونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

در شکل ۴-۴۰ مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۹ آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۰/۴۹- و ۳۸۷/۶ اهم متر می باشد. همانطور که از داده های اندازه گیری شده و مدل وارون (شکل ۴-۴۰) مشاهده می شود، گستره تغییرات مقاومت ویژه در طول این پروفیل اندکی کمتر از پروفیل ۱۸ می باشد. به نحوی که بیشینه مقاومت ویژه از ۳۵۰ اهم متر فراتر نیست. این مسئله ناشی از ضخامت بیشتر نهشته های آبرفتی بر روی واحد سنگی رسوبی می باشد. لذا تغییرات مقاومت ویژه در طول پروفیل نیز در ارتباط با تغییر در اندازه دانه های رسوبی و حضور واحد سنگی در زیر نهشته های رسوبی تفسیر می شود. ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) در عمق در ارتباط با واحد سنگی رسوبی تفسیر می شود. ناپیوستگی هایب که با خط چین های سیاه رنگ در شکل ۴-۴۰ مشخص شده اند، می توانند ناشی از عملکرد سامانه گسلی در این ناحیه باشند. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های حاصل از نقشه های مغناطیس سنجی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ در مدل وارون مقاومت ویژه مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود، خط گسل (از مطالعات تکتونیک) با فاصله اندکی از همبری های اصلی مقاومت ویژه مشاهده می شود. علاوه بر گسل مزبور چند ناپیوستگی دیگر در این پهنه گسلی قابل تشخیص می باشند.



شکل ۴-۴: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی سطح زمین در طول پروفیل ۱۹. موقعیت گسل ها از مطالعات تکتونیک و خطواره های مغناطیسی به ترتیب با پیکان های قرمز و سیاه رنگ مشخص شده اند.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

مطالعات ژئوفیزیکی به منظور تدقیق گسل های شناخته شده و همچنین آشکارسازی گسل های مدفون شهر تبریز و حومه آن در استان آذربایجان شرقی صورت گرفت. بدین منظور ۱۹ پروفیل جهت مطالعات مقاومت ویژه الکتریکی با مشورت کارشناس تکتونیک و در نظر گرفتن نتایج حاصل از مطالعات تکتونیک (عکس های هوایی، بازدیدهای میدانی و ...)، در محدوده فوق طراحی گردید. علاوه بر این، برای بررسی های دقیق تر و ارزیابی پاسخ گسل ها و همچنین ناپیوستگی های مشاهده شده در روش مقاومت ویژه، ابتدا مطالعات مغناطیس سنجی در هر یک از محدوده های مورد بررسی نیز صورت پذیرفت. تنها به دلیل محدودیت های موجود و حضور سازه های فلزی در مجاورت پروفیل ۱۶، امکان اندازه گیری داده های مغناطیس سنجی بر روی پروفیل مزبور میسر نشد.

نتایج حاصل از مطالعات مغناطیس سنجی نشان دهنده تغییرات نسبتا پایین شدت میدان مغناطیس در عمده محدوده های مورد بررسی است. از آنجا که در گستره مورد مطالعه نهشته های رسوبی یا خاک های ناشی از فرسایش واحدهای رسوبی قرار داشته اند، چنین مسئله ای مورد انتظار بوده است. به نظر می رسد تغییرات نسبتا شدیدتر میدان مغناطیس (بیشتر از ۲۰۰ گاما) در نقشه ها، عمدتا در ارتباط با حضور کانه های مغناطیسی (نظیر هماتیت) همراه با واحدهای رسوبی محدوده است. از آنجا که عمده واحدهای رسوبی رخنمون یافته در اطراف محدوده مورد مطالعه، واحدهای رسوبی قرمز رنگ (نظیر مارن ها، ماسه سنگ ها و کنگلومرا و ...) بوده اند، تغییرات شدت مغناطیس مشاهده شده را می توان به حضور آنها نسبت داد. واحدهای رسوبی مذکور بواسطه حضور کانه های هماتیت می توانند حاوی مغناطیس بازماند قابل توجهی باشند. در برخی نواحی (نظیر پروفیل های ۳، ۴ و ۹) تغییرات قابل توجه میدان مغناطیس در ارتباط با همبری واحدهای رسوبی تفسیر شده و ناشی از

عملکرد گسل در نواحی مزبور به نظر می رسند. متاسفانه به دلیل پوشش خاک (ناشی از فرسایش واحد های سنگی) و ضخامت قابل توجه نهشته های آبرفتی، امکان اندازه گیری های خودپذیری مغناطیسی برای تفکیک واحدهای رسوبی نبوده است. با این حال، با اندازه گیری خودپذیری و همچنین بازماند مغناطیس واحدهای رسوبی مختلف، منشا خواص مغناطیس واحدهای سنگی در نواحی مورد بررسی قابل تشخیص است. خوشبختانه چنین امکانی در آزمایشگاه پالئومغناطیس سازمان زمین شناسی مهیا می باشد.

در نقشه های حاصل از مطالعات مغناطیس سنجی، خطواره های مغناطیسی مشاهده می شوند که حضور ناپیوستگی های زیرسطحی را در محدوده های مورد بررسی تایید می کنند. خطواره های مغناطیسی عمدتاً گسل های موجود (ترسیم شده توسط کارشناسان تکتونیک) را تایید کرده و یا با فواصل اندکی از آنها مشاهده می شوند. در برخی نقاط علاوه بر گسل های شناخته شده، خطواره های دیگری نیز مشاهده می شود. این مسئله می تواند ناشی از حضور سامانه (یا پهنه گسلی) در محدوده های مورد بررسی باشد.

برای بررسی های دقیق تر، مطالعات مقاومت ویژه در محدوده مورد مطالعه صورت پذیرفت. سعی شده تا پروفیل های مقاومت ویژه طوری طراحی شوند که علاوه بر گسل های شناخته شده (از مطالعات تکتونیک)، خطواره های مغناطیسی را نیز در برگیرد. نتایج حاصل از مطالعات مقاومت ویژه نشان دهنده تغییرات نسبتاً پایین مقاومت ویژه در نواحی مورد مطالعه بوده است. این مسئله ناشی از گسترش عمقی نهشته های آبرفتی (با مقاومت ویژه نسبتاً پایین) همراه با فرسایش قابل توجه واحدهای سنگی رسوبی در اعماق مورد مطالعه است. با این حال، در برخی نواحی به دلیل رخنمون واحدهای سنگی و یا ضخامت کم خاک و نهشته های رسوبی رسوبی، همبری های شاخص مقاومت ویژه مشاهده شد. گسل های معرفی شده در برخی نواحی (نظیر پروفیل های ۱۰ و ۱۶ تا ۱۹) تقریباً منطبق بر همبری های مقاومت ویژه می باشند ولی در برخی نواحی (نظیر پروفیل های ۳، ۹ و ۱۴) فاصله حدود ۵۰ متر مابین آنها مشاهده می شود. با توجه به شواهد از مطالعات ژئوفیزیک می توان مسیر گسل ها را در

نقشه ها اصلاح نمود. لازم به ذکر است که علاوه بر گسل های موجود، ناپیوستگی های دیگری نیز در مدل های حاصل از وارون سازی داده های مقاومت ویژه مشاهده شد. هر چند که به دلیل نوع وارون سازی به کار رفته و مقاومت ویژه پایین نهشته های آبرفتی، تشخیص ناپیوستگی در مدل های مقاومت ویژه دشوار است. با این حال، با توجه به پوشش داده مناسب و همچنین همبستگی برخی از ناپیوستگی های مقاومت ویژه با خطواره های مغناطیس، می توان آنها را با فعالیت های تکتونیک مرتبط دانست. لذا پیشنهاد می شود، ناپیوستگی های موجود در مدل های مقاومت ویژه (خط چین های سیاه رنگ بر روی مدل ها) که توسط خطواره های مغناطیس تایید می شوند، در بازدیدهای مجدد و در صورت نیاز حفر ترانسه کنترل شوند.

سپاسگزاری

از مهندس جعفری (رئیس گروه ژئوفیزیک) برای مشاوره در اجرای پروژه و همچنین دکتر نظری (معاون

پژوهشکده علوم زمین) برای داوری گزارش حاضر و ارائه نقطه نظراتشان قدردانی می شود. سپاسگزار همکاری

صمیمانه پرسنل مرکز تبریز به ویژه دکتر اسماعیلی (زمین شناس تکتونیک مرکز تبریز)، مهندس چایچی زاده

(کارشناس ژئوفیزیک مرکز تبریز) و مهندس سرتیپی (ریاست مرکز تبریز) می باشیم. در انجام این مطالعه، مهندس

عباس باقری و مرتضی صادقیانی به عنوان کارشناس و تکنسین با گروه همکاری داشته اند که از ایشان صمیمانه

سپاسگزاری می شود.

پیوست الف

موقعیت ایستگاه های مقاومت ویژه در سیستم مختصات UTM-WGS84

P1 190	622886	4213259	1594
P1 200	622885	4213268	1593
P1 210	622883	4213278	1590
P2 5	622528	4213501	1549
P2 15	622535	4213508	1552
P2 25	622542	4213513	1551
P2 35	622550	4213521	1551
P2 45	622559	4213528	1551
P2 55	622566	4213533	1551
P2 65	622574	4213540	1550
P2 75	622580	4213547	1543
P2 85	622586	4213555	1543
P2 95	622596	4213559	1543
P2 105	622605	4213566	1545
P2 115	622613	4213572	1546
P2 125	622621	4213579	1546
P2 135	622628	4213585	1545
P2 145	622636	4213591	1546
P2 155	622643	4213598	1546
P2 165	622650	4213604	1549

Station	X	Y	Z
P1 0	622926	4213064	1606
P1 10	622924	4213073	1603
P1 20	622919	4213087	1602
P1 30	622917	4213098	1599
P1 40	622914	4213108	1599
P1 50	622913	4213119	1595
P1 60	622912	4213128	1594
P1 70	622909	4213138	1596
P1 80	622909	4213147	1597
P1 90	622905	4213162	1597
P1 100	622904	4213171	1601
P1 110	622901	4213181	1601
P1 120	622899	4213191	1605
P1 130	622897	4213201	1607
P1 140	622895	4213210	1608
P1 150	622894	4213220	1608
P1 160	622892	4213229	1605
P1 170	622890	4213240	1602
P1 180	622887	4213249	1598

ژئوفیزیک



P4 130	622751	4212223	1656
P4 140	622760	4212228	1656
P4 150	622768	4212233	1657
P4 160	622776	4212237	1658
P4 170	622785	4212243	1659
P4 180	622794	4212248	1658
P4 190	622803	4212253	1659
P4 200	622811	4212260	1660
P4 210	622819	4212263	1660
P4 220	622829	4212268	1661
P4 230	622836	4212274	1661
P5 0	623625	4211740	1673
P5 10	623624	4211751	1673
P5 20	623623	4211761	1672
P5 30	623623	4211771	1673
P5 40	623623	4211780	1675
P5 50	623624	4211792	1675
P5 60	623623	4211801	1675
P5 70	623624	4211812	1677
P5 80	623623	4211821	1675
P5 90	623622	4211829	1676
P5 100	623622	4211840	1675
P5 110	623621	4211850	1677
P5 120	623622	4211859	1677
P5 130	623622	4211869	1677
P5 140	623622	4211880	1677
P5 150	623622	4211890	1678
P5 160	623622	4211900	1678
P5 170	623622	4211910	1678
P5 180	623622	4211920	1679
P5 190	623621	4211930	1681
P6 0	618375	4216524	1664
P6 50	618404	4216565	1665
P6 100	618434	4216607	1665
P6 150	618463	4216648	1666
P6 200	618492	4216689	1666
P6 250	618521	4216730	1667
P6 300	618551	4216772	1668
P6 350	618580	4216813	1668
P6 380	618596	4216836	1669
P6 460	618642	4216901	1670
P7 0	619134	4214638	1470
P7 10	619135	4214651	1471
P7 20	619135	4214660	1469

P2 175	622658	4213610	1550
P2 185	622666	4213617	1552
P2 195	622674	4213624	1553
P2 205	622681	4213630	1555
P2 215	622689	4213636	1556
P2 225	622697	4213642	1556
P2 235	622704	4213648	1557
P3 0	622738	4212109	1635
P3 10	622737	4212120	1636
P3 20	622739	4212130	1637
P3 30	622740	4212138	1640
P3 40	622742	4212149	1641
P3 50	622744	4212157	1643
P3 60	622745	4212168	1644
P3 70	622748	4212177	1646
P3 80	622750	4212186	1647
P3 90	622752	4212196	1649
P3 100	622752	4212206	1650
P3 110	622754	4212215	1650
P3 120	622756	4212225	1651
P3 130	622758	4212233	1652
P3 140	622760	4212244	1653
P3 150	622762	4212254	1653
P3 155	622764	4212260	1653
P3 170	622766	4212275	1653
P3 180	622767	4212285	1652
P3 190	622768	4212293	1654
P3 200	622772	4212302	1655
P3 210	622773	4212318	1655
P3 220	622775	4212326	1655
P3 230	622776	4212338	1655
P4 0	622640	4212157	1640
P4 10	622648	4212162	1642
P4 20	622656	4212166	1643
P4 30	622664	4212172	1644
P4 40	622673	4212177	1646
P4 50	622682	4212181	1647
P4 60	622692	4212188	1648
P4 70	622701	4212193	1649
P4 80	622709	4212198	1650
P4 90	622716	4212202	1651
P4 100	622725	4212208	1654
P4 110	622733	4212213	1654
P4 120	622741	4212217	1656



P9 -240	612125	4221343	1371
P9 -230	612130	4221351	1372
P9 -220	612136	4221360	1372
P9 -210	612142	4221367	1372
P9 -200	612148	4221376	1372
P9 -190	612153	4221385	1373
P9 -180	612160	4221392	1372
P9 -170	612165	4221402	1371
P9 -160	612170	4221409	1371
P9 -150	612176	4221418	1372
P9 -140	612182	4221426	1372
P9 -130	612187	4221433	1374
P9 -120	612193	4221442	1375
P9 -110	612200	4221450	1376
P9 -100	612203	4221457	1378
P9 -90	612210	4221467	1379
P9 -80	612216	4221476	1379
P9 -70	612221	4221484	1378
P9 -60	612227	4221491	1378
P9 -50	612231	4221499	1377
P9 -40	612235	4221507	1377
P9 -30	612239	4221515	1377
P9 -20	612243	4221523	1377
P9 -10	612254	4221533	1377
P9 0	612261	4221540	1377
P10 0	623136	4214565	1716
P10 10	623141	4214575	1715
P10 20	623145	4214585	1713
P10 30	623148	4214594	1713
P10 40	623152	4214602	1713
P10 50	623153	4214613	1710
P10 60	623157	4214623	1711
P10 70	623161	4214631	1711
P10 80	623164	4214641	1710
P10 90	623167	4214650	1711
P10 100	623170	4214660	1711
P10 110	623174	4214669	1711
P10 120	623176	4214679	1710
P10 130	623179	4214687	1710
P10 140	623183	4214697	1710
P10 150	623186	4214707	1710
P10 160	623189	4214716	1710
P10 170	623194	4214726	1710
P10 180	623196	4214734	1712

P7 30	619135	4214668	1470
P7 40	619137	4214680	1470
P7 50	619136	4214691	1470
P7 60	619136	4214701	1470
P7 70	619136	4214709	1471
P7 80	619136	4214719	1471
P7 90	619135	4214729	1472
P7 100	619136	4214740	1474
P7 110	619136	4214750	1475
P7 120	619135	4214761	1475
P7 130	619135	4214770	1476
P7 140	619135	4214780	1476
P7 150	619135	4214791	1478
P7 160	619136	4214800	1479
P7 170	619135	4214811	1478
P7 180	619135	4214820	1479
P7 190	619136	4214830	1479
P8 0	619090	4214511	1474
P8 10	619091	4214520	1474
P8 20	619091	4214530	1473
P8 30	619090	4214540	1472
P8 40	619091	4214550	1472
P8 50	619091	4214560	1471
P8 60	619090	4214570	1470
P8 70	619090	4214581	1470
P8 80	619089	4214591	1469
P8 90	619090	4214600	1469
P8 100	619090	4214611	1468
P8 110	619090	4214620	1467
P9 -390	612041	4221220	1367
P9 -380	612047	4221227	1367
P9 -370	612052	4221235	1367
P9 -360	612057	4221244	1367
P9 -350	612063	4221253	1368
P9 -340	612069	4221261	1369
P9 -330	612074	4221268	1369
P9 -320	612080	4221277	1370
P9 -310	612086	4221286	1372
P9 -300	612091	4221294	1371
P9 -290	612097	4221302	1371
P9 -280	612103	4221311	1371
P9 -270	612107	4221318	1372
P9 -260	612114	4221327	1371
P9 -250	612117	4221335	1372



P11 230	609060	4223901	1404
P12 0	609095	4223627	1402
P12 10	609101	4223637	1402
P12 20	609105	4223645	1402
P12 30	609108	4223653	1403
P12 40	609115	4223662	1403
P12 50	609120	4223670	1403
P12 60	609124	4223680	1403
P12 70	609128	4223689	1403
P12 80	609135	4223697	1404
P12 90	609140	4223707	1404
P12 100	609143	4223716	1404
P12 110	609149	4223722	1405
P12 120	609154	4223732	1404
P12 130	609159	4223740	1405
P12 140	609166	4223747	1405
P12 150	609174	4223756	1406
P12 160	609179	4223763	1406
P12 170	609185	4223771	1406
P12 180	609193	4223778	1406
P12 190	609198	4223787	1406
P12 200	609204	4223794	1406
P12 210	609210	4223803	1407
P12 220	609216	4223809	1408
P12 230	609224	4223817	1408
P13 0	626543	4210195	1649
P13 10	626543	4210208	1649
P13 20	626544	4210218	1648
P13 30	626544	4210227	1649
P13 40	626545	4210236	1649
P13 50	626545	4210247	1649
P13 60	626546	4210256	1650
P13 70	626546	4210267	1652
P13 80	626547	4210277	1652
P13 90	626548	4210286	1652
P13 100	626550	4210296	1653
P13 110	626549	4210305	1653
P13 120	626551	4210316	1654
P13 130	626551	4210325	1654
P13 140	626553	4210336	1655
P13 150	626555	4210345	1656
P13 160	626556	4210354	1660
P13 170	626555	4210364	1660
P13 180	626557	4210374	1659

P10 190	623199	4214745	1712
P10 200	623203	4214754	1713
P10 210	623206	4214763	1713
P10 220	623210	4214772	1714
P10 230	623213	4214782	1714
P10 240	623216	4214790	1716
P10 250	623221	4214801	1720
P10 260	623223	4214810	1721
P10 270	623226	4214821	1722
P10 280	623229	4214830	1721
P10 290	623233	4214839	1721
P10 300	623238	4214848	1722
P10 310	623241	4214857	1722
P10 320	623244	4214867	1721
P10 330	623246	4214876	1722
P10 340	623252	4214885	1721
P10 350	623255	4214894	1720
P10 360	623259	4214904	1719
P10 370	623262	4214913	1716
P10 380	623265	4214922	1716
P10 390	623272	4214931	1717
P11 0	608940	4223709	1399
P11 10	608944	4223715	1399
P11 20	608950	4223723	1399
P11 30	608956	4223731	1399
P11 40	608961	4223740	1400
P11 50	608967	4223748	1400
P11 60	608973	4223756	1400
P11 70	608978	4223765	1400
P11 80	608984	4223772	1400
P11 90	608989	4223780	1400
P11 100	608995	4223790	1401
P11 110	609000	4223799	1401
P11 120	609007	4223806	1402
P11 130	609012	4223816	1402
P11 140	609017	4223824	1402
P11 150	609021	4223832	1402
P11 160	609026	4223841	1403
P11 170	609032	4223849	1403
P11 180	609035	4223859	1402
P11 190	609041	4223867	1403
P11 200	609046	4223877	1404
P11 210	609050	4223885	1403
P11 220	609056	4223893	1404



P15 190	612295	4221121	1369
P15 200	612301	4221129	1369
P15 210	612307	4221137	1370
P15 220	612314	4221145	1370
P15 230	612320	4221152	1370
P15 240	612326	4221160	1370
P15 250	612333	4221169	1370
P15 260	612340	4221176	1371
P15 270	612345	4221183	1371
P15 280	612351	4221191	1371
P15 290	612358	4221198	1372
P15 300	612364	4221206	1373
P15 310	612371	4221214	1373
P15 320	612377	4221221	1374
P15 330	612383	4221230	1374
P15 340	612390	4221238	1375
P15 350	612396	4221244	1375
P15 360	612402	4221253	1376
P15 370	612409	4221260	1377
P15 380	612415	4221268	1378
P15 390	612421	4221276	1379
P15 400	612428	4221283	1380
P15 410	612435	4221290	1381
P15 420	612440	4221300	1382
P15 430	612448	4221306	1380
P15 440	612453	4221314	1378
P15 450	612459	4221322	1376
P15 460	612466	4221330	1375
P15 470	612472	4221337	1376
P15 480	612478	4221346	1376
P15 490	612484	4221353	1376
P15 500	612491	4221360	1376
P15 510	612498	4221368	1378
P15 520	612503	4221377	1378
P15 530	612509	4221385	1376
P15 540	612517	4221391	1376
P15 550	612523	4221399	1377
P15 560	612530	4221407	1377
P15 570	612535	4221415	1378
P16 0	612310	4220060	1357
P16 200	612407	4220231	1357
P16 395	612521	4220393	1360
P17 0	600090	4227132	1362
P17 10	600094	4227140	1362

P13 190	626557	4210385	1660
P13 200	626557	4210395	1661
P13 210	626558	4210405	1661
P13 220	626559	4210414	1661
P13 230	626561	4210424	1663
P14 0	626342	4210326	1644
P14 10	626347	4210336	1644
P14 20	626352	4210345	1646
P14 30	626357	4210353	1647
P14 40	626362	4210361	1647
P14 50	626366	4210370	1648
P14 60	626370	4210379	1650
P14 70	626376	4210387	1651
P14 80	626380	4210396	1652
P14 90	626386	4210406	1653
P14 100	626391	4210415	1654
P14 110	626395	4210424	1655
P14 120	626400	4210433	1656
P14 130	626405	4210440	1658
P14 140	626409	4210449	1658
P14 150	626415	4210460	1659
P14 160	626420	4210468	1660
P14 170	626425	4210476	1661
P14 180	626431	4210483	1663
P14 190	626435	4210493	1664
P15 0	612174	4220975	1365
P15 10	612181	4220982	1366
P15 20	612187	4220990	1366
P15 30	612194	4220998	1367
P15 40	612201	4221006	1367
P15 50	612205	4221013	1367
P15 60	612212	4221020	1367
P15 70	612219	4221029	1368
P15 80	612224	4221036	1368
P15 90	612231	4221043	1368
P15 100	612239	4221052	1368
P15 110	612245	4221060	1368
P15 120	612250	4221068	1368
P15 130	612257	4221075	1369
P15 140	612264	4221082	1369
P15 150	612270	4221090	1368
P15 160	612274	4221097	1369
P15 170	612283	4221106	1369
P15 180	612289	4221114	1369



P19 20	595046	4230097	1351
P19 30	595048	4230108	1351
P19 40	595050	4230116	1352
P19 50	595052	4230126	1353
P19 60	595055	4230136	1353
P19 70	595058	4230145	1354
P19 80	595061	4230155	1355
P19 90	595064	4230164	1355
P19 100	595067	4230174	1355
P19 110	595070	4230183	1356
P19 120	595073	4230193	1357
P19 130	595076	4230202	1357
P19 140	595078	4230212	1357
P19 150	595081	4230222	1358
P19 160	595084	4230231	1358
P19 170	595087	4230241	1359
P19 180	595091	4230250	1359
P19 190	595094	4230260	1359
P19 200	595097	4230270	1360

P17 20	600097	4227149	1363
P17 30	600100	4227160	1363
P17 40	600102	4227170	1364
P17 50	600105	4227179	1364
P17 60	600107	4227189	1365
P17 70	600109	4227198	1364
P17 80	600112	4227208	1365
P17 90	600114	4227219	1366
P17 100	600116	4227227	1367
P17 110	600120	4227236	1369
P17 120	600121	4227246	1370
P17 130	600124	4227257	1371
P17 140	600127	4227266	1372
P17 150	600129	4227275	1373
P17 160	600132	4227285	1373
P17 170	600135	4227295	1374
P17 180	600137	4227303	1376
P17 190	600140	4227314	1378
P17 200	600142	4227324	1379
P17 210	600145	4227333	1379
P17 220	600148	4227343	1381
P17 230	600150	4227353	1382
P18 0	595005	4230100	1350
P18 10	595010	4230110	1351
P18 20	595012	4230119	1351
P18 30	595017	4230129	1352
P18 40	595019	4230137	1352
P18 50	595022	4230147	1352
P18 60	595025	4230157	1353
P18 70	595030	4230166	1353
P18 80	595033	4230176	1354
P18 90	595036	4230185	1354
P18 100	595040	4230193	1355
P18 110	595041	4230204	1355
P18 120	595046	4230213	1355
P18 130	595049	4230223	1356
P18 140	595053	4230231	1356
P18 150	595055	4230241	1357
P18 160	595060	4230251	1357
P18 170	595063	4230260	1357
P18 180	595066	4230269	1358
P18 190	595069	4230278	1358
P19 0	595040	4230079	1350
P19 10	595044	4230088	1351