



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

شناسایی امتداد غار مارهموار با روش های ژئوالکتریک و GPR در معدن عایق ریل
(استان همدان)

توسط:

محمد فولادی

سید ابوالحسن رضوی

مهدی محمدی ویژه

سال چاپ:

۱۴۰۱



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

شناسایی امتداد غار مارهموار با روش های ژئوالکتریک و GPR در معدن عایق ریل
(استان همدان)

توسط:

محمد فولادی

سید ابوالحسن رضوی

مهدی محمدی ویژه

سال تهیه:

۱۴۰۰

گزارش حاضر طبق کد ۱۴۰۱/۱۲۴ گ ۲۶۲۵-۳۴۱-۹۶ از شورای ارزیابی انتشارات سازمان زمین

شناسی و اکتشافات معدنی کشور مجوز انتشار گرفته است.

کشور
اکتشافات معدنی
و
اکتشافات
شناسی
سازمان زمین

فهرست مطالب

فصل اول ۷

کلیات ۷

مقدمه ۷

۱-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه ۸

۱-۲- مختصری از زمین شناسی محدوده مورد مطالعه ۱۰

۱-۲-۲-۱- چین خوردگی ها: ۱۳

۱-۲-۲-۳- درزه و شکاف ها: ۱۴

فصل دوم ۱۷

روشهای ژئوفیزیکی ۱۷

۱-۲- مقاومت ویژه الکتریکی ۱۷

۱-۲-۱- مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی ۱۹

۱-۲-۲- روشهای اندازه گیری داده های مقاومت ویژه ۲۱

۱-۲-۳- آرایش های الکترودی مورد استفاده ۲۲

۱-۲-۲- روش GPR ۲۳

۱-۲-۲-۱- تئوری روش GPR ۲۵

فصل سوم ۲۹

اندازه گیری داده ها و تجهیزات مورد استفاده..... ۲۹

۳-۱- برداشت داده ها..... ۲۹

۳-۲- تجهیزات..... ۳۵

۳-۲-۱- تجهیزات روش مقاومت ویژه الکتریکی..... ۳۵

۳-۲-۲- تجهیزات روش GPR..... ۳۶

۳-۳- نحوه پردازش، مدل سازی و نمایش داده ها..... ۴۰

فصل چهارم..... ۴۲

بررسی نتایج..... ۴۲

۴-۱- پروفیل P15..... ۴۲

۴-۲- پروفیل P25..... ۵۰

۴-۳- پروفیل P35..... ۵۷

۴-۴- پروفیل P45..... ۶۳

۴-۵- پروفیل P60..... ۶۹

۴-۶- پروفیل P70..... ۷۵

۴-۷- پروفیل P85V..... ۸۰

۴-۸- پروفیل P90V..... ۸۱

۴-۹- پروفیل P95V..... ۸۷

۸۸.....P100V ۱۰-۴- پروفیل

۸۹.....P105V ۱۱-۴- پروفیل

۹۱.....P110V ۱۲-۴- پروفیل

۹۲.....P115V ۱۳-۴- پروفیل

۹۷.....P120V ۱۴-۴- پروفیل

۹۸.....P125V ۱۵-۴- پروفیل

۹۹.....P130V ۱۶-۴- پروفیل

۱۰۰..... ۱۷-۴- نمایش سه بعدی داده های مقاومت ویژه

۱۰۳..... فصل پنجم

۱۰۳..... نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۰۶..... تشکر و قدردانی

۱۰۷..... پیوست

فصل اول

کلیات

مقدمه

به درخواست سازمان صمت استان همدان و معاونت زمین شناسی مهندسی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مطالعات ژئوفیزیک جهت شناسایی امتداد غار مارهموار با روش های ژئوالکتریک و GPR در معدن عایق ریل همدان صورت پذیرفت. بدین منظور اکیپ ژئوفیزیک سازمان در دو ماموریت ۱۵ و ۵ روزه و طی احکام جداگانه ای به شماره های ۱۴۸۱ و ۴۷۹۴ به ترتیب در تاریخ های ۹۹/۱۰/۳۰ و ۹۹/۱۲/۱۹ در منطقه حضور یافت. سرپرستی گروه به عهده دکتر محمد فولادی بوده و مهندس سید ابوالحسن رضوی و دکتر مهدی محمدی ویژه و مهندس عباس باقری اسفندآبادی به عنوان کارشناس با گروه همکاری داشته اند.

در این مطالعه از روش های مقاومت ویژه الکتریکی و رادار نفوذی به زمین^۱ (GPR) برای بررسی های زیرسطحی استفاده شد. داده های مقاومت ویژه در این منطقه، در طول هشت پروفیل با نام های P15 تا P115_ver با طول ۲۳۵ متر برداشت شد. این پروفیل ها در یک شبکه منظم در معدن عایق ریل همدان برداشت شد که شش پروفیل آن به صورت موازی با امتداد غربی- شرقی و دو پروفیل عمود بر آنها با امتداد جنوبی- شمالی می باشند. تعداد کل داده های مقاومت ویژه برداشتی ۸۰۰۴ نقطه است. داده های GPR در طول پروفیل های مزبور با استفاده از آنتن های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی نیز برداشت شد. علاوه بر پروفیل های مزبور، هشت پروفیل مستقل با استفاده از

^۱ Ground penetrating radar

آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مورد برداشت قرار گرفت. در مجموع داده های برداشتی GPR در این مطالعه ۴/۲۲ کیلومتر خطی می باشد.

۱-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

مارهموار (راه هموار) یکی از رو ستاهای استان همدان است و در دهستان مهاجران بخش لالچین شهرستان بهار واقع شده است. مطالعات ژئوفیزیک در شمال خاوری شهر همدان و در حدفاصل روستاهای مارهموار و حسین آباد واقع در معدن عایق ریل همدان صورت گرفت. معدن عایق ریل همدان و همچنین غار کشف شده مارهموار، در جاده همدان- رزن واقع شده است که راه دسترسی به این محدوده، با طی حدود ۲۰ کیلومتر از این جاده و پس از عبور از پلیس راه، از طریق دوربرگردان میسر خواهد بود. گستره مورد مطالعه در فاصله بین مختصات جغرافیایی ۲۸۳۶۹۶ و ۳۸۷۷۴۹۷ تا مختصات جغرافیایی ۲۸۳۸۹۷ و ۳۸۷۷۲۵۵ قرار دارد که معدن عایق ریل همدان را دربر می گیرد. راه دسترسی محدوده مورد مطالعه و موقعیت پروفیل های ژئوفیزیک به همراه موقعیت جغرافیایی غار کشف شده مارهموار در تصاویر هوایی به ترتیب در شکل های ۱-۱ و ۱-۲ آورده شده است.



شکل ۱-۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه (دایره قرمز رنگ) واقع در معدن عایق ریل همدان بر روی عکس هوایی (برگرفته از نرم افزار Google Earth)



شکل ۱-۲: موقعیت پروفیل های اصلی ژئوفیزیک (خطوط قرمز رنگ) به همراه موقعیت جغرافیایی غار کشف شده مارهموار (دایره سفید رنگ) بر روی عکس هوایی محدوده (برگرفته از نرم افزار Google Earth)

۱-۲-۲- مختصری از زمین شناسی محدوده مورد مطالعه^۱

۱-۲-۱- زمین شناسی عمومی

گستره نقشه، در محدوده پرتحرک ترین پهنه ساختاری ایران، زون سندج - سیرجان، جای گرفته که فازهای دگرگونی و ماگماتیسزم مهمی را در سرگذشت زمین شناسی خود تحمل کرده است. مهندس بلورچی (۱۹۷۷) این پهنه ساختاری را در محدوده گستره نقشه، زون رزن نامیده است که در ناحیه جنوب باختری گسل آوج گسترش دارد. وجود سنگهای گوناگون رسوبی، دگرگون شده و آذرین همراه با تغییر شکل یافتن آنها موجب پیچیدگی زمین شناسی این منطقه شده است. محدوده مورد بررسی بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ کبودرآهنگ واقع شده است که غار مارهموار در جنوب غربی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کبودرآهنگ قرار دارد.

این محدوده در واحد سنگ چینه ای $JK^{s.l}$ واقع شده است که این واحد در جنوب نقشه، مرز ورقه همدان، جنوب روستای حسین آباد رخنمون دارد. گسترش آن بسیار محدود است و شامل توالی ماسه سنگ متوسط لایه به رنگ قهوه ای و ارغوانی در سطح هوازده همراه با میان لایه هایی از سنگ آهک، شیل های سبز روشن در سطح هوازده و کنگلومرا با قلوه های کوارتزی است که دگرگونی اندکی را تحمل کرده اند. بنظر می رسد این واحد بگونه ای پیوسته بر روی واحد (J^{sh}) جایی می گیرد و گذر آن با واحد (K_1^{ll}) ناپیوسته و هم شیب است. ستبرای آن حدود ۳۰۰-۲۰۰ متر برآورد می شود. این واحد دربردارنده واحد سنگ آهک بسیار نازک لایه ای است به رنگ زرد تا کرم، همراه با فسیلهای کرینوئید و الگ فراوان، با ضخامت کم و غیرقابل جدایش است ولی در ورقه همدان، این میان لایه، با ستبرای حدود ۲۵ متر گزارش شده است.

^۱ اقتباس از نقشه یکصد هزار کبودرآهنگ

مطالعه میکرو سکویی این سنگ آهک ها مؤید سن ژوراسیک پسین (تیتونین) - کرتاسه پیشین (نئوکومین)

است (ز.سهرابی - کیهانی)

- *Calpionellopsis* sp. – *Calpionellidae*
- *Lenticulina* sp. – *Textularidae*

فاسیس این سنگ آهک ها میکریتی است و سوزنها و خرده های اکیئوئید و صدف نیز در آنها دیده می شود.

۱-۲-۲- زمین ساخت^۱

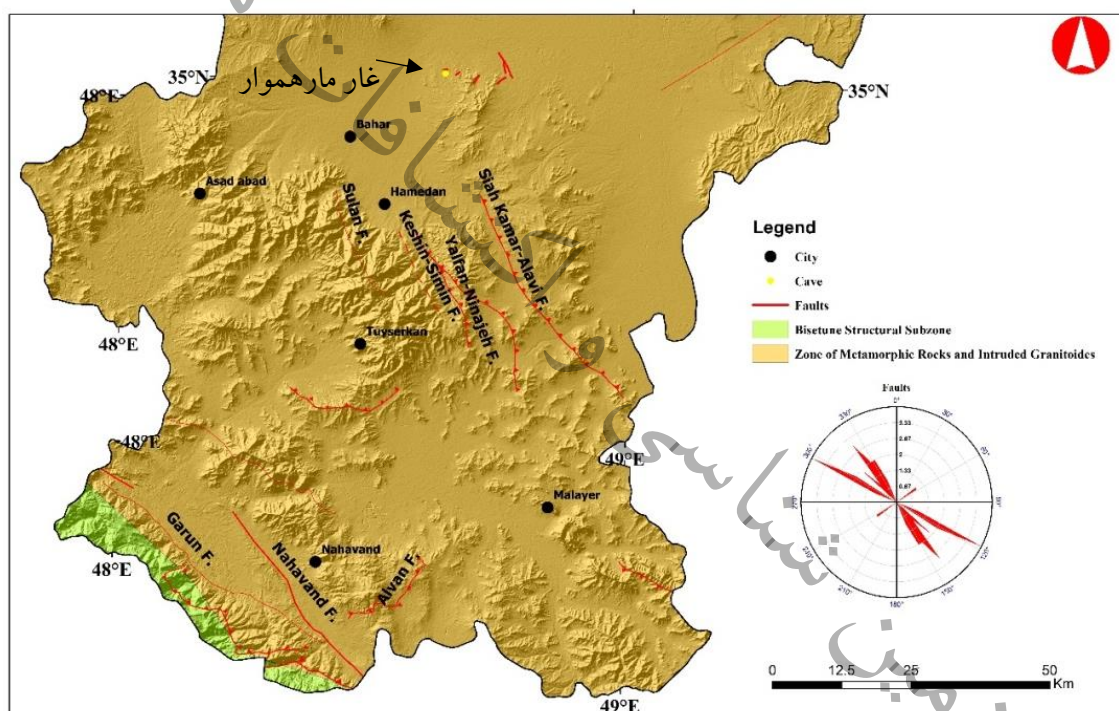
شکل گیری اشکال کارستی در هر منطقه مستلزم وجود فضاهای خالی در سازند است تا شرایط لازم برای نفوذ و انتقال آب فراهم شود. درزه ها و گسل ها از مهم ترین عوامل ایجاد فضاهای خالی ثانویه در توده سنگ هستند. با توجه به نقشه زمین ساخت در پیدایش و توسعه تخلخل و نفوذپذیری ثانویه در سنگ ها و به دنبال آن افزایش اثر انحلالی آب بر روی طبقات کربناته و پیدایش مجاری و حفره های کارستی در ادامه به شرح ویژگی ساخت های زمین شناسی (به ترتیب گسل ها، چین خوردگی ها و درزه ها) محدوده غار مارهموار پرداخته می شود.

۱-۲-۲-۱- گسل ها:

در محدوده مورد بررسی با توجه به گسترش نهشته های کواترنری و تاثیرپذیری کمتر این واحدها از فازهای دگرشکلی شدید، بیشتر ساختارها از جمله گسل ها توسط آنها پوشیده شده و تنها آثار برخی از گسل ها در سطح زمین مشاهده می شود. در بخش های جنوبی منطقه پیدایش غار مارهموار گسل های اصلی شامل گسل های سولان، سیاه کمر علوی، گارون، کشین - سیمین، کوه چشمه دره، لرد کمر و نهاوند است که راستای غالب آن ها شمال باختری - جنوب خاوری است (شکل ۱-۳).

^۱ اقتباس از گزارش مطالعه غار مارهموار همدان (قاسمی، الف و یوسفی، م)

بررسی های میدانی در محدوده غار کشف شده منجر به شناسایی دو گسل فرعی در منطقه گردید. این گسل ها بر روی نقشه زمین شناسی منطقه با نام های F1 و F2 نام گذاری شده اند (شکل ۱-۴). گسل F1 در فاصله ۱۰-۱۵ متری باختر دهانه غار مارهموار قرار دارد و دارای روند تقریبی شمالی - جنوبی است. عملکرد این گسل از نوع نرمال راست گرد است. گسل F2 با روند خاوری - باختری در فاصله ۱۵۰ متری جنوب غار قرار دارد. شواهد صحرایی و آثار صفحه و آینه این گسل مؤید عملکرد نرمال آن در منطقه است. شیب و جهت شیب صفحه این گسل (۵۳، ۱۷۹) اندازه گیری شد.



شکل ۱-۳: موقعیت جغرافیایی غار مارهموار نسبت به پهنه های ساختاری و گسل های اصلی و فرعی منطقه



شکل ۱-۴: الف- موقعیت قرارگیری گسل های فرعی F1 و F2 نسبت به دهانه غار مارهموار، ب- آینه گسل F1، پ- دهانه ورودی

غار و ت- آینه گسل F2

۱-۲-۲-۲- چین خوردگی ها:

کهن تر شدن واحدهای سنگی به طرف دشت مارهموار (باختر غار) نشان می دهد، تپه ای که غار مارهموار بر روی آن قرار دارد (جبهه کار استخراجی شماره ۱ معدن)، یال خاوری ساختار تاقدیسی شکلی را تشکیل می دهد که هسته و یال باختری آن فرسایش یافته است. شیب طبقات در یال خاوری در حدود ۲۰-۳۵ درجه متغیر است.

همچنین در فاصله ۲ کیلومتری جنوب غار مارهموار (جبهه کار استخراجی شماره ۲ معدن) یک تاقدیس کوچک مقیاس در واحد سنگی (K1c) تشکیل شده است. شیب یال های آن بین ۲۰-۳۰ درجه متغیر است. به طور کلی، پویایی

زون سنندج- سیرجان و عملکرد شاخه های فرعی گسل های منطقه سبب ایجاد بهم ریختگی های زیادی در این چین و کل منطقه گردیده است (۱-۵).



شکل ۱-۵: تاقدیس کوچک در واحد (K1c) در جنوب غار مارهموار

از آنجایی که غار کارستی در یال خاوری تاقدیس فرسایش یافته تشکیل شده است، برداشت های میدانی سیستم درزه ها بر روی این ناحیه متمرکز گردید. به طور کلی می توان گفت چین خوردگی و گسلش در منطقه سبب تشکیل شکستگی های زیادی در واحدهای سنگی شده است که به نوبه ی خود در شکل گیری و گسترش کارست نقش بسزایی ایفا کرده است.

۱-۲-۳- درزه و شکاف ها:

بر اساس اهداف این مطالعه، اندازه گیری ها بیشتر بر روی درزه های سیستماتیک متمرکز شد و برداشت های صحرایی در محیط نرم افزار Dips تحلیل شدند. در هر برداشت تلاش شد تا شش ویژگی درزه ها برداشت شود:

۱- طول درزه (Length در سطح رخنمون)

۲- میزان باز شدگی (Aperture)

۳- شکل درزه ها (Shape): صاف، پله ای، منحنی یا ترکیبی از آن ها

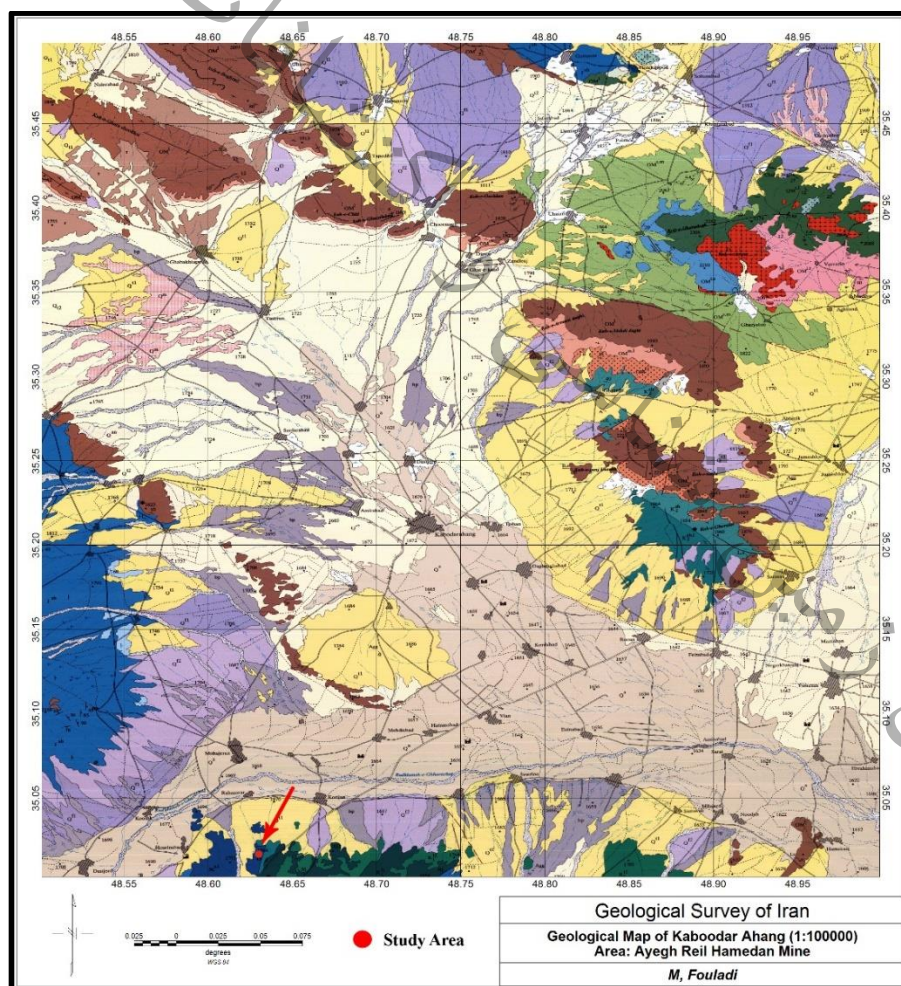
۴- فاصله درزه ها از یکدیگر (Spacing)

۵- نوع درزه (Type): برشی، کششی یا مرکب

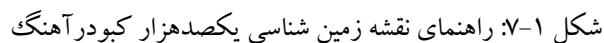
۶- نوع پرشدگی (Composition): کلسیت، سیلیس

در این منطقه، درزه ها بازشدگی زیادی ندارند و به دلیل دسترسی آسان، مشخصات درزه ها شامل طول درزه، میزان بازشدگی و فاصله آن ها از یکدیگر نیز برداشت شد. در این بررسی به طور کلی سیستم درزه ها در ۲۲ نقطه برداشت شد.

نقشه زمین شناسی یکصد هزار کبودرآهنگ به همراه محدوده مورد مطالعه در شکل ۱-۶ و راهنمای نقشه زمین شناسی یکصد هزار کبودرآهنگ نیز در شکل ۱-۷ قابل نمایش می باشد.



شکل ۱-۶: نقشه زمین شناسی یکصد هزار کبودرآهنگ به همراه محدوده مورد مطالعه (دایره قرمز رنگ)



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

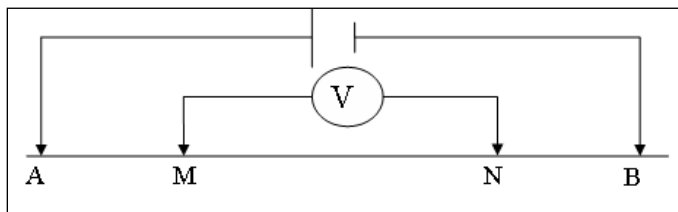
مقاومت ویژه با استفاده از اندازه گیری های سطحی می باشد. از این اندازه گیری ها، مقاومت ویژه واقعی توده های زیرسطحی قابل تخمین است.

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

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

در این رابطه، I شدت جریان ارسالی (برحسب آمپر)، ΔV اختلاف پتانسیل قرائت شده (برحسب ولت) و ρ_a مقدار مقاومت ویژه ظاهری^۱ (برحسب اهم متر) می باشد. در صورتی که اگر زمین غیرهمگن باشد (که معمولاً چنین است) و فواصل الکترودی 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 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.

^۱ Apparent resistivity



شکل ۱-۲: آرایش چهار الکترودی

رابطه بین مقاومت ویژه حقیقی و ظاهری رابطه‌ای پیچیده است. برای تعیین مقاومت ویژه حقیقی ساختارهای زیرسطحی از روی مقادیر ظاهری آن، از روش‌های معکوس سازی توسط نرم افزارهای کامپیوتری استفاده می‌شود.

۲-۱-۱- مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی

برداشت‌های مقاومت ویژه، تصاویری از تغییرات مقاومت ویژه ساختارهای زیرسطحی در اختیار قرار می‌دهند. برای تبدیل این تصاویر به تصاویر زمین‌شناسی، اطلاعاتی در خصوص مقادیر مقاومت ویژه انواع ساختارهای زیرسطحی و همچنین زمین‌شناسی محیط تحت بررسی حائز اهمیت است. مقاومت ویژه برخی از مواد، سنگ‌ها، کانی‌ها و محیط‌های معمول زمین‌شناسی در جدول ۱-۲ آورده شده است. دامنه تغییرات مقاومت ویژه در مقایسه با کمیت‌های فیزیکی که در دیگر روش‌های ژئوفیزیک محاسبه می‌شوند بسیار بیشتر است. مقاومت ویژه الکتریکی مواد مختلف از $10^{-8} \Omega m$ برای نقره خالص تا $10^{16} \Omega m$ برای گوگرد خالص متغیر است. سنگ‌های دگرگون و آذرین نوعاً دارای مقادیر با مقاومت ویژه بالا هستند. مقاومت ویژه این سنگ‌ها اساساً وابسته به درجه شکستگی و درصد پرشدگی آنها از آب‌های زیرسطحی است.

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 می باشند. مقدار مقاومت ویژه آب دریا که برابر مقدار پایین ۰/۲ اهم-متر است، ناشی از میزان بالای نمک های محلول آن است.

همان طور که در جدول ۱-۲ دیده می شود، مقاومت ویژه انواع سنگ ها و خاک ها دارای هم پوشانی است. این مطلب از آنجا ناشی می شود که مقاومت ویژه نمونه های 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 شکستگی ها

- 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 کانی های تشکیل دهنده سنگ

بنابراین مقدار مقاومت ویژه الکتریکی یک لایه بستگی به وضعیت زمین شناسی منطقه مورد مطالعه دارد. به

عبارت دیگر تفکیک لایه ها بر حسب جنس آنها از نظر زمین شناسی تنها با بدست آوردن مقاومت ویژه الکتریکی آنها

میسر نمی باشد و مقاومت ویژه الکتریکی رسوبات، سازندها و واحدهای زمین شناسی موجود در هر منطقه باید به طور

جدا گانه تعیین شود.

جدول ۲-۱: 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^۲ انجام می شود. در روش سونداژزنی، تغییرات عمقی یا قائم مقاومت ویژه مورد بررسی قرار می گیرد. اما در روش پروفیل زنی، تغییرات جانبی

^۱ Vertical electric sounding

^۲ Profiling

مقاومت ویژه مواد زیرسطحی در طول یک خط پروفیل بررسی می شود. در روش پروفیل زنی، آرایش مورد 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^۱، شلومبرگر^۲، دوقطبی-دوقطبی^۳، قطبی-دوقطبی^۴ و گرادینان^۵ 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

^۱ Wenner

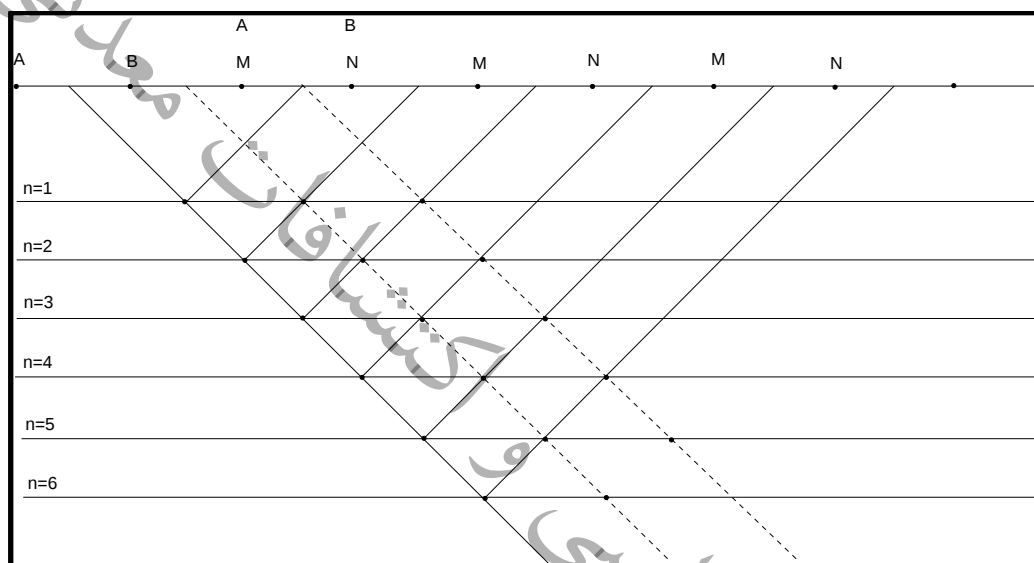
^۲ Schlumberger

^۳ Dipole-dipole

^۴ Pole-dipole

^۵ Gradient

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 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 GPR

GPR یکی از روش های ژئوفیزیک نزدیک سطح می باشد. در این روش از امواج الکترومغناطیس فرکانس بالا (در محدوده ۱۰ تا ۲۵۰۰ مگاهرتز) برای آشکارسازی ساختارهای زیرسطحی بهره می برد. دستگاه های GPR با تولید و انتشار پالس های ناپیوسته الکترومغناطیس، ناپیوستگی های زیرسطحی را با قدرت تفکیک بالایی آشکارسازی می کنند. این پالس ها توسط مولد سیگنال دستگاه تولید و توسط آنتن های مختلف به درون زمین ارسال می شوند. شکل

و مشخصات پالس های تولید شده تابعی از مشخصات آنتن هایی است که برای برداشت مورد استفاده قرار گرفته اند و عموماً این آنتن ها را با توجه به فرکانس مرکزی پالس تولید شده، نام گذاری می کنند.

به طور کلی موفقیت روش های ژئوفیزیک وابسته به وجود تباین^۱ در مشخصه های فیزیکی اهداف زیرسطحی با محیط دربرگیرنده آنها است. در اکثر شرایط زمین شناسی که رسانندگی و تراوایی مغناطیس محیط زیرسطحی قابل صرف نظر است، تباین در گذردهی دی الکتریک دارای بیشترین سهم در آشکارسازی اهداف زیرسطحی توسط روش GPR می باشد. از این رو در استفاده از این روش بسیاری از بی هنجاری های زیرسطحی قابل آشکارسازی می باشند. این مسأله کاربردهای چند منظوره GPR را سبب شده است. گستره کاربردهای GPR بسیار وسیع بوده و برای مقاصد گوناگون از قبیل تعیین ضخامت خاک و همچنین چینه شناسی رسوبات، تعیین سطح ایستابی، آشکارسازی حفره ها، کانال ها و تونل های مدفون، آشکارسازی درز و شکاف در سنگ های متراکم، به نقشه در آوردن مناطق آلوده در مطالعات زیست محیطی، بررسی شرایط محل ساخت سازه های عظیم، بررسی غیر تخریبی^۲ مصالح ساختمانی، ستون پل ها و دیواره سدها، آشکارسازی اجسام مدفون در بررسی های باستان شناسی، آشکارسازی تأسیسات ساختمانی نظیر کابل ها و لوله های مدفون، تعیین ضخامت یخچال ها و بررسی لایه های آسفالت در جاده ها استفاده می گردد. از ویژگی های مثبت این روش علاوه بر قدرت تفکیک بالای آن، می توان به سرعت برداشت داده ها و همچنین خاصیت غیر تهاجمی^۳ آن اشاره کرد. به این ترتیب که در محیط های شهری بدون داشتن اثرات مخرب در محیط، داده ها برداشت می شوند.

^۱ Contrast

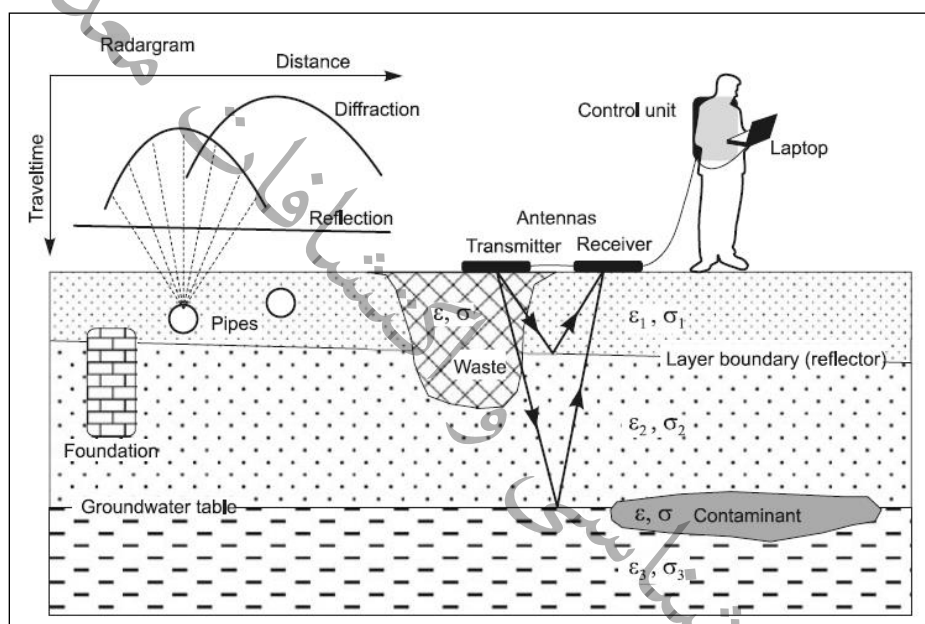
^۲ Nondestructive

^۳ Noninvasive

۱-۲-۲- تئوری روش GPR

اجزاء دستگاه GPR در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. دستگاه GPR از یک مولد سیگنال، یک فرستنده و

یک گیرنده تشکیل شده است. دستگاه‌های مدرن امروزی علاوه بر نمایشگر دستگاه قابلیت اتصال به کامپیوترهای همراه را نیز دارا می‌باشند. از این رو پردازش ابتدایی داده‌ها به هنگام برداشت نیز به راحتی امکان پذیر است.



شکل ۲-۳: نمای شماتیک از اصول برداشت و اجزاء دستگاه GPR

برداشت‌های GPR هم از طریق پروفیل زنی پیوسته و هم از طریق برداشت در نقاط ثابت انجام می‌پذیرد. در

پروفیل زنی پیوسته^۱ آنتن‌ها روی زمین در روی پروفیل مورد نظر کشیده می‌شوند و داده‌ها در فواصل مکانی و یا زمانی

معین برداشت می‌شوند. در مواقعی که به سرعت بیشتری برای اکتساب داده‌ها نیاز باشد، می‌توان آنتن‌ها را توسط یک

وسیله نقلیه یدک کرد. زمانی که پالس الکترومغناطیس گسیل شده از آنتن فرستنده به یک ناپیوستگی الکتریکی

^۱ Continuous profiling

برخورد می کند، بخشی از آن از فصل مشترک عبور کرده و بخشی بازتاب می شود. این امر ناشی از تغییر امپدانس^۱ امواج الکترومغناطیس در فصل مشترک دو محیط می باشد. مقدار انرژی بازتابی و عبوری و همچنین مقدار انرژی اتلافی (مستهلك شده) تابعی از خواص الکتریکی مواد در دو طرف فصل مشترک می باشد. اگر زمان رفت و برگشت موج الکترومغناطیس که از آنتن فرستنده گسیل و بعد از بازتاب از اهداف زیرسطحی به آنتن گیرنده باز می گردد را اندازه گیری کنیم، می توان عمق هدف مورد نظر را توسط رابطه زیر تعیین کرد.

$$D = \frac{Vt}{2} \quad (2-2)$$

در این رابطه، D عمق هدف، t زمان متناظر با آن در مقطع زمانی GPR و V سرعت امواج الکترومغناطیسی GPR تا هدف زیرسطحی است. در صورتی که فاصله بین آنتن ها در مقایسه با عمق هدف کوچک باشد، این رابطه با دقت خوبی عمق هدف زیرسطحی را نشان می دهد.

سرعت امواج GPR در محیط های زیرسطحی توسط رابطه زیر محاسبه می شود.

$$V = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r \frac{1 + \sqrt{1 + (\sigma / \epsilon \omega)} }{2}}} \quad (3-2)$$

در رابطه بالا C_0 سرعت موج الکترومغناطیس در هوا، μ_r نشان دهنده تراوایی مغناطیس نسبی و ϵ_r گذردگی نسبی محیط نسبت به هوا و ω فرکانس زاویه ای پالس GPR می باشند. عبارت $\sigma / \epsilon \omega$ که به فاکتور اتلاف^۲ معروف است، در محیط های کم اتلاف مانند شن و ماسه های خالص نزدیک به صفر بوده و قابل صرف نظر می باشد (جدول ۲-۲).

^۱ Impedance

^۲ Loss factor

همچنین اثر μ_r در محیط‌های غیرمغناطیس و در محدوده فرکانس‌های GPR کوچک بوده و می‌توان آن را مطابق با محیط‌های غیرمغناطیس برابر ۱ در نظر گرفت. به این ترتیب رابطه (۳-۲) به صورت زیر خلاصه می‌شود.

$$V = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (۳-۲)$$

در عمل سرعت متوسط امواج GPR در محیط‌های زیرسطحی توسط راه‌های مختلفی قابل محاسبه است. این روش‌ها شامل، اندازه‌گیری زمان پیمایش موج از هدفی مدفون در عمق معین، اندازه‌گیری‌های مستقیم آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های صحرایی، اندازه‌گیری زمان پیمایش موج بین گمانه‌ها با استفاده از آنتن‌های درون گمانه‌ای، برداشت‌های توموگرافی و برداشت CMP ^۱ می‌باشند. در برخی از دستگاه‌ها و نرم افزارهای امروزی با تعیین برون‌راند^۲ هندلولی‌های پراش، سرعت متوسط محیط زیرسطحی تعیین می‌گردد. در صورتی که هیچ یک از روش‌های فوق در یک محیط قابل استفاده نباشد، با توجه به جنس محیط زیرسطحی سرعت متوسط را تعیین می‌کنند.

در صورتی که رسانندگی ساختارهای مورد بررسی پایین باشد و در غیاب مواد با تراوایی مغناطیس بالا، ضریب بازتاب توسط رابطه زیر بیان می‌شود. این رابطه در اکثر شرایط زمین شناسی با دقت خوبی، ضریب بازتاب را نشان می‌دهد.

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_{1r}} - \sqrt{\epsilon_{2r}}}{\sqrt{\epsilon_{1r}} + \sqrt{\epsilon_{2r}}} \quad (۴-۲)$$

^۱ Common midpoint

^۲ Move out

برای ارائه یک مقیاس کمی از پارامترهایی که در این بخش مطرح شد، مشخصات الکترومغناطیس برخی از ساختارهای زمین شناسی در جدول ۲-۲ آورده شده است.

جدول ۲-۲- مشخصات الکترومغناطیس مواد

مواد معمول	گذردهی نسبی (ϵ_r)	رسانندگی (mS / M)	سرعت (M / nS)	میرایی (dB / M)
هوا	۱	۰	۰/۳۰	۰
آب مقطر	۸۰	۰/۰۱	۰/۰۳۳	۲×۱۰^{-۳}
آب شیرین	۸۰	۰/۵	۰/۰۳۳	۰/۱
آب دریا	۸۰	۳×۱۰^{-۳}	۰/۰۱	$۱۰^{-۳}$
ماسه خشک	۳-۵	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۰۱
ماسه اشباع	۲۰-۳۰	۰/۱-۱	۰/۰۶	$۰/۰۳-۰/۳$
سنگ آهک	۴-۸	۰/۵-۲	۰/۱۲	$۰/۴-۱$
شیل	۵-۱۵	۱-۱۰۰	۰/۰۹	۱-۱۰۰
لای ها	۵-۳۰	۱-۱۰۰	۰/۰۷	۱-۱۰۰
رس ها	۵-۴۰	۲-۱۰۰۰	۰/۰۶	۱-۳۰۰
گرانیت	۴-۶	۰/۰۱-۱	۰/۱۳	$۰/۰۱-۱$
نمک خشک	۵-۶	۰/۰۱-۱	۰/۱۳	$۰/۰۱-۱$
یخ	۳-۴	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۱

فصل سوم

اندازه گیری داده ها و تجهیزات مورد استفاده

۳-۱- برداشت داده ها

همانطور که ذکر شد، در این مطالعه از روش های مقاومت ویژه الکتریکی و رادار نفوذی به زمین (*GPR*) برای بررسی های زیرسطحی استفاده شد. داده های مقاومت ویژه در این منطقه، در طول هشت پروفیل با طول ۲۳۵ متر برداشت شد. این پروفیل ها در یک شبکه منظم در معدن عایق ریل همدان برداشت شد که شش پروفیل آن به صورت موازی با امتداد غربی- شرقی و دو پروفیل عمود بر آنها با امتداد جنوبی- شمالی می باشند. همچنین داده های *GPR* در طول پروفیل های مزبور با استفاده از آنتن های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی برداشت شد. لازم به ذکر است که با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی علاوه بر پروفیل های مزبور، هشت پروفیل مستقل نیز مورد برداشت قرار گرفت. در جدول ۳-۱ و ۳-۲ بترتیب مشخصات پروفیل های برداشتی مقاومت ویژه و *GPR* شامل نوع آرایش/آنتن مورد استفاده، طول پروفیل، رد ها تعداد نقاط برداشتی و مختصات نقاط ابتدایی و انتهایی آنها آورده شده است. شکل ۳-۱ موقعیت پروفیل های مقاومت ویژه و *GPR* را بر روی عکس هوایی در محدوده معدن عایق ریل همدان نشان می دهد. علاوه بر این تصاویری از پروفیل های برداشتی در حین اندازه گیری داده ها در شکل های ۳-۲ تا ۳-۵ آورده شده است.

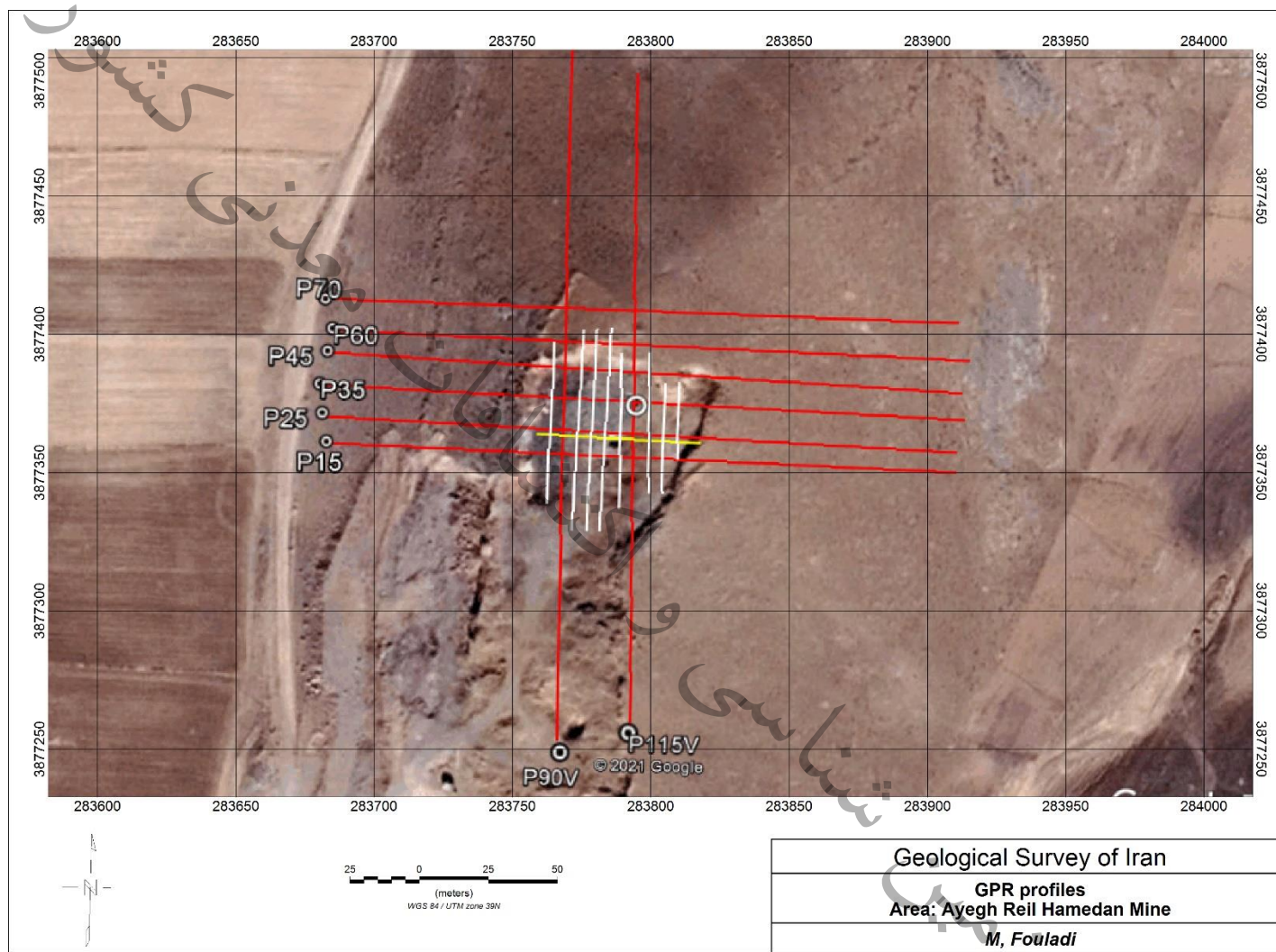
جدول ۳-۱: مشخصات پروفیل های برداشتی مقاومت ویژه

پروفیل	طول (m)	آرایش	فاصله الکترودی (m)	تعداد نقاط	مختصات (UTM)	
					ابتدا	انتهای
P15	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۱۰۰۴	۲۸۳۶۸۲.۶-۳۸۷۷۳۶۱.۶	۲۸۳۹۱۰.۳-۳۸۷۷۳۵۰.۱
P25	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۱۰۰۲	۲۸۳۶۸۱.۱-۳۸۷۷۳۷۲	۲۸۳۹۱۰.۷-۳۸۷۷۳۵۶
P35	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۹۳۵	۲۸۳۶۸۰.۳-۳۸۷۷۳۸۲.۵	۲۸۳۹۱۴.۴-۳۸۷۷۳۶۹.۱
P45	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۹۷۴	۲۸۳۶۸۳.۲-۳۸۷۷۳۹۴.۵	۲۸۳۹۱۱.۱-۳۸۷۷۳۷۷.۵
P60	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۱۰۳۵	۲۸۳۶۸۵ -۳۸۷۷۴۰۲.۶	۲۸۳۹۱۴.۳-۳۸۷۷۳۹۰.۳
P70	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۱۰۲۵	۲۸۳۶۸۲.۵-۳۸۷۷۴۱۳.۴	۲۸۳۹۱۱.۲-۳۸۷۷۴۰۴.۱
P90V	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۱۰۰۶	۲۸۳۶۷۷.۴-۳۸۷۷۲۴۹.۸	۲۸۳۷۸۲.۲-۳۸۷۷۵۰۰.۸
P115V	۲۳۵	دوقطبی-دوقطبی	۵	۱۰۲۳	۲۸۳۷۹۲.۶-۳۸۷۷۲۵۶.۷	۲۸۳۸۰۱.۳-۳۸۷۷۴۹۰.۲

جدول ۳-۲: مشخصات پروفیل های برداشتی GPR

پروفیل	طول (m)	آنتن	ردها ^۱ (m)	مختصات (UTM)	
				ابتدا	انتهای
GPR- P15	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۶۸۲.۶-۳۸۷۷۳۶۱.۶	۲۸۳۹۱۰.۳-۳۸۷۷۳۵۰.۱
GPR- P25	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۶۸۱.۱-۳۸۷۷۳۷۲	۲۸۳۹۱۰.۷-۳۸۷۷۳۵۶
GPR- P35	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۶۸۰.۳-۳۸۷۷۳۸۲.۵	۲۸۳۹۱۴.۴-۳۸۷۷۳۶۹.۱
GPR- P45	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۶۸۳.۲-۳۸۷۷۳۹۴.۵	۲۸۳۹۱۱.۱-۳۸۷۷۳۷۷.۵
GPR- P60	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۶۸۵-۳۸۷۷۴۰۲.۶	۲۸۳۹۱۴.۴-۳۸۷۷۳۹۰.۳
GPR- P70	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۶۸۲.۵-۳۸۷۷۴۱۳.۴	۲۸۳۹۱۱.۲-۳۸۷۷۴۰۴.۱
GPR - P90V	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۶۷.۴-۳۸۷۷۴۹۸.۸	۲۸۳۷۸۲.۲-۳۸۷۷۵۰۰.۸
GPR- P115V	۲۳۵	۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۹۲.۶-۳۸۷۷۲۵۶.۷	۲۸۳۸۰۱.۳-۳۸۷۷۴۹۰.۲
GPR – P85V	۴۵	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۶۲.۰۵-۳۸۷۷۳۳۸.۶۵	۲۸۳۷۶۴.۵۸-۳۸۷۷۳۹۷.۵۶
GPR - P95V	۶۰	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۷۱.۳-۳۸۷۷۳۲۸.۴۷	۲۸۳۷۷۵.۰۲-۳۸۷۷۴۰۱.۹۷
GPR – P100V	۶۰	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۷۶.۳-۳۸۷۷۳۲۸.۴۷	۲۸۳۷۸۰.۰۲-۳۸۷۷۴۰۱.۹۷
GPR – P105V	۶۰	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۸۱.۳-۳۸۷۷۳۲۸.۴۷	۲۸۳۷۸۵.۰۲-۳۸۷۷۴۰۱.۹۷
GPR – P110V	۵۵	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۸۸.۴۵-۳۸۷۷۳۳۶.۶۴	۲۸۳۷۸۸.۴۸-۳۸۷۷۳۹۲.۹۴
GPR – P120V	۵۰	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۹۸.۸۴-۳۸۷۷۳۴۱.۷	۲۸۳۷۹۸.۴۸-۳۸۷۷۳۹۲.۹۴
GPR – P125V	۴۰	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۸۰۳.۸۴-۳۸۷۷۳۴۱.۷	۲۸۳۸۰۴.۲۷-۳۸۷۷۳۸۲
GPR – P130V	۳۰	۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۸۰۸.۹۶-۳۸۷۷۳۵۳.۹۴	۲۸۳۸۰۹.۲۷-۳۸۷۷۳۸۲
GPR – P25	۶۰	۵۰ مگاهرتز غیر پوششی	۰/۱	۲۸۳۷۵۸.۲۳-۳۸۷۷۳۶۴.۶۱	۲۸۳۸۱۷.۷۴-۳۸۷۷۳۵۹.۶۴

^۱ Trace



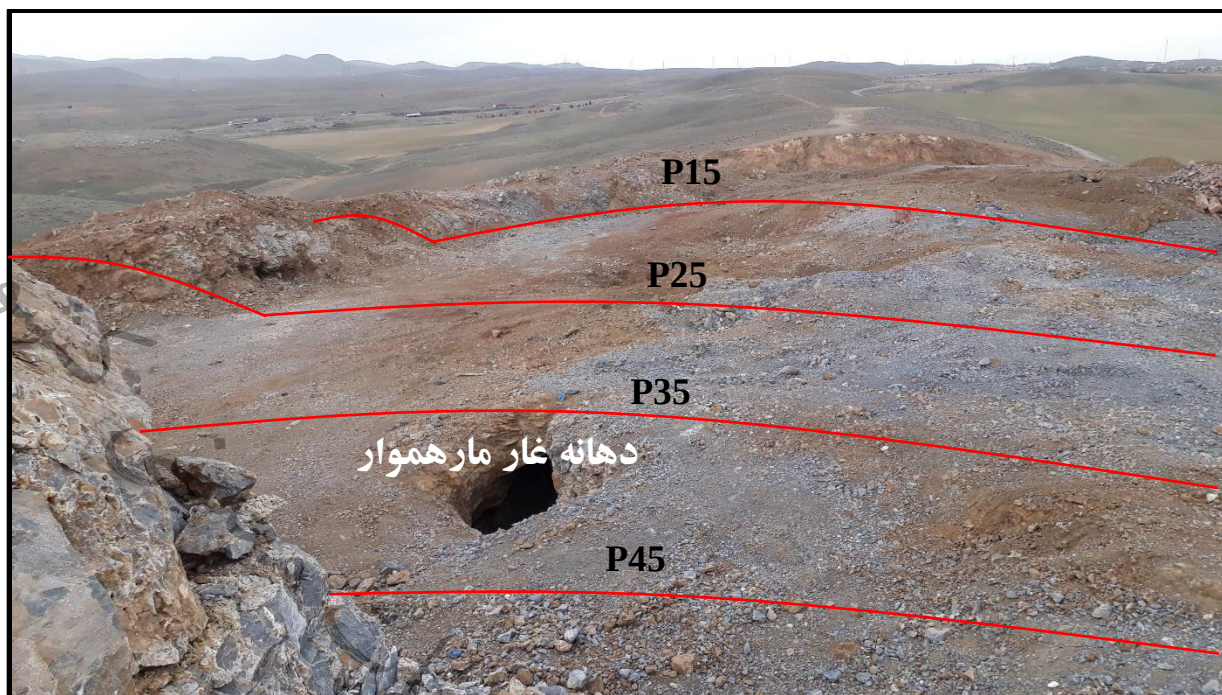
شکل ۳-۱: موقعیت پروفیل های مقاومت ویژه و GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی (خطوط قرمز رنگ)، پروفیل های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی (خطوط سفید رنگ) و پروفیل GPR با استفاده از آنتن ۵۰ مگاهرتز غیرپوششی (خط زرد رنگ) به همراه موقعیت جغرافیایی غار کشف شده مارهموار (دایره سفید رنگ) بر روی تصویر ماهواره ای (برگرفته از نرم افزار Google Earth) در محدوده معدن عایق ریل همدان



شکل ۲-۳: برداشت داده‌های مقاومت ویژه در امتداد پروفیل P15 (دید به سمت ابتدای پروفیل (غرب))



شکل ۳-۳: برداشت داده‌های مقاومت ویژه در امتداد پروفیل P60 (دید به سمت انتهای پروفیل (شرق))



شکل ۳-۴: موقعیت تقریبی پروفیل های P15 الی P45 (خطوط قرمز رنگ) به همراه دهانه کشف شده غار مارهموار در محدوده معدن عایق ریل همدان (دید به سمت جنوب)



شکل ۳-۵: برداشت داده های GPR در امتداد پروفیل P115V (دید به سمت ابتدای پروفیل (جنوب))

۲-۳- تجهیزات

۲-۳-۱- 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 می باشد. همچنین توان فرستنده آن تا ۸۵۰ وات را پشتیبانی می کند. این دستگاه همچنین قابلیت اندازه گیری داده 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 تعویض خود کار الکترودها توسط دستگاه، امکان اندازه گیری تعداد نقاط زیاد همراه با صرفه جویی در وقت و هزینه را امکان پذیر می سازد. همچنین با ذخیره ضریب هندسی بسیاری از آرایش های الکترودی مرسوم نظیر ورنر الف، بتا و گاما، ورنر- شلومبرگر، دوقطبی- دوقطبی، قطبی- دوقطبی، قطبی- قطبی در حافظه آن، مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری به صورت خود کار 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 IPI2win، Res2Dinv و Surfer، Res3Dinv 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 ۳-۶).



شکل ۳-۶: دستگاه ARES و تصویری از عملیات برداشت در حین اندازه گیری پروفیل P15

۳-۲-۲- تجهیزات روش GPR

برای انجام برداشت های GPR از تجهیزات زیر استفاده شده است.

- آنتن ۵۰ مگاهرتز غیر پوششی به همراه واحدهای الکترونیکی و باتری ها (شکل ۳-۷)
- آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی به همراه واحدهای الکترونیکی و باتری ها (شکل ۳-۸)
- آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی به همراه واحدهای الکترونیکی و باتری ها (شکل ۳-۹)



شکل ۳-۷: برداشت داده‌های GPR با آنتن ۵۰ مگاهرتز غیرپوششی در امتداد پروفیل P25 (دید به سمت شمال غرب)



شکل ۳-۸: برداشت داده‌های GPR با آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی در امتداد پروفیل P35 (دید به سمت غرب)



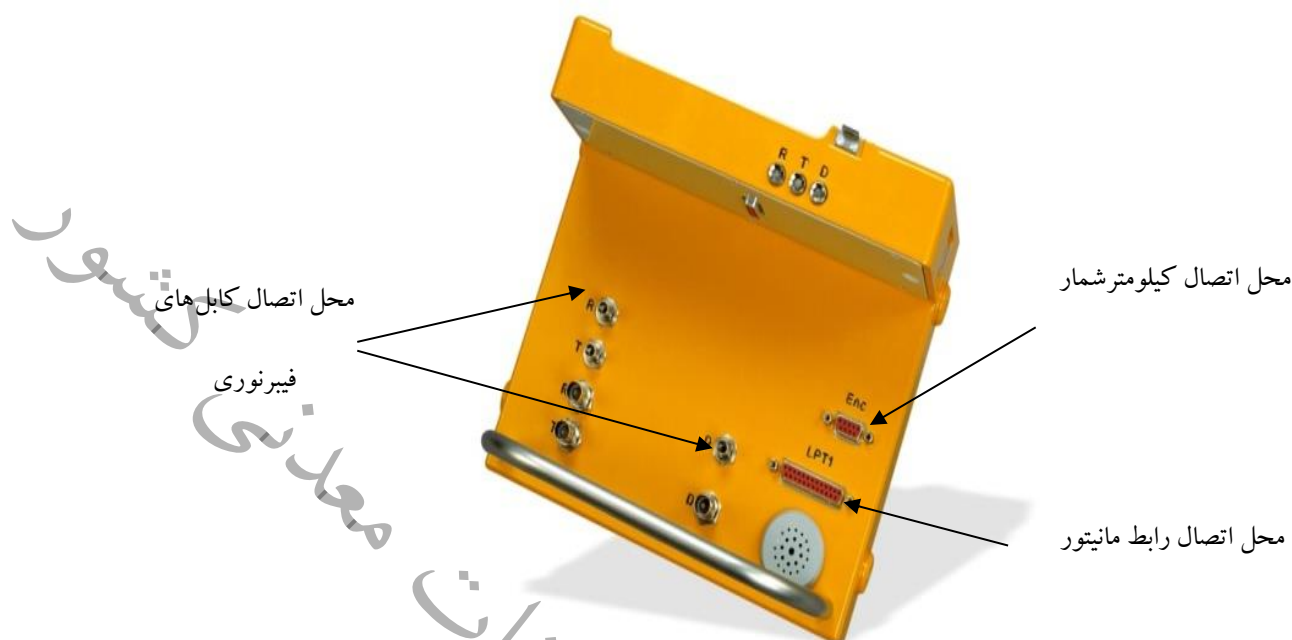
شکل ۳-۹: برداشت داده‌های GPR با آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی در امتداد پروفیل P70 (دید به سمت شمال شرق)

- واحد کنترل^۱ (CUII)، که وظیفه برداشت داده‌ها و همچنین هماهنگی و تنظیم فواصل زمانی^۲ بین آنتن‌ها را دارا می‌باشد.

از آنجا که زمان ارسال و دریافت پالس‌های GPR بسیار کوچک است (در حدود نانوثانیه)، برای ثبت رویدادها در چنین فواصل زمانی به دستگاه‌های با دقت بسیار بالا احتیاج است. تنظیم فواصل زمانی و هماهنگی بین آنتن‌های فرستنده و گیرنده برای ارسال و دریافت این امواج توسط این واحد کنترل می‌شود. در شکل ۳-۱۰ قسمت‌های مختلف این واحد به نمایش درآمده است.

^۱ Control unit

^۲ Timing



شکل ۳-۱۰- واحد کنترل CUII

- نمایشگر $XV11$ ، که تمامی پارامترهای برداشت از طریق این واحد و توسط کاربر تعیین می گردد. داده های اندازه گیری شده توسط واحد کنترل به صورت همزمان به نمایشگر دستگاه منتقل می شوند. از این رو داده های اندازه گیری شده توسط کاربر به صورت همزمان قابل کنترل است. از طرفی توسط این دستگاه امکان پردازش های ابتدایی داده ها بلافاصله بعد از برداشت آنها ممکن است. علاوه بر این داده های ذخیره شده در حافظه این نمایشگر قابل انتقال به کامپیوترهای دیگر و پردازش و تفسیر توسط نرم افزارهای پیشرفته GPR می باشد. قسمت های مختلف و تجهیزات همراه این نمایشگر در شکل ۳-۱۱ به نمایش در آمده است.



12V dc input



External ports, USB, Ethernet and serial



Portable carrying options



Icon driven menu structure

1. Field rugged IP67 housings

2. Impact resistant screen

3. Large colour LCD

4. Unique dual function turn/ push button



شکل ۳-۱۱- نمایشگر XV و تجهیزات همراه

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

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 مدل سازی 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 بیشمار 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 از نرم افزار *Res2Dinv* از محبوب ترین و شناخته شده ترین نرم افزار ها در این زمینه، استفاده شده است.

به طور کلی هدف از پردازش داده های *GPR*، غلبه بر نوفه ها و محدودیت های ذاتی داده های برداشت شده

برای دستیابی به اطلاعات واقعی تر از اهداف زیرسطحی می باشد. در صورتی که پردازش بر روی داده ها اطلاعات

دقیق تری در اختیارمان قرار دهد، در نهایت منجر به تفسیر منطقی و مطمئن تری خواهد شد. برای پردازش داده های

خام این مطالعه از نرم افزار *ReflexW* نسخه 8.2.2 استفاده شده است.

در نهایت برای نمایش سه بعدی مدلها و مقاطع از نرم افزارهای *Profile analysis*، *Global mapper* و

Google Earth استفاده شده است.

فصل چهارم

بررسی نتایج

نتایج حاصل از وارون سازی داده های مقاومت ویژه و مقطع حاصل از پردازش داده های GPR در طول پروفیل های مورد بررسی در این فصل مورد بررسی قرار می گیرند.

۴-۱- پروفیل P15

۴-۱-۱- برداشت های مقاومت ویژه

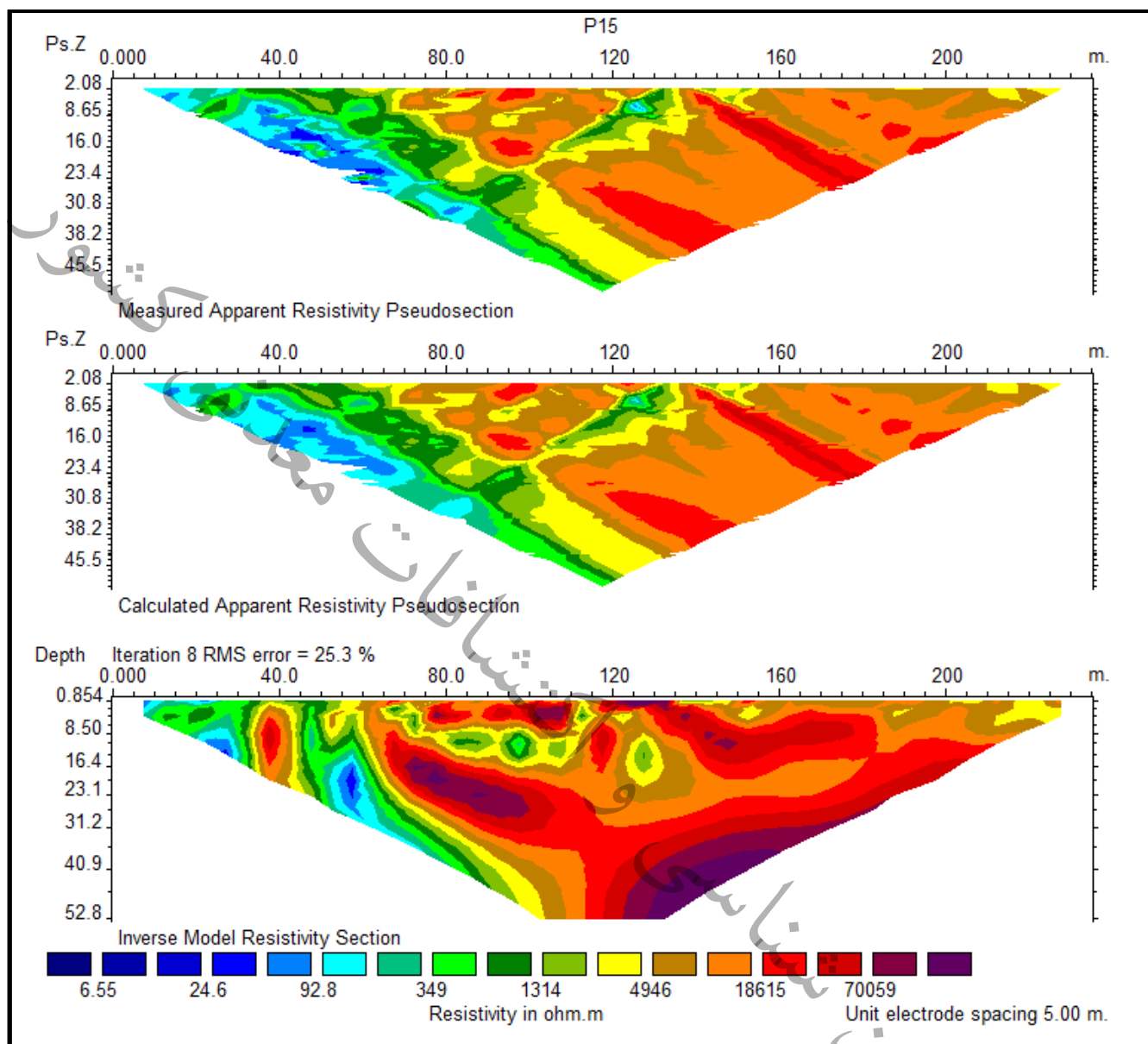
برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق ادامه یافت. بر روی این پروفیل ۱۰۰۴ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی- دوقطبی اندازه گیری شد که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ به نمایش درآمده است. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر می باشد (جدول ۳-۱).

در شکل ۴-۱ تصویری از نتایج وارون سازی به ترتیب شامل شبه مقاطع مقاومت ویژه ظاهری اندازه گیری شده، پاسخ مدل وارون و مدل حاصل از وارون سازی دو بعدی داده های مقاومت ویژه در این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۲۰/۵ و ۶۰۷۴۹/۳۶ اهم متر می باشد. مقادیر مزبور مقاومت ویژه ظاهری مشاهده ای بوده و طبیعتاً مقادیر حاصل از وارون سازی داده ها متفاوت خواهد بود.

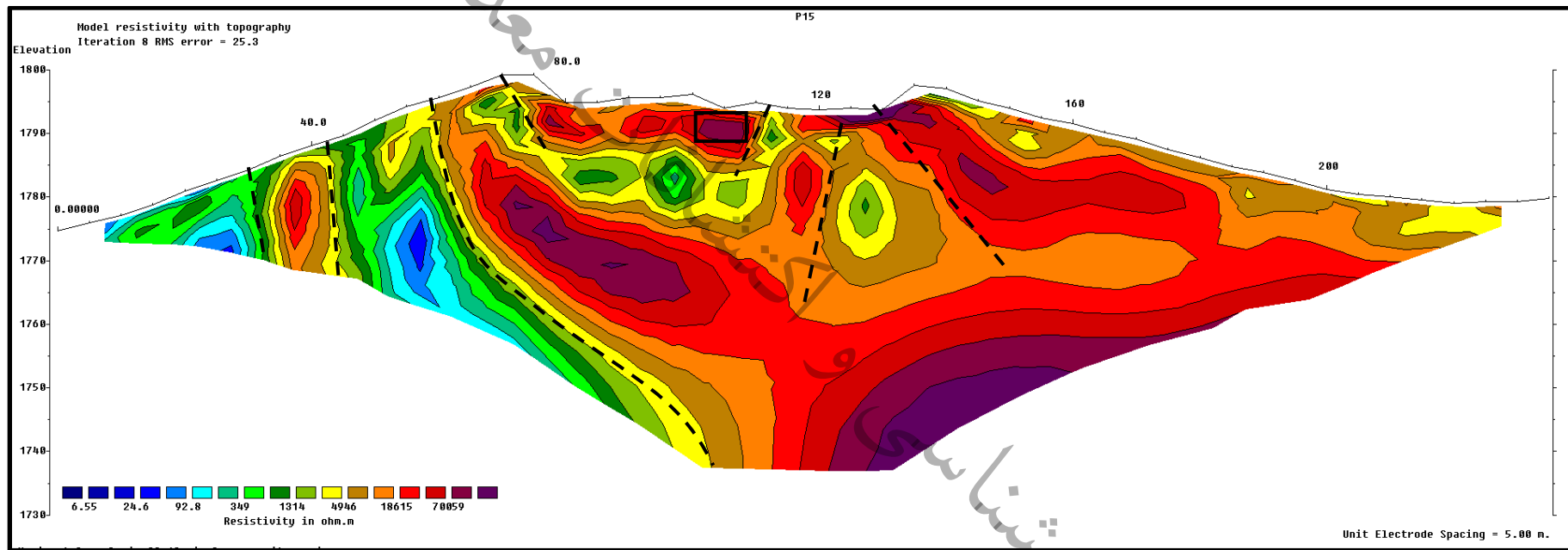
در شکل ۴-۲ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال توپوگرافی محدوده به نمایش درآمده است. لازم به توضیح است که داده های توپوگرافی در این مطالعه از GPS استخراج شده و ممکن است، مقدار دقیق آن با

مقادیر واقعی متفاوت باشد. به منظور نمایش جزئیات بیشتر، مقیاس رنگی برای آشکارسازی حفره های احتمالی زیرسطحی، در تمامی پروفیل ها یکسان تنظیم شده است. در قسمت غربی پروفیل از ابتدا تا ایستگاه ۶۰ متری، چند ناحیه با مقاومت ویژه نسبی پایین (طیف رنگی آبی تا زرد) از سطح تا عمق قابل تشخیص است که این امر احتمالا به دلیل کاهش میزان سیلیس واحد آهکی یا وجود شکستگی های موجود در منطقه می باشد. حدود ایستگاه های ۳۰، ۴۰ تا ۴۵، ۵۵ تا ۶۰، ۷۰، ۱۱۰ تا ۱۱۵، ۱۲۵ و ۱۳۰ همبری یا گسل احتمالی دیده می شود که بعضی از آنها تا عمق مورد بررسی مشاهده می گردند و در شکل ۴-۲ بصورت خط چین قابل مشاهده می باشند. همبری یا گسل احتمالی واقع در حدود ایستگاه ۵۵ از سطح تا تراز ۱۳۴۰ متر دیده می شود. مطابق شکل ۴-۲، چهار بی هنجاری مقاوم عمده در محدوده معدن، مشاهده می شود. بی هنجاری اول حدفصل ایستگاه های ۷۵ تا ۱۱۰ متری از سطح شروع شده و تا عمق حدود ۱۰ متری با طیف رنگی قرمز تا بنفش با مقاومت ویژه نسبی بالا گسترش یافته است که این امر را می توان به وجود آهک های به شدت سیلیس دار (طیف رنگی قرمز) که در سطح زمین نیز قابل مشاهده اند، نسبت داد. اما حدفصل ایستگاه ۱۰۰ تا ۱۱۰ در عمق حدود ۲ تا ۷ متری که با طیف رنگی بنفش قابل مشاهده می باشد (مستطیل سیاه رنگ) را می توان احتمال وجود حفره دانست. بی هنجاری دوم حدفصل ایستگاه های ۶۵ تا ۱۳۰ متری است که از دو بخش با مقاومت ویژه پایین (طیف رنگی سبز) و مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی بنفش) تشکیل شده است. این تباین شدید مقاومت ویژه در واحد آهکی می تواند ناشی از وجود رسوبات حاوی آب و یا رطوبت در مسیرهای انحلالی موجود در آهک باشد. این امر احتمالا ناشی از انحلال گسترده در واحد آهکی می باشد. بی هنجاری سوم حدفصل ایستگاه های ۱۲۰ تا ۱۸۵ متری گسترش یافته است که می توان این بی هنجاری را به دو بخش تقسیم بندی کرد. بخش اول در حدفصل ایستگاه های ۱۲۰ تا ۱۳۵ متری می باشد که مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی بنفش) آنرا می توان به حضور سنگ آهک متراکم و یا افزایش سیلیس در سنگ آهک در محدوده اکتشافی معدن نسبت داد. بخش دوم

در حدفاصل ایستگاه‌های ۱۳۵ تا ۱۸۰ متری از سطح زمین شروع و با شیب ملایم تا عمق حدود ۳۰ متری ادامه یافته است، قرار دارد که طیف رنگی بنفش با مقاومت ویژه نسبی بالا را می‌توان وجود حفرات و مسیرهای انحلالی متعدد کوچک در حدفاصل ایستگاه‌های حدود ۱۴۰ تا ۱۵۰ متری در عمق حدود ۱۳ تا ۲۰ متری محتمل دانست. بی‌هنجاری چهارم حدفاصل ایستگاه‌های حدود ۱۲۰ تا ۱۶۰ متری مشاهده می‌شود که در ارتباط با اثر گسل احتمالی می‌باشد.



شکل ۴-۱: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P15



شکل ۴-۲: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P15

۴-۱-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۳-۴ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P15 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که در شکل ۳-۴ مشاهده می شود، بازتاب های متعددی در حدفاصل ایستگاه های حدود ۸۰ تا ۱۳۰ متری و در اعماق مختلف پروفیل مشاهده می شود. با توجه به شدت و تکرار بازتاب ها در حدفاصل ایستگاه های ۸۵ تا ۱۱۰ در عمق (مستطیل های قرمز رنگ)، وجود حفرات بزرگ در این ناحیه دور از انتظار نیست. این بازتاب ها که منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه بالا و پایین در مدل مقاومت ویژه هستند (شکل ۲-۴)، احتمالاً ناشی از بازآوایش^۱ امواج در حفرات انحلالی در اعماق این ناحیه می باشند. چنین پدیده ای حاصل از بازتاب چندباره امواج داخل حفرات انحلالی یا شکستگی های نسبتاً بزرگ می باشد که در مقاطع GPR به صورت یکسری از پالس های متوالی با دامنه بالا دیده می شوند. علاوه بر این، بازتاب های دیگری در نقاط مختلف (برای مثال، فاصله ایستگاهی ۱۰۲ تا ۱۰۸ متری و ۱۲۵ تا ۱۳۰ متری) قابل تشخیص هستند که با مستطیل های زرد رنگ مشخص شده اند. این بی هنجاری ها عمدتاً در ارتباط با حفرات یا شکستگی های انحلالی

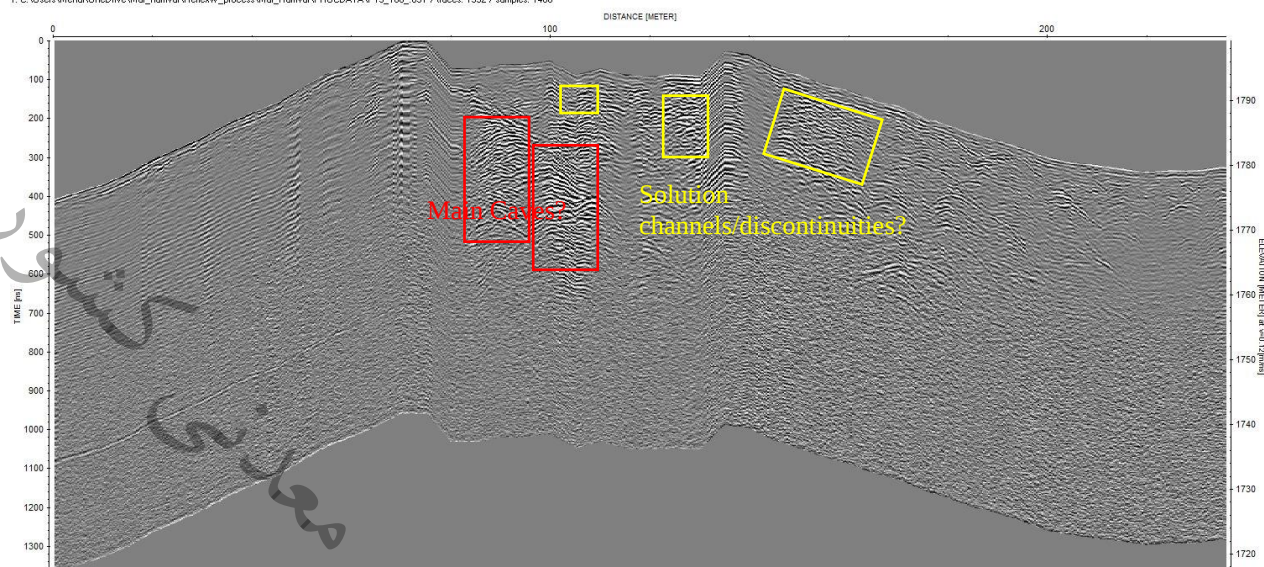
^۱ Reverberation

کوچکتر و یا ناپیوستگی در واحد آهکی می باشند. بازتاب های واقع در فاصله ایستگاهی ۱۲۵ تا ۱۳۰ از پروفیل، منطبق بر گسلش یا شکستگی احتمالی در مدل مقاومت ویژه (شکل ۴-۲) می باشد.

شکل ۴-۴ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P15 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره و میانگین گیری ردها نشان می دهد. لازم به ذکر است که با افزایش فرکانس آنتن ها در این روش، تفکیک پذیری^۱ افزایش و عمق بررسی کاهش می یابد. همانند نتایج آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی، اثر حفره انحلالی به شکل بازآوایش امواج در حدفاصل ایستگاه های ۸۵ تا ۹۵ (مستطیل قرمز رنگ) در شکل ۴-۴ قابل مشاهده می باشد. با این حال، نوفه های حاصل از رینگی شدن امواج و پاسخ های ناشی از اهداف روی سطح زمین (ناشی از تغییر آبی توپوگرافی در محدوده معدن) در شکل ۴-۴ قابل تشخیص می باشند. به عنوان مثال، بازتاب های واقع در حدفاصل ایستگاه های ۱۳۰ تا ۱۴۰ (مستطیل آبی رنگ)، نوفه های حاصل از تغییر آبی توپوگرافی سطح زمین می باشند.

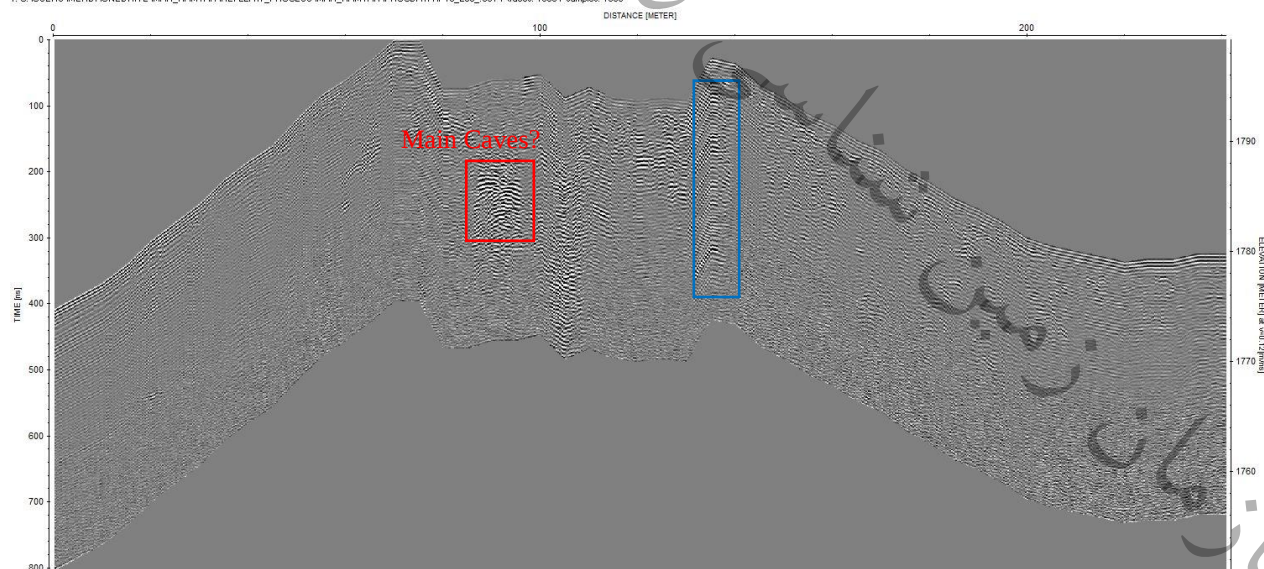
^۱Resolution

1. C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamvar\Reflex\w_process\Mar_hamvar\PROC\DATA\PT15_100_03T / traces: 1552 / samples: 1408



شکل ۳-۴: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

1. C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamvar\Reflex\w_process\Mar_hamvar\PROC\DATA\PT15_200_03T / traces: 1595 / samples: 1656



شکل ۴-۴: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

۴-۲- پروفیل P25

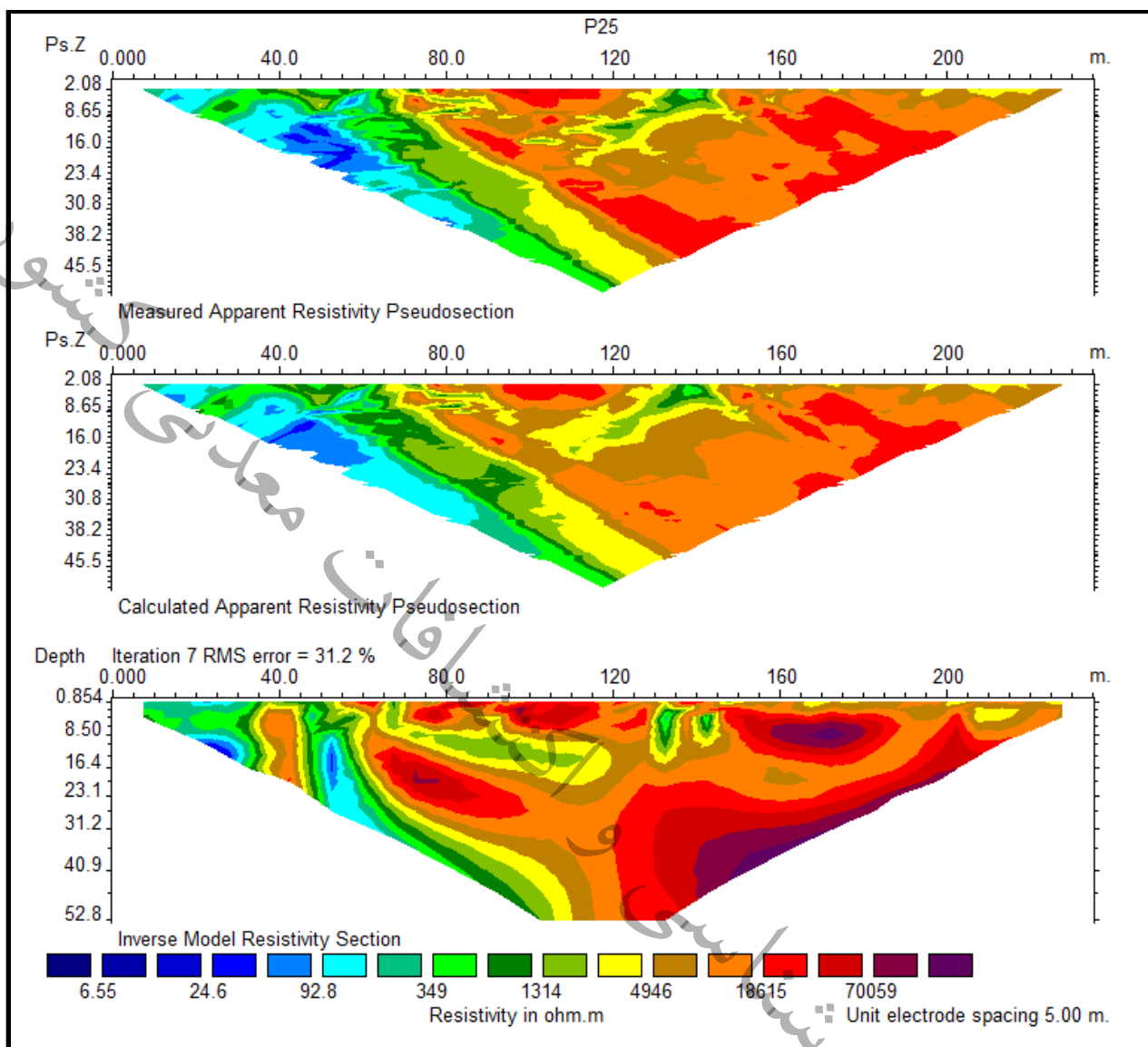
۴-۲-۱- برداشت های مقاومت ویژه

این پروفیل با فاصله ۱۰ متر از پروفیل P15 و موازی با آن و در شمال آن برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق ادامه یافت. در نهایت تعداد ۱۰۰۲ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی-دوقطبی در طول این پروفیل اندازه گیری شد. لازم به ذکر است که حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱).

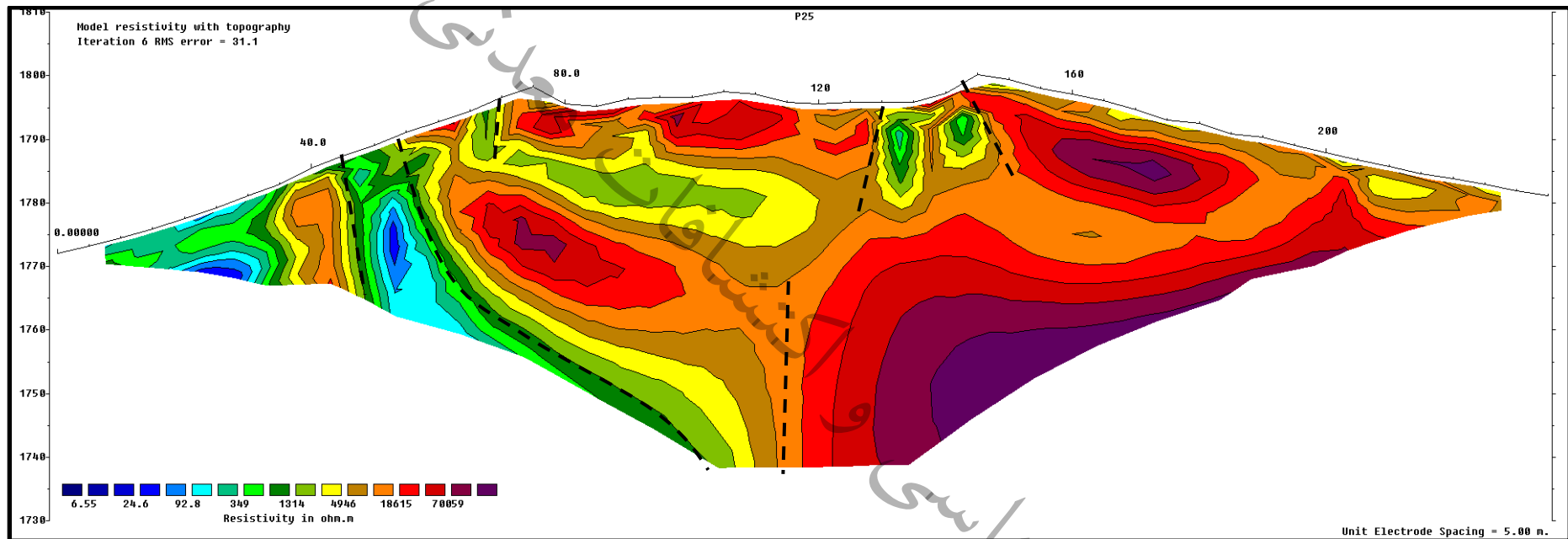
در شکل ۴-۵ نتایج وارون سازی داده های مقاومت ویژه در این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۱۵/۳۸ و ۵۲۱۷۴/۰۶ اهم متر می باشد.

در شکل ۴-۶ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. همانطور که در شکل ۴-۶ مشاهده می شود، ابتدای پروفیل تا ایستگاه ۵۵، نواحی با مقاومت ویژه نسبی پایین (کمتر از ۵۰۰۰ اهم متر) با طیف رنگی آبی تا زرد، از سطح تا عمق مورد بررسی، قرار گرفته اند. این نواحی با مقاومت ویژه پایین در راستای نواحی مشاهده شده در پروفیل P15 می باشد. لذا می توانند در ارتباط با وجود ماسه سنگ و یا ماسه سنگ آهکی باشند. همچنین می تواند تحت تاثیر شکستگی ها و یا گسل های منطقه قرار گرفته باشند. که از آن جمله می توان به همبری یا گسل احتمالی حدود ایستگاه های ۴۵، ۵۰ تا ۵۵، ۷۰، ۱۱۵، ۱۳۰ و ۱۴۰ تا ۱۴۵ اشاره کرد که در شکل ۴-۶ بصورت خط چین قابل مشاهده می باشند. در این پروفیل نیز می توان بی هنجاری های عمده را به چهار گروه تقسیم بندی کرد. بی هنجاری اول می توان از ایستگاه حدود ۷۰ و تا ایستگاه حدود ۱۱۵ با مقاومت ویژه نسبی بالا و با طیف رنگی قرمز که تا عمق حدود ۶ متری گسترش یافته است.

مقاومت ویژه نسبی بالا این بی هنجاری، می تواند ناشی از افزایش درصد سیلیس در واحد سنگی و یا عدم وجود شکستگی در سنگ باشد. بی هنجاری دوم حدفاصل ایستگاه های ۶۵ تا ۱۰۰ با مقاومت ویژه نسبی بالا و ۶۵ تا ۱۲۰ با مقاومت ویژه نسبی پایین قرار دارد که با شیب ملایم از سطح تا عمق گسترش یافته اند. این تباین می تواند عمدتاً به واسطه توالی ماسه سنگ و ماسه سنگ آهکی، وجود شکستگی در سنگ و رسوبات حاوی آب باشد. بی هنجاری سوم نیز از ایستگاه حدود ۱۴۵ شروع و تا ایستگاه حدود ۱۹۰ خاتمه یافته است. این بی هنجاری که در سمت شرقی پروفیل قرار دارد، مطابق شکل از سطح زمین شروع و تا عمق حدود ۲۰ متری و با طیف رنگی قرمز تا بنفش قابل مشاهده می باشد که عمدتاً ناشی از افزایش درصد سیلیس در واحد سنگی بوده که این امر در سطح زمین نیز قابل رویت می باشد. اما محدوده ای که احتمال وجود حفره کارستی در آن محتمل می باشد را می توان حدفاصل ایستگاه های ۱۶۵ تا ۱۷۵ بترتیب با ضخامت و عمق تقریبی ۵ و ۷ متر دانست. و در نهایت بی هنجاری چهارم نیز احتمالاً ناشی از اثر گسل در مقطع باشد.



شکل ۴-۵: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P25



شکل ۴-۶: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P25

۴-۲-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق و

همچنین از ایستگاه ۸۰ متری از غرب شروع و تا ایستگاه ۱۴۰ متری در شرق با استفاده از آنتن های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰

مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۵۳ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت

که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن

های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P25 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر

زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد.

از آنجایی که طول موج با فرکانس رابطه معکوس دارد، قدرت تفکیک کاهش و عمق بررسی افزایش می یابد

که این امر در شکل ۴-۷ (آنتن ۵۰ مگاهرتز غیرپوششی) مشهود می باشد. به واسطه اینکه از سطح تا عمق حدود ۶

متری و همچنین به دلیل کاهش قدرت تفکیک پذیری، اطلاعات خاصی از این مقطع به راحتی قابل آشکارسازی

نمی باشد، در نتیجه اظهار نظری نیز در رابطه با آن نمی توان انجام داد. اما با توجه به شکل ۴-۸ بی هنجاری های بیشتری

نسبت به پروفیل قبلی، قابل مشاهده می باشد که از مهمترین آنها می توان به حدفاصل ایستگاه های ۸۵ تا ۹۵، ۱۰۰ تا

۱۱۲، ۱۱۸ تا ۱۳۰ و ۱۸۰ تا ۲۰۵ اشاره کرد (مستطیل زرد رنگ) که می توان وجود حفرات کوچکتر یا شکستگی

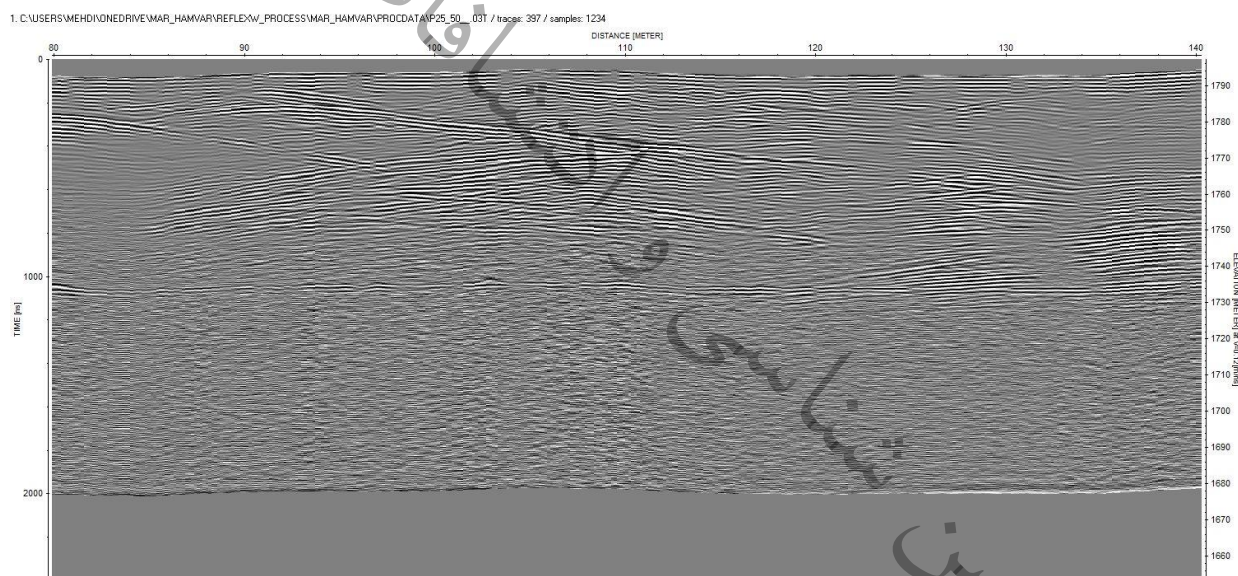
های انحلالی و یا ناپیوستگی در واحد آهکی را محتمل دانست. همانند پروفیل قبل، احتمال پدیده بازآوایش نیز وجود

دارد که در حدفاصل ایستگاه های ۹۵ تا ۱۳۰ (مستطیل قرمز رنگ) قابل مشاهده می باشد. این لایه که عمدتاً وجود

حفرات یا شکستگی های به مراتب بزرگتر و عمیق تری را میتواند شامل شود، از ۱۰ متر شروع شده و تا عمق حدود

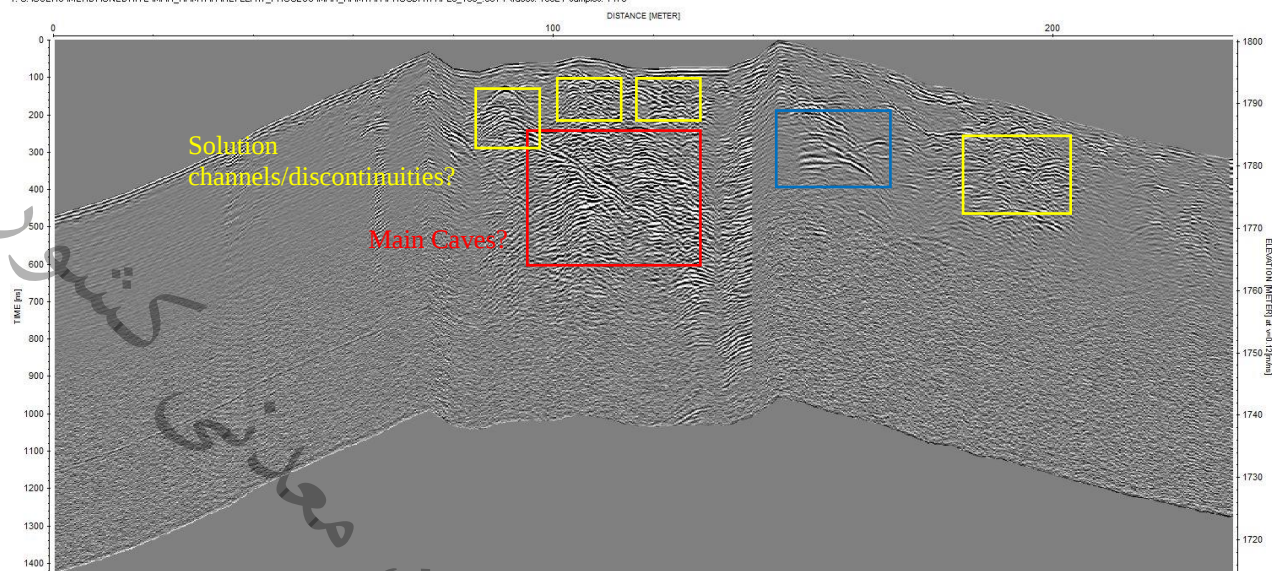
۳۰ متری گسترش پیدا کرده است. این تغییرات ها که منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه پایین در مدل مقاومت ویژه

هستند (شکل ۴-۶)، احتمالا ناشی از بازآوایش امواج در حفرات انحلالی گسترده در اعماق این ناحیه می باشند. بی هنجاری دیگری که در شکل ۴-۸ دیده می شود مربوط به حدفاصل ایستگاه های ۱۴۵ تا ۱۶۵ (مستطیل آبی رنگ) می باشد که با توجه به داده های مقاومت ویژه، منطبق بر فصل مشترک لایه ای با مقاومت ویژه بالا و پایین است که وجود گسل را در این ناحیه قوی می داند. عمده تغییرات ذکر شده در آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مشابه با آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی می باشد با این تفاوت که این آنتن از قدرت بالای تفکیک پذیری، و عمق بررسی کمتری نسبت به آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی برخوردار است.



شکل ۴-۷: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۵۰ مگاهرتز غیرپوششی

1. C:\Users\Mehd\OneDrive\Mar_Hamvar\Reflex\w_process\Mar_Hamvar\PROCDATA\F25_100_03T / traces: 1552 / samples: 1470



شکل ۴-۸: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

1. C:\Users\Mehd\OneDrive\Mar_Hamvar\Reflex\w_process\Mar_Hamvar\PROCDATA\F25_200_03T / traces: 1552 / samples: 1780



شکل ۴-۹: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

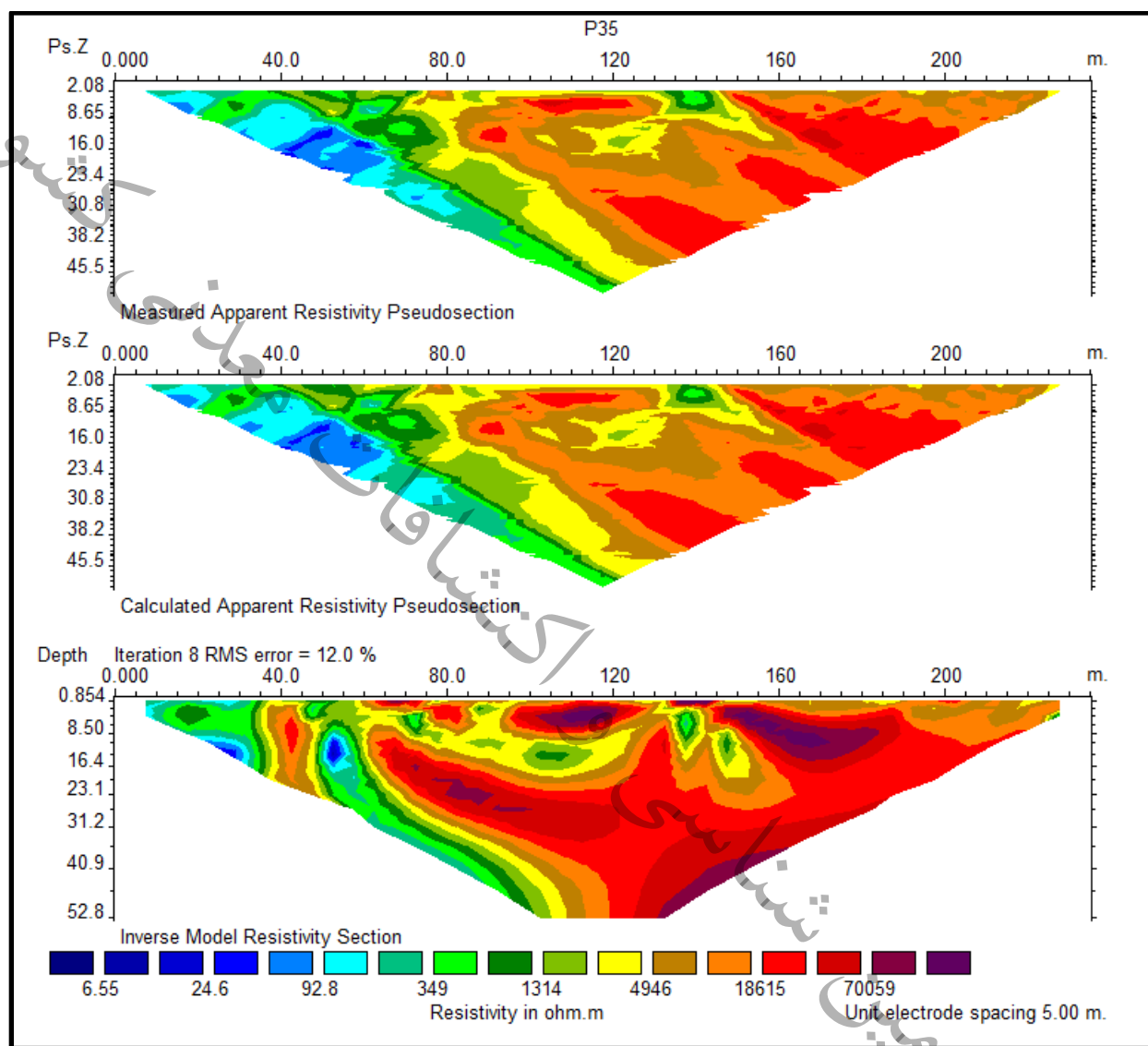
۳-۴- پروفیل P35

۳-۴-۱- برداشت های مقاومت ویژه

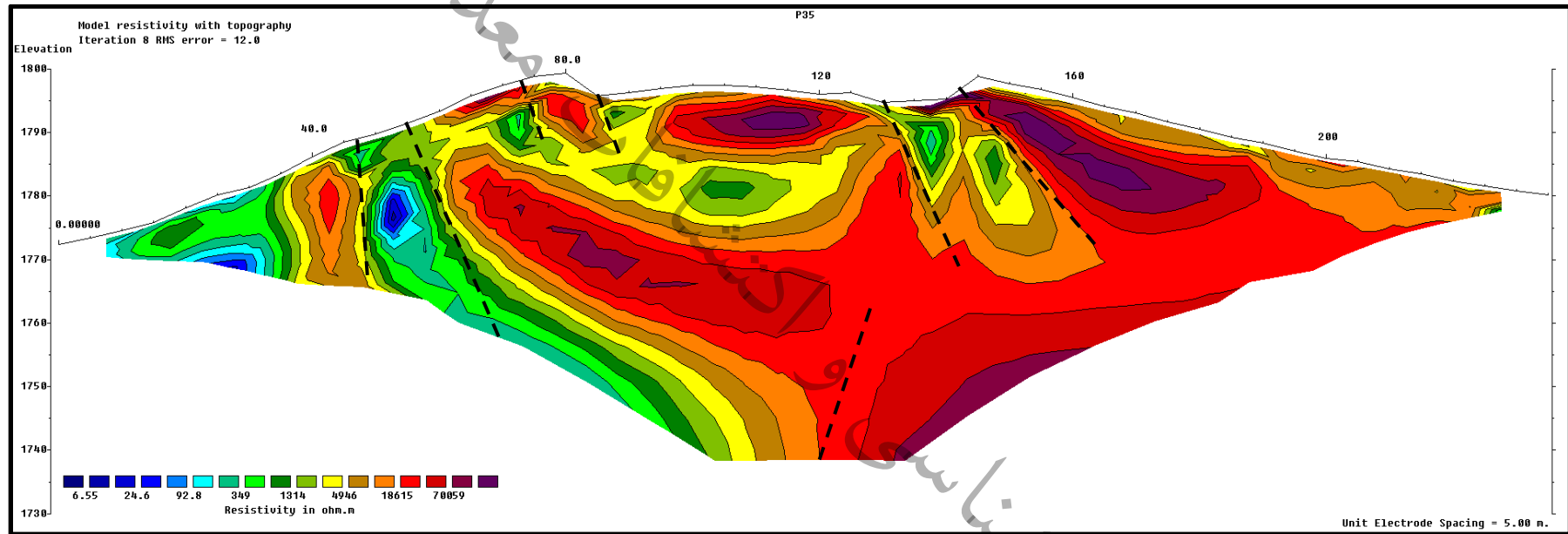
این پروفیل با فاصله ۲۰ متر از پروفیل P15 و موازی با آن و در شمال آن برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق ادامه یافت. در نهایت تعداد ۹۳۵ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی- دوقطبی در طول این پروفیل اندازه گیری شد. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل نیز همانند دو پروفیل قبل برابر ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱). لازم به ذکر است که این پروفیل از روی دهانه کشف شده غار مارهموار عبور می کند.

در شکل ۴-۱۰ نتایج وارون سازی دو بعدی داده ها در طول این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۱۸/۵۵ و ۴۸۶۶۴/۸۲ اهم متر می باشد. در شکل ۴-۱۱ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. همانطور که در شکل ۴-۱۱ مشاهده می شود، چند ناحیه با مقاومت ویژه الکتریکی پایین (طیف رنگی آبی تا زرد) از ابتدای پروفیل تا فاصله ایستگاهی ۵۵ پروفیل از سطح تا عمق قابل تشخیص است که می تواند ناشی از وجود شکستگی ها و یا تغییر جنس واحد در منطقه باشد. با اینحال عمده شکستگی های این پروفیل را می توان به حدود ایستگاه های ۴۵ تا ۵۰، ۵۵، ۷۰ تا ۷۵، ۸۵، ۱۳۰ و ۱۴۰ تا ۱۴۵ نسبت داد که وجود همبری و گسل احتمالی را شامل می شود. این عوارض در شکل ۴-۱۱ بصورت خط چین نمایش داده شده است.

مطابق شکل چند بی هنجاری با مقاومت ویژه نسبی بالا و با طیف رنگی قرمز تا بنفش مشاهده می شود که اصلی ترین آن را می توان حدفاصل ایستگاه های ۹۵ تا ۱۳۰ از سطح تا عمق حدود ۱۰ متری برشمرد. اما حدفاصل ایستگاه های حدود ۱۰۵ تا ۱۲۰ از عمق حدود ۲ تا ۶ متری که با طیف رنگی بنفش قابل مشاهده می باشد را می توان احتمال وجود حفره دانست. همانطور که قبلا اشاره شد، این پروفیل از روی دهانه غار مارهموار عبور کرده است که دهانه این غار در ایستگاه ۱۱۵ پروفیل قرار دارد و نتایج مدلسازی نیز، آنرا تایید نموده است. در ادامه این بی هنجاری، حدفاصل ایستگاه های حدود ۱۳۵ تا ۱۸۵ بی هنجاری دیگری با طیف رنگی قرمز تا بنفش قابل مشاهده است که از سطح تا عمق حدود ۲۰ متری با شیب ملایم گسترش یافته است. طیف رنگی بنفش که در سطح قابل رویت می باشد، به واسطه افزایش درصد سیلیس واحد سنگی یا عملیات معدنکاری در این ناحیه می تواند باشد. اما محدوده ای که احتمال وجود حفره در بی هنجاری آن را می توان محتمل دانست، حدفاصل ایستگاه های ۱۵۰ تا ۱۷۰ می باشد. همانند پروفیل های قبل با دو ناحیه مواجه هستیم که از مقاومت ویژه بالا و پایین تشکیل شده است که می تواند ناشی از وجود رسوبات آبدار در لایه آهکی باشد.



شکل ۴-۱۰: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P35



شکل ۴-۱۱: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P35

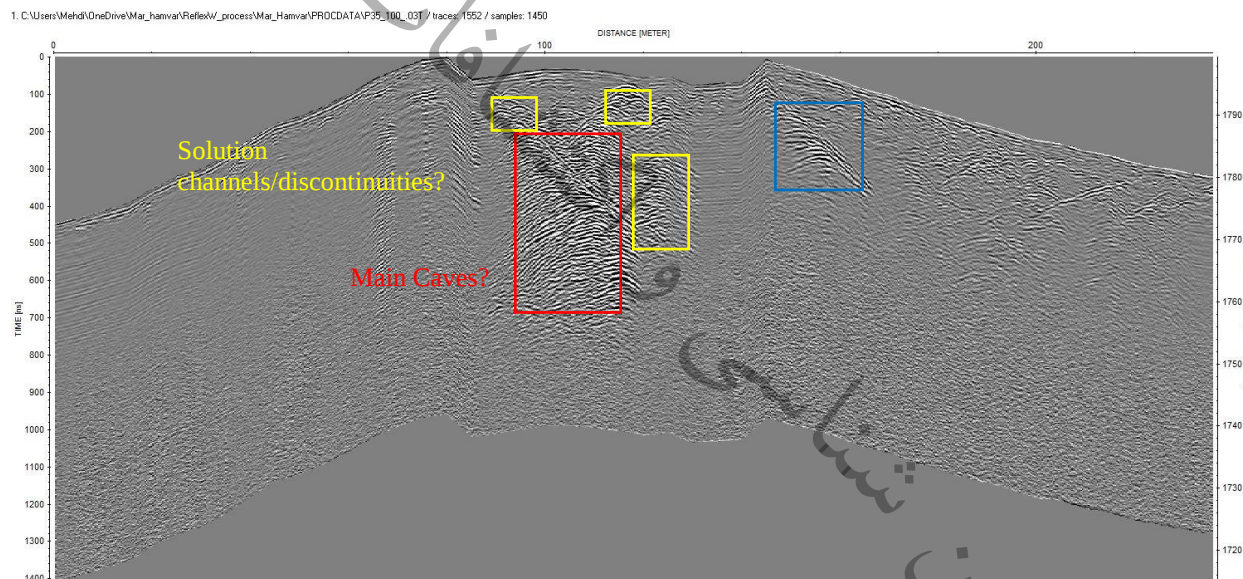
۴-۳-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۱۲ و ۴-۱۳ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P35 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. شکل ۴-۱۲ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره و میانگین گیری ردها نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی، عمده تغییرات را می توان به پنج گروه تقسیم بندی کرد. تغییرات اول مربوط به حدفصل ایستگاه های ۱۱۵ تا ۱۲۲ (مستطیل زرد رنگ) دانست که منطبق با وجود دهانه غار مکشوف در معدن می باشد. این تغییرات از عمق حدود ۲ متری شروع و تا عمق ۶ متری ادامه می یابد. تغییرات دوم مربوط به حدفصل ایستگاه های ۱۱۸ تا ۱۳۰ (مستطیل زرد رنگ) از عمق حدود ۱۰ تا ۳۵ متری می باشد. تغییرات سوم حدفصل ایستگاه ۹۰ تا ۱۰۰ (مستطیل زرد رنگ) می باشد که از عمق حدود ۴ تا ۸ متری واقع شده است. این بی هنجاری ها عمدتاً احتمال وجود حفرات یا شکستگی های کوچکتری را نشان می دهند. تغییرات چهارم نیز حدفصل ایستگاه های ۱۵۰ تا ۱۶۰ (مستطیل آبی رنگ) می باشد و می تواند دلیلی بر وجود گسل در این ناحیه باشد که با توجه به داده های مقاومت ویژه، این ناحیه نیز قابل شناسایی می باشد. در نهایت بی هنجاری

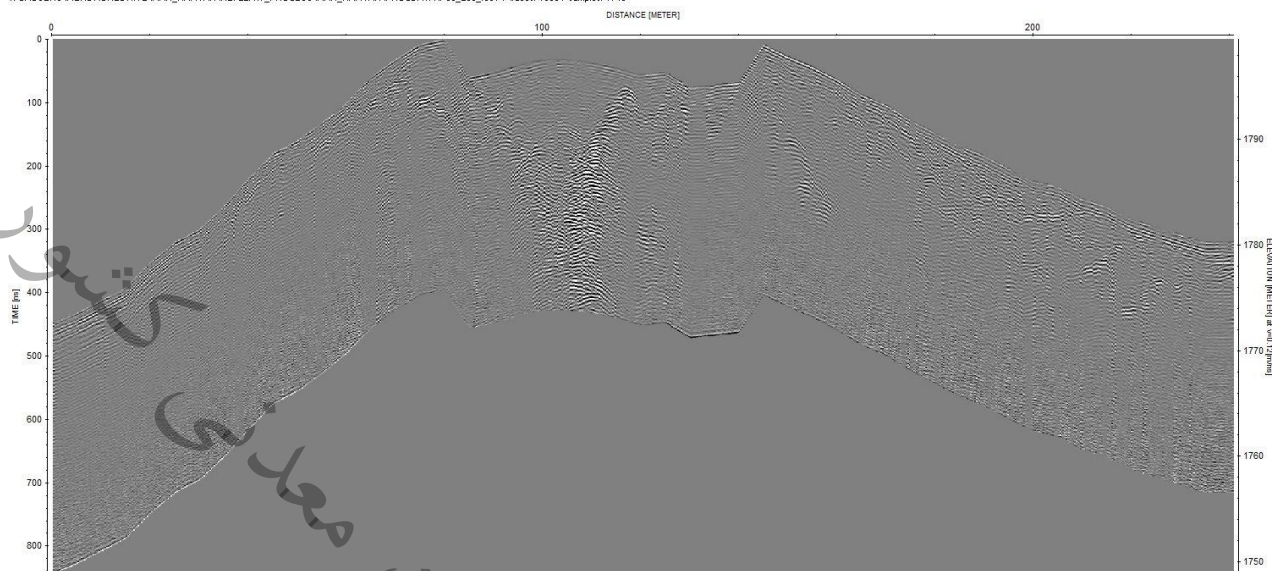
آخر حدفاصل ایستگاه ۹۵ تا ۱۱۸ می باشد که با مستطیل قرمز رنگ در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده است. این بی هنجاری می تواند در ارتباط با حفرات یا شکستگی های به مراتب بزرگتری نسبت به بی هنجاری های فوق (مستطیل زرد رنگ) باشد. لازم به ذکر است که این تغییرات منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه پایین و بالا در مدل مقاومت ویژه می باشند (شکل ۴-۱۱).

همانطور که در شکل ۴-۱۳ نیز مشاهده می شود، عمق نفوذ با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی، کمتر از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی است و عمده تغییرات مشاهده شده در این دو آنتن نیز، مشابه یکدیگر هستند.



شکل ۴-۱۲: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

1. C:\USERS\MEHDIV\ONE\DRIVE\MAR_HAM\VAR\REFLEX\W_PROCESS\MAR_HAM\VAR\PROC\DATA\VP35_200_03T / traces: 1585 / samples: 1740



شکل ۴-۱۳: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

۴-۴-۱- پروفیل P45

۴-۴-۱- برداشت های مقاومت ویژه

این پروفیل با فاصله ۳۰ متر از پروفیل P15 و موازی با آن و در شمال آن برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق ادامه یافت. در نهایت تعداد ۹۷۴ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی - دوقطبی در طول این پروفیل اندازه گیری شد. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل نیز برابر ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱).

در شکل ۴-۱۴ نتایج وارون سازی دو بعدی داده ها در طول این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۳۰/۶۴ و ۹۸۱۰۶/۵۲ اهم متر می باشد.

در شکل ۴-۱۵ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی

مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. مطابق شکل، همانند پروفیل های قبلی، نواحی با مقاومت ویژه نسبی

پایین را می توان به عنوان همبری یا گسل احتمالی بیان کرد که حدود ایستگاه های ۴۵ تا ۵۰، ۵۵، ۷۵، ۹۰ و ۱۴۰ دیده

می شوند. این امر در شکل ۴-۱۵ بصورت خط چین قابل مشاهده می باشد. همانطور که در شکل ۴-۱۵ مشاهده

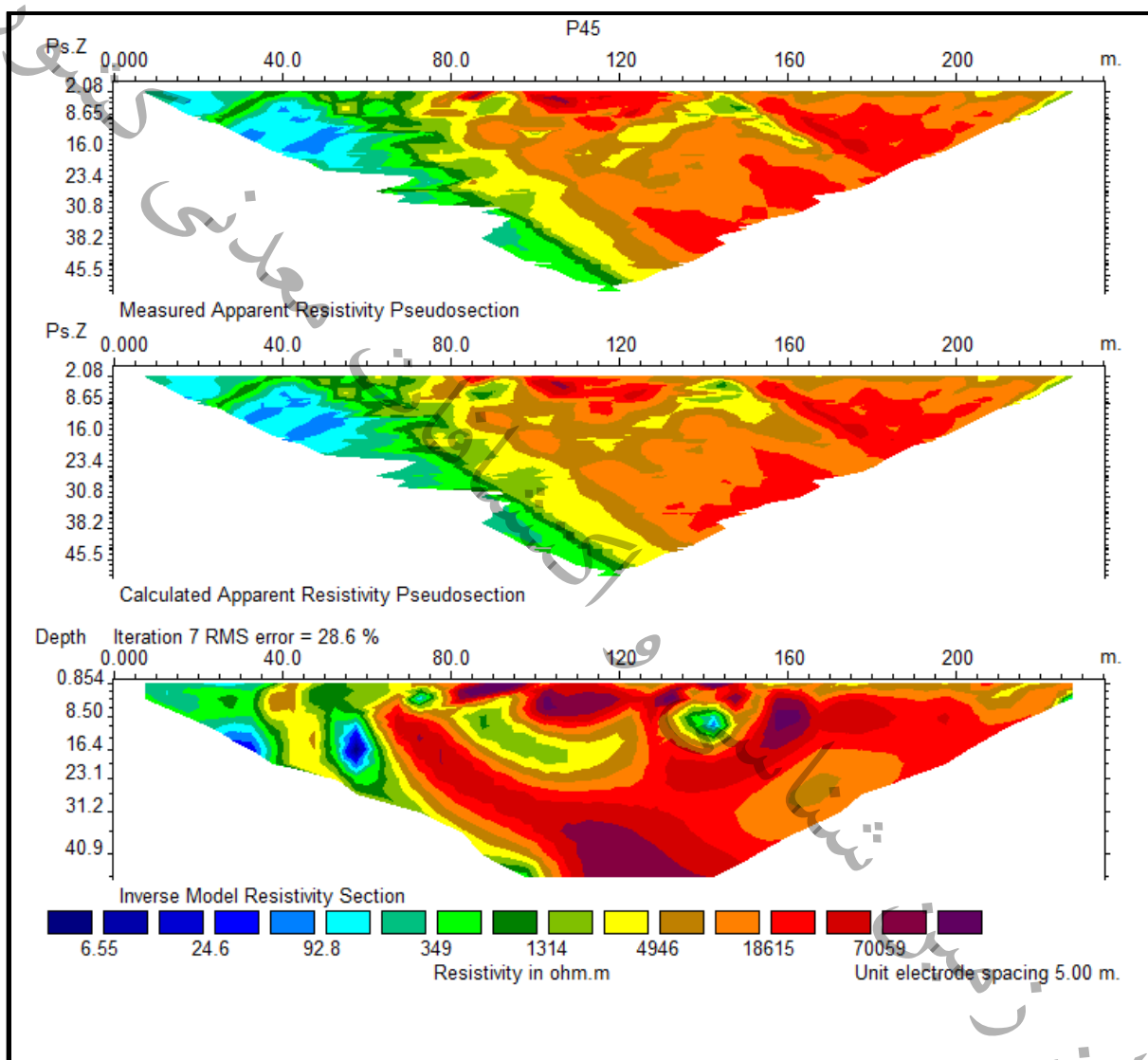
می شود، بی هنجاری هایی با مقاومت ویژه نسبی بالایی به طور پراکنده با طیف رنگی قرمز تا بنفش از سطح تا عمق

وجود دارند که عمده بی هنجاری های سطحی آن به دلیل نزدیک بودن پروفیل به دیواره معدنکاری و همچنین افزایش

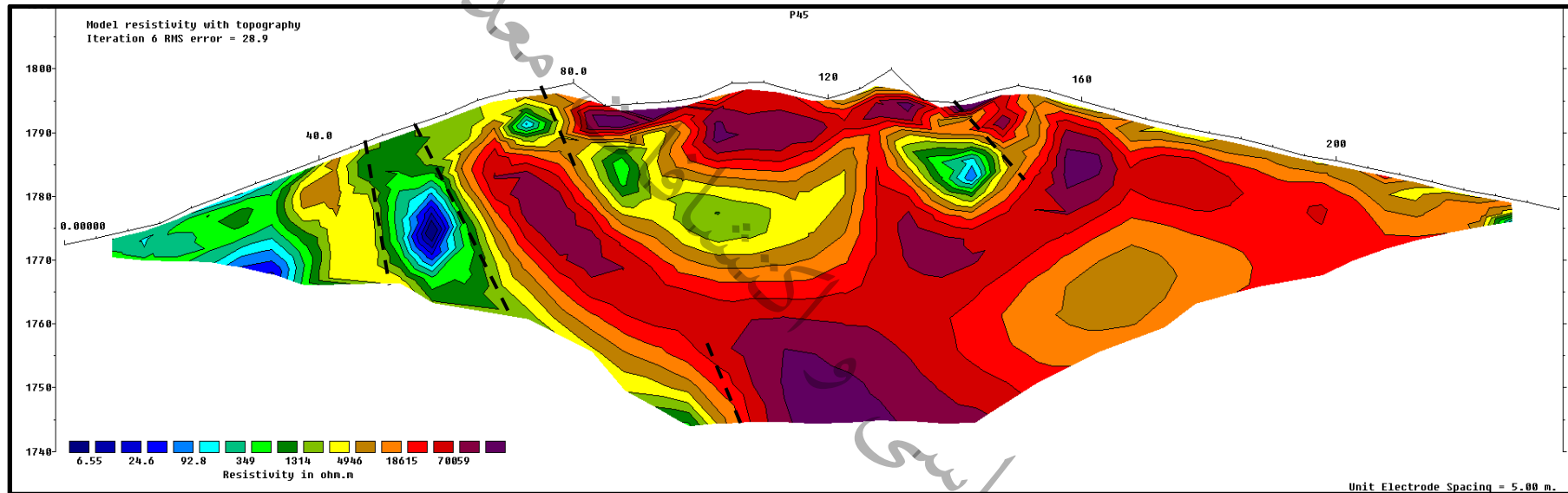
میزان سیلیس در واحد سنگی می باشد. اما احتمال وجود حفرات در این پروفیل را می توان به، حدفاصل ایستگاه های

۷۰ تا ۱۲۰ (طیف رنگی سبز تا بنفش) با شیب از عمق حدود ۱۲ تا ۳۰ متری، حدفاصل ایستگاه های ۱۵۵ تا ۱۶۵ و

حدفاصل ایستگاه های ۱۰۰ تا ۱۲۰ داد.



شکل ۴-۱۴: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P45



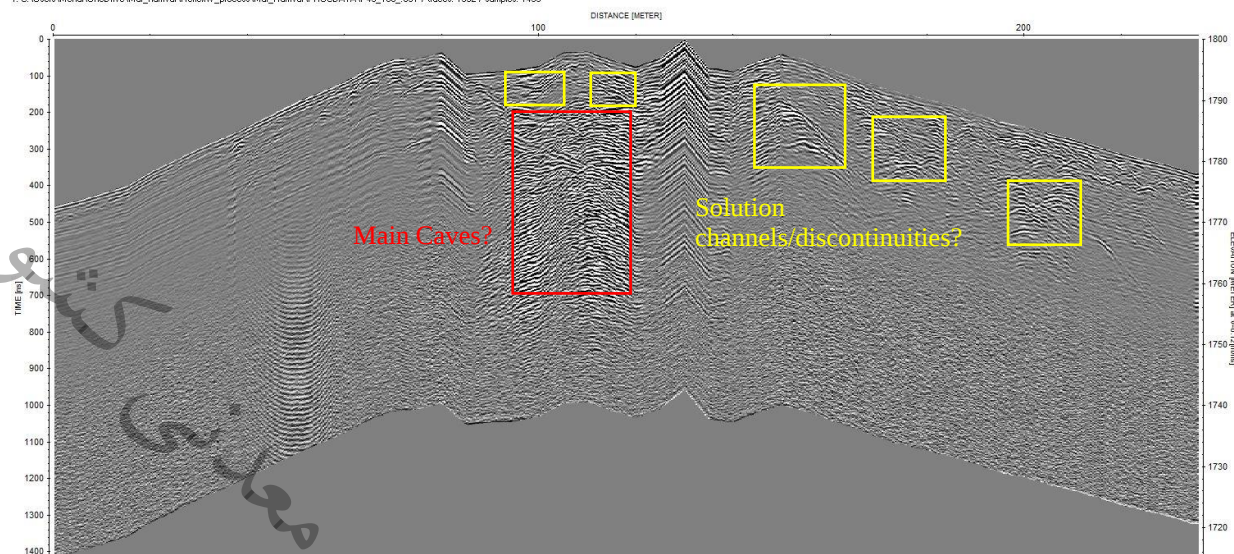
شکل ۴-۱۵: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P45

۴-۴-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۱۶ و ۴-۱۷ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P45 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. مطابق شکل ۴-۱۶، با توجه به نزدیکی این پروفیل به سینه کار معدن، میزان نوفه ها در این مقطع نسبت به مقاطع قبلی از وضوح بیشتری برخوردار بوده که حدفاصل ایستگاه های ۱۱۵ تا ۱۳۵ قابل مشاهده می باشد که علت وجود این نوفه ها، رینگی شدن امواج و پاسخ های ناشی از اهداف روی سطح زمین (تغییر آنی توپوگرافی در محدوده معدن) می باشد. عمده تغییرات مشاهده شده در شکل های زیر، مربوط به حدفاصل ایستگاه های ۹۰ تا ۲۱۵ (مستطیل های زرد رنگ) است که می تواند به واسطه وجود حفرات انحلالی یا شکستگی های کوچک باشد. این تغییرات در عمق ادامه داشته به نحوی که حدفاصل ایستگاه های ۹۰ تا ۱۲۰ (مستطیل قرمز رنگ) از عمق ۸ متری تا عمق حدود ۴۰ متری قابل مشاهده می باشد که می تواند احتمال وجود شکستگی در سنگ، رطوبت و یا حفره بزرگتر باشد. این تغییرات نیز منطبق بر دو نواحی با مقاومت ویژه پایین و بالا در مدل مقاومت ویژه می باشند (شکل ۴-۱۵).

I: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamvar\Relief\process\Mar_Hamvar\PROCDATA\IP45_100_03T / traces: 1552 / samples: 1459



شکل ۴-۱۶: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

I: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamvar\Relief\process\Mar_Hamvar\PROCDATA\IP45_200_03T / traces: 1552 / samples: 1759



شکل ۴-۱۷: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

۴-۵- پروفیل P60

۴-۵-۱- برداشت های مقاومت ویژه

این پروفیل با فاصله ۴۵ متر از پروفیل P15 و موازی با آن و در شمال آن برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق ادامه یافت. در نهایت تعداد ۱۰۳۵ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی-دوقطبی در طول این پروفیل اندازه گیری شد. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل نیز برابر ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱).

در شکل ۴-۱۸ نتایج وارون سازی دو بعدی داده ها در طول این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۲۱/۸۷ و ۴۷۶۰۰/۶۴ اهم متر می باشد. در شکل ۴-۱۹ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. همانطور که قبلا اشاره گردیده است، این پروفیل در قسمت شمالی پروفیل P45 واقع شده است که خارج از محدوده معدنکاری می باشد. همبری و گسل احتمالی حدود ایستگاه های ۴۵ و ۵۰ تا ۵۵ تا عمق دیده می شود که در شکل ۴-۱۹ بصورت خط چین نمایش داده شده است.

عمده بی هنجاری های مشاهده شده مطابق چند پروفیل قبلی با توجه به شکل، به صورت دو بی هنجاری با طیف نارنجی تا بنفش در دو تراز ۱۷۹۵ تا ۱۷۸۵ و ۱۷۵۰ تا ۱۷۸۰ حد فاصل ایستگاه های ۶۰ تا ۱۴۰ دیده می شود، این افزایش مقاومت ویژه نسبی لایه ها (طیف رنگی قرمز تا بنفش) می تواند دلیلی بر وجود حفره های احتمالی باشد. هر چند که می تواند ناشی از افزایش سیلیس در واحد آهکی نیز باشد. لذا بی هنجاری های این پروفیل را می توان حد فاصل ایستگاه های ۸۲ تا ۱۰۵ در عمق حدود ۵ متری، ۱۱۰ تا ۱۴۰ در عمق حدود ۵ متری و ۷۵ تا ۱۱۰ (طیف

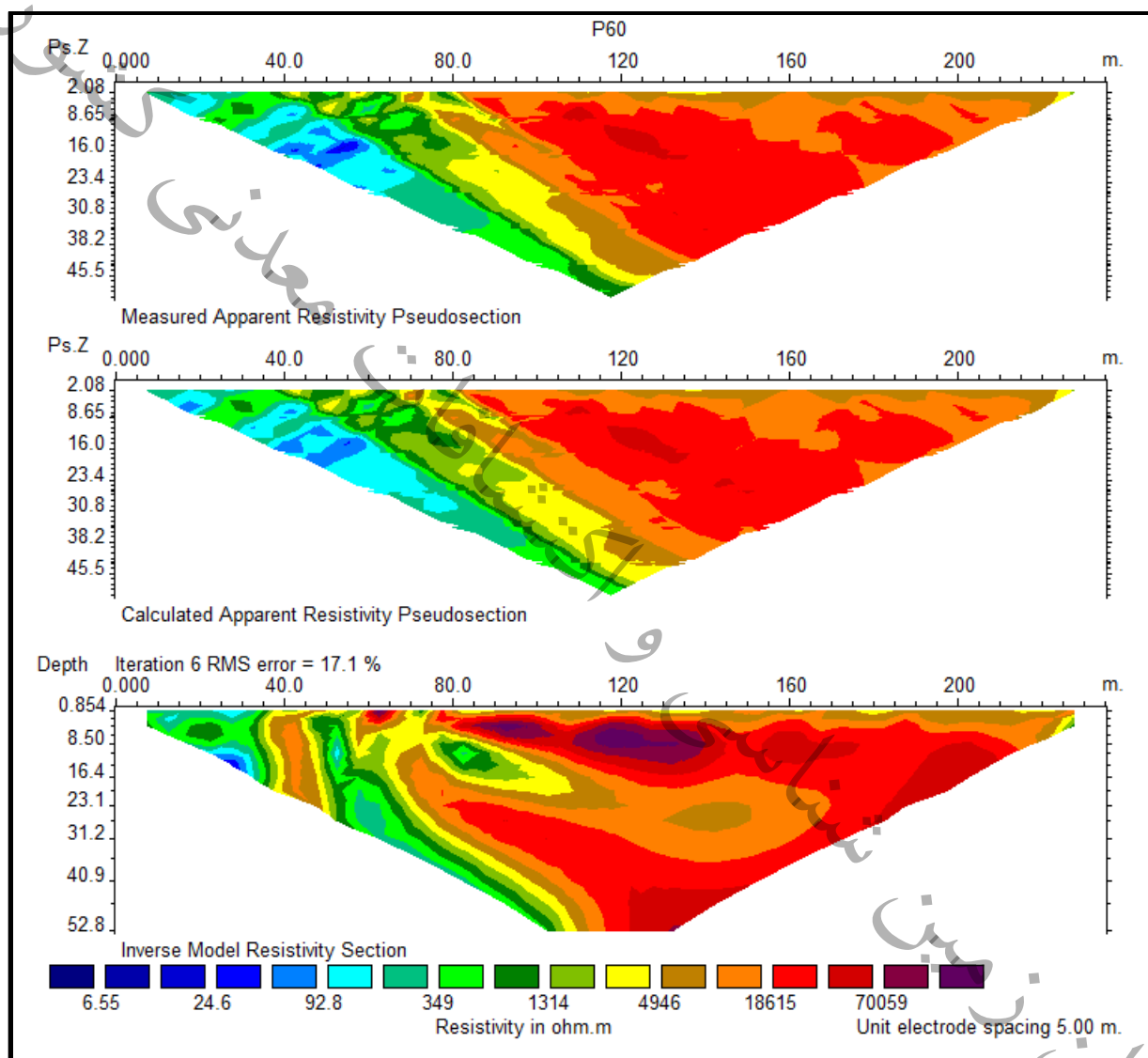
رنگی سبز تا بنفش) از عمق حدود ۱۰ متری تا ۳۰ متری معرفی کرد که از میان آنها می توان در حفاصل ایستگاه های

۱۱۵ تا ۱۳۵ متری در عمق حدود ۷ متری وجود حفره را محتمل دانست که با توجه اینکه این پروفیل خارج از محدوده

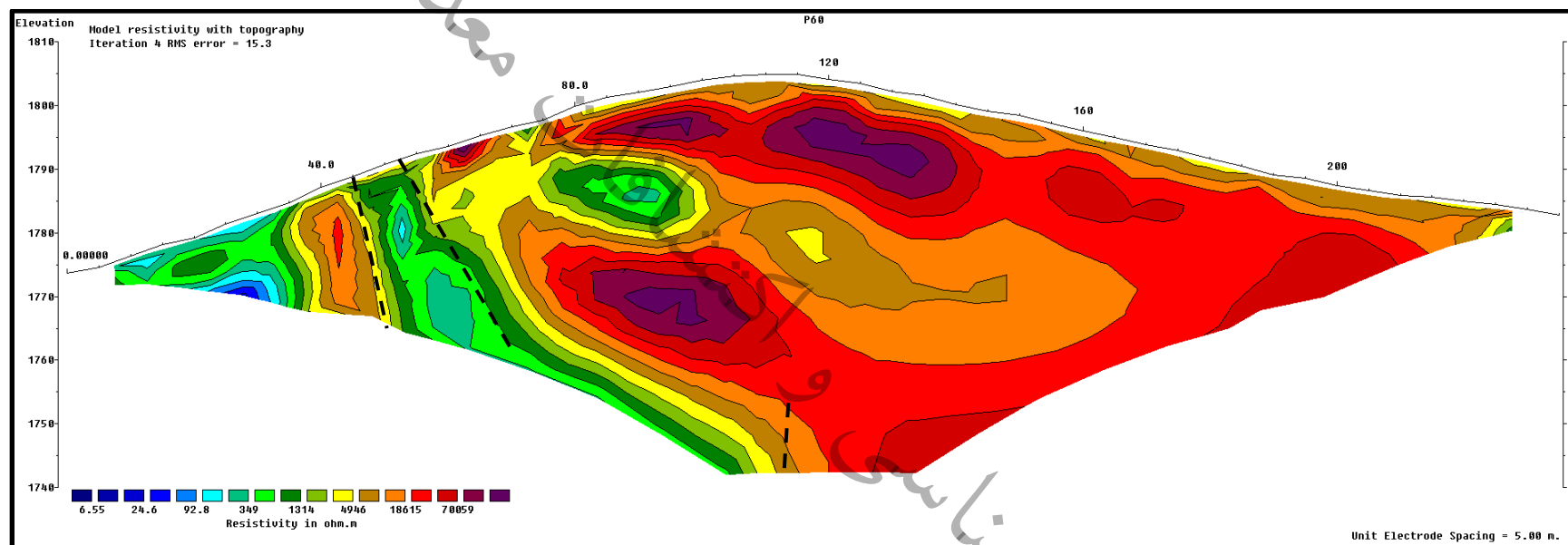
معدنکاری بوده و اختلاف ارتفاعی حدود ۵ متر نسبت به پروفیل های قبلی را دارا می باشد ، در نتیجه این عمق محتمل

بنظر می رسد.

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور



شکل ۴-۱۸: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P60



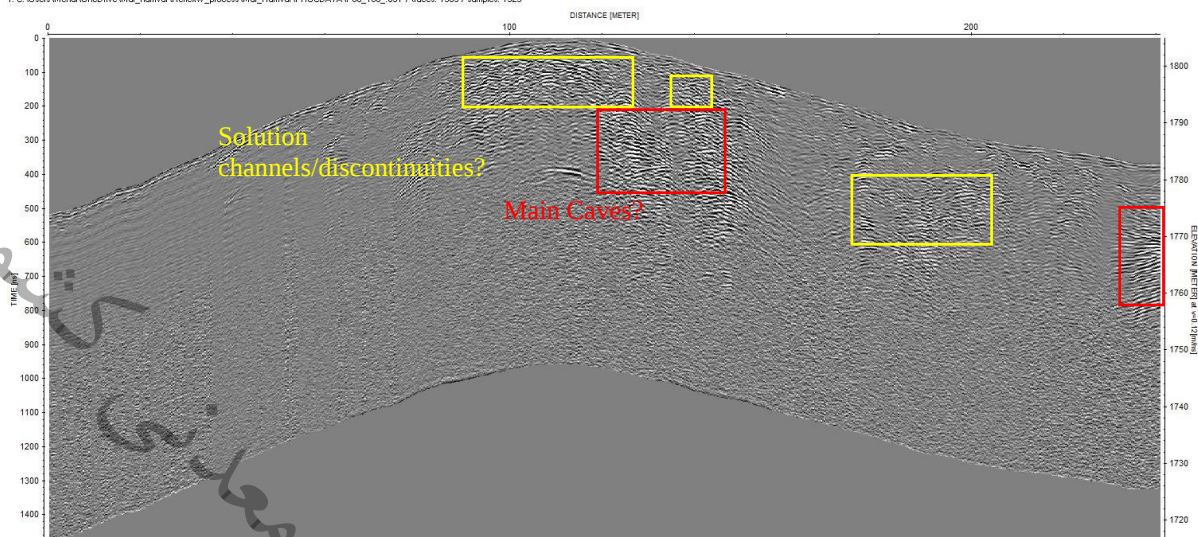
شکل ۴-۱۹: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P60

۴-۵-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۲۰ و ۴-۲۱ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P60 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، عمده تغییرات با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مربوط به حدفواصل ایستگاه های ۹۰ تا ۱۲۵، ۱۳۵ تا ۱۴۵ و ۱۷۰ تا ۲۰۰ (مستطیل زرد رنگ) می باشد که احتمال وجود حفرات کوچک یا شکستگی در معدن وجود دارد. اما در حدفواصل ایستگاه های ۱۲۰ تا ۱۴۵ از پروفیل، از عمق حدود ۲۰ متری از سطح زمین، بی هنجاری هایی (مستطیل قرمز رنگ) دیده می شود که احتمال حضور پدیده بازآوایش نیز در این پروفیل وجود دارد و احتمالاً در ارتباط با وجود حفره انحلالی یا شکستگی های نسبتاً بزرگ می باشد و می تواند حاصل از بازتاب چندباره امواج داخل حفرات بزرگ یا شکستگی ها باشد که در مقاطع GPR به صورت یکسری از پالس های متوالی با دامنه بالا دیده می شوند. لازم به یادآوری است که این بازتاب ها منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه بالا و پایین در مدل مقاومت ویژه (شکل ۴-۱۹) می باشند. این مساله نیز در مورد ایستگاه ۲۳۰ تا ۲۳۵ نیز محتمل بنظر می رسد.

I: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamvar\Relief\process\Mar_Hamvar\PROCDATA\VF60_100_03T / traces: 1585 / samples: 1523



شکل ۴-۲۰: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

I: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamvar\Relief\process\Mar_Hamvar\PROCDATA\VF60_200_03T / traces: 1585 / samples: 1887



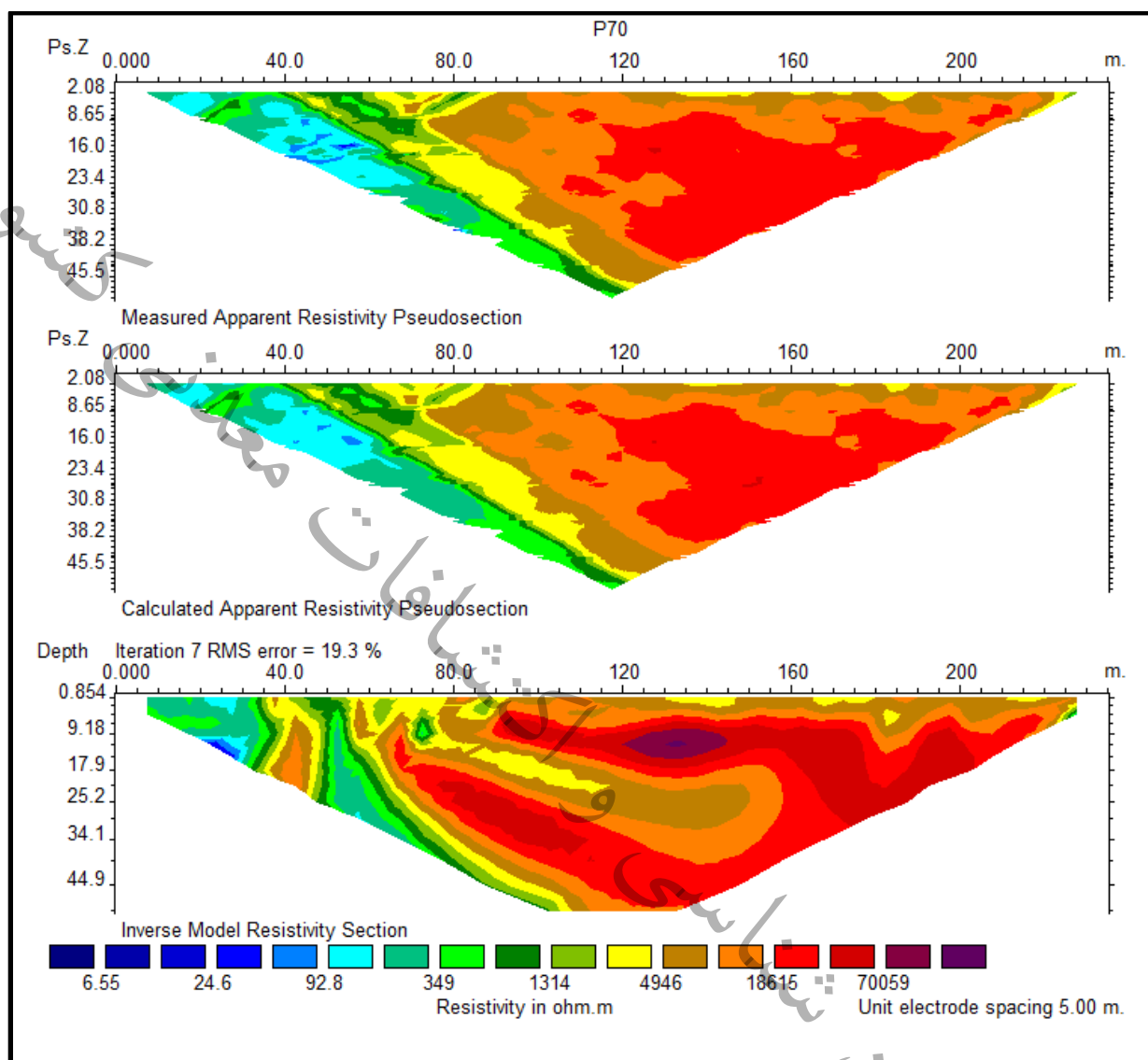
شکل ۴-۲۱: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

۶-۴- پروفیل P70

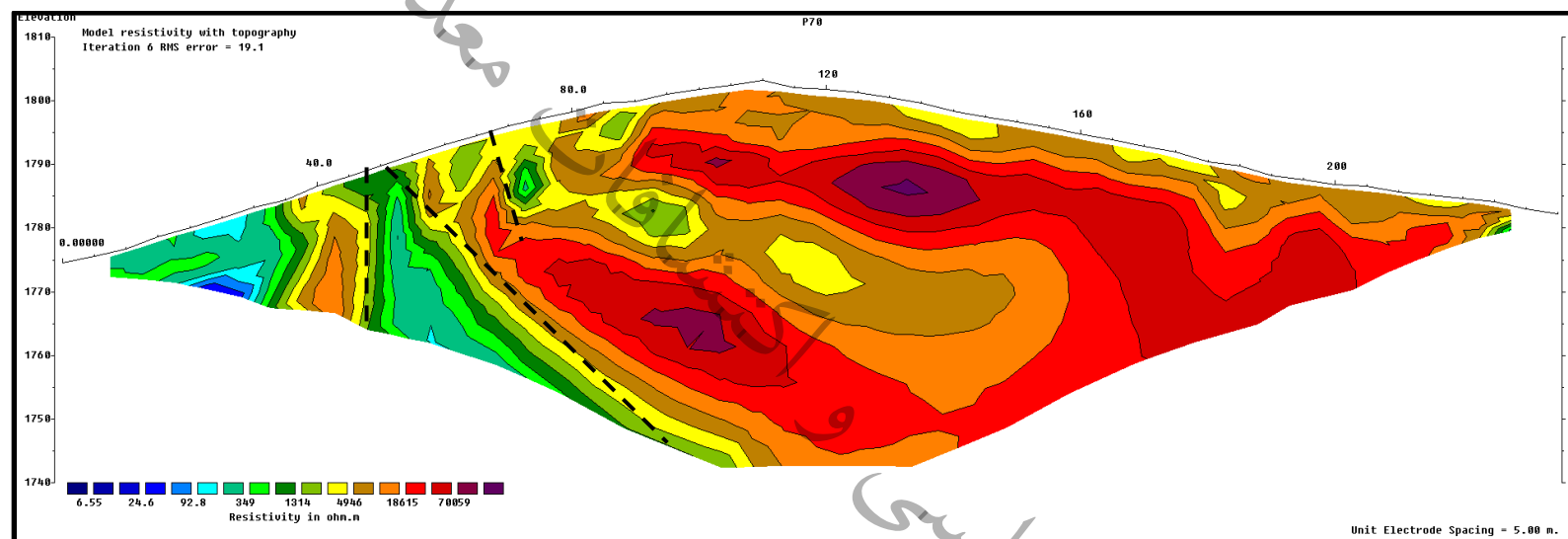
۶-۴-۱- برداشت های مقاومت ویژه

این پروفیل با فاصله ۵۵ متر از پروفیل P15 و موازی با آن و در شمال آن برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق ادامه یافت. در نهایت تعداد ۱۰۲۵ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی-دوقطبی در طول این پروفیل اندازه گیری شد. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل نیز برابر ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱).

در شکل ۴-۲۲ نتایج وارون سازی دو بعدی داده ها در طول این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۱۸/۵۴ و ۳۸۰۰۵/۰۳ اهم متر می باشد. در شکل ۴-۲۳ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. بی هنجاری های مشاهده شده در این پروفیل، شبیه پروفیل P60 می باشد با این تفاوت که تغییراتی در عمق بررسی و جابجایی این بی هنجاری ها وجود دارد. لذا بی هنجاری های این پروفیل را (طیف رنگی بنفش) می توان حداقل ایستگاه های ۹۰ تا ۱۱۰ از عمق حدود ۹ متری، ۱۲۰ تا ۱۴۵ در عمق حدود ۱۰ متری تا ۲۰ متری و ۸۰ تا ۱۲۰ معرفی کرد که از میان آنها می توان حداقل ایستگاه های ۱۲۰ تا ۱۴۵ در عمق حدود ۱۳ متری و ۸۰ تا ۱۲۰ (طیف رنگی سبز تا بنفش) وجود حفره را محتمل دانست که با توجه به اینکه در منطقه GPR نیز برداشت گردیده است، لذا می بایست با نتایج این روش نیز مقایسه و سپس نتیجه گیری کلی نمود. همچنین حدود ایستگاه های ۴۵ تا ۵۰، ۵۵ و ۶۵ تا ۷۰ همبری یا گسل احتمالی دیده می شود که در شکل ۴-۲۳ بصورت خط چین قابل مشاهده می باشند.



شکل ۴-۲۲: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P70



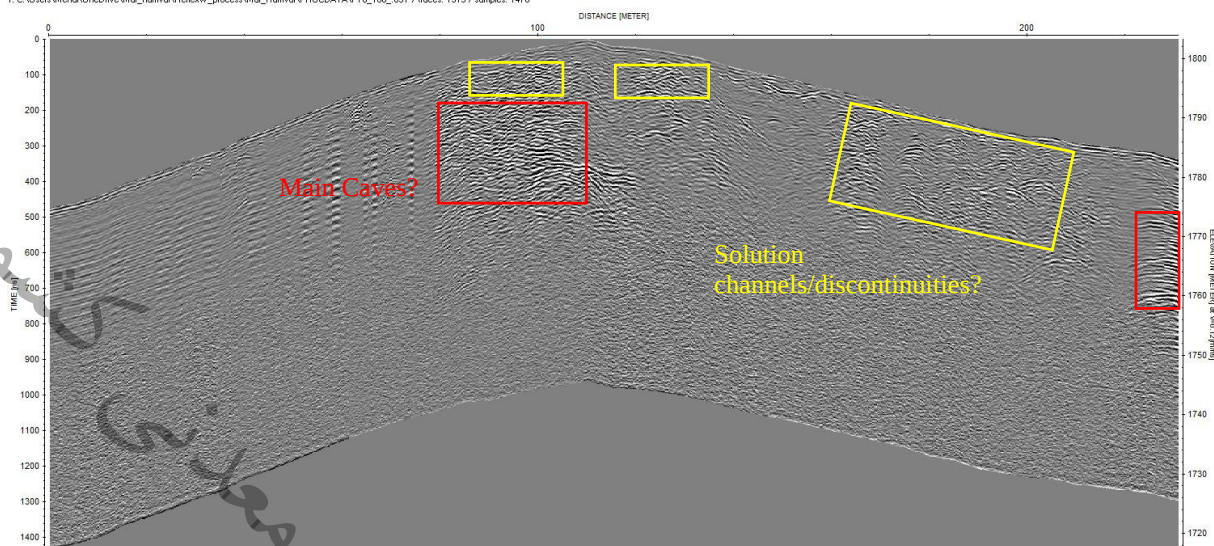
شکل ۴-۲۳: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P70

۴-۶-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از غرب شروع و تا ایستگاه ۲۳۵ متری در شرق با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۲۴ و ۴-۲۵ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P70 را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، عمده تغییرات با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مربوط به حدفواصل ایستگاه های ۹۰ تا ۱۰۵ است که این تغییرات با پروفیل P60 نیز برابری می کند (مستطیل زرد رنگ) و احتمال وجود حفره را در عمق حدود ۸ متری تأیید می کند. این محدوده بی هنجاری نیز در مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده های مقاومت ویژه نیز قابل مشاهده می باشد. همچنین این تغییرات در مورد ایستگاه های ۱۱۵ تا ۱۳۵، ۱۶۰ تا ۲۱۰ و ۲۳۰ تا ۲۳۵ (مستطیل های زرد رنگ) نیز صدق می کند. لازم به ذکر است که حدفواصل ایستگاه های ۹۰ تا ۱۱۰ و در اعماق بالاتر نیز (مستطیل های قرمز رنگ)، تغییراتی مشاهده می شود که احتمال پدیده باز آوایش و یا وجود حفره بزرگتر را می توان داد. این حالت در شکل ۴-۲۳ با طیف رنگی سبز تا بنفش مشخص شده است که نواحی با مقاومت ویژه بالا و پایین در مدل مقاومت ویژه هستند.

I: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mac_hamva\ReflexW_process\Mar_Hamva\PROC\DATA\IP70_100_03T / traces: 1519 / samples: 1478



شکل ۴-۲۴: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

I: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mac_hamva\ReflexW_process\Mar_Hamva\PROC\DATA\IP70_200_03T / traces: 1552 / samples: 2735



شکل ۴-۲۵: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

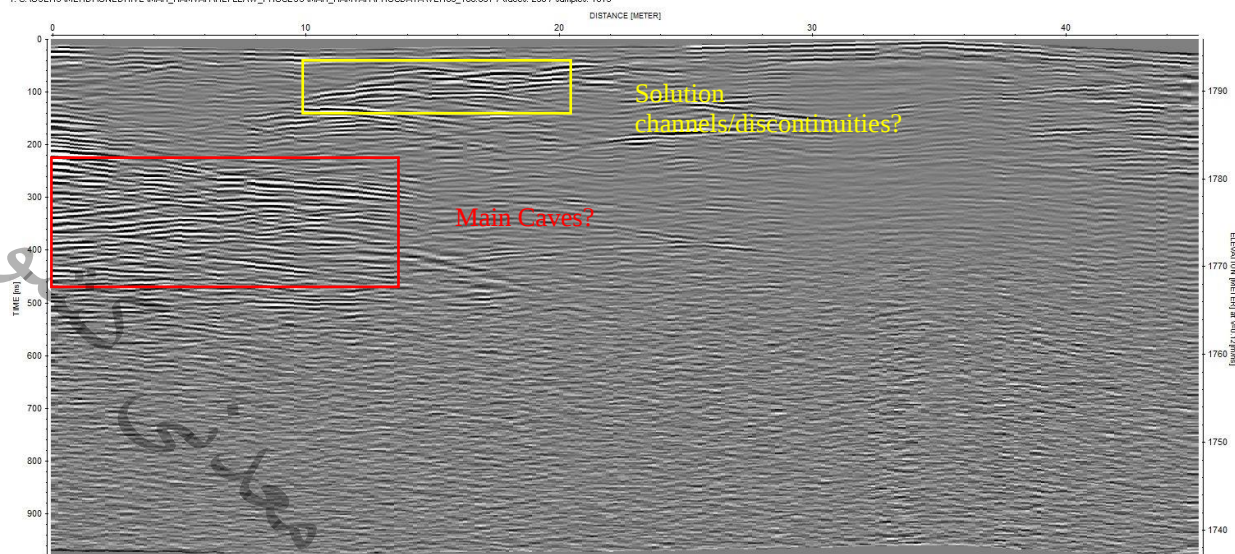
۴-۷-۲- پروفیل P85V

۴-۷-۱- برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۸۵ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از جنوب شروع و تا ایستگاه ۴۵ در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۴۵ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۲۶ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی، عمق نفوذ در این مقطع بیش از ۵۰ متر می باشد که عمده تغییرات آن مربوط به حدفاصل ایستگاه های ۱۰ تا ۲۰ است در سطح (مستطیل زرد رنگ) است که ممکن است حاصل از بازتاب چندباره امواج داخل حفرات کوچک و شکستگی ها و یا ناهمگنی در آهک های به شدت سیلیسی موجود در منطقه باشد که در مقاطع GPR به صورت یکسری از پالس های متوالی با دامنه بالا دیده می شوند. همچنین حدفاصل ایستگاه های ۰ تا ۱۴ (مستطیل قرمز رنگ) بی هنجاری اصلی تری قابل مشاهده است که احتمال وجود حفره بزرگتر یا شکستگی های بزرگتری می رود.

1. C:\USERS\MEHDI\NEDRIVE\MAR_HAMVAR\REFLEX\XV_PROCESS\MAR_HAMVAR\PROC\DATA\VER65_100.03T / traces: 298 / samples: 1015



شکل ۴-۲۶: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

۴-۸-۱- پروفیل P90V

۴-۸-۱- برداشت‌های مقاومت ویژه

این پروفیل عمود بر پروفیل‌های P15 تا P70 و با فاصله ۹۰ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت‌های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه ۸۵- از جنوب شروع و تا ایستگاه ۱۵۰ متری در شمال ادامه یافت. در نهایت تعداد ۱۰۰۶ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی - دوقطبی در طول این پروفیل اندازه‌گیری شد. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل نیز برابر ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱).

در شکل ۴-۲۷ نتایج وارون‌سازی دو بعدی داده‌ها در طول این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۳۱۷/۳۲ و ۹۲۰۱۹/۶۹ اهم متر می‌باشد.

در شکل ۴-۲۸ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی

مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است.

حد فاصل ایستگاه ۲۰-، ۴۵ و ۵۰ تا ۵۵ همبری یا گسل احتمالی دیده می شود که تا عمق مورد بررسی مشاهده

می گردد و در شکل ۴-۲۸ بصورت خط چین قابل مشاهده می باشند. مطابق شکل بی هنجاری های مشاهده شده در

شکل را می توان به حدفاصل ایستگاه های ۴۰- تا ۳۵- در عمق حدود ۱۵ متری با طیف رنگی بنفش رنگ و با مقاومت

ویژه نسبی بالا، حدفاصل ایستگاه های ۰ تا ۲۵ و با شیب ملایم از عمق حدود ۲۰ متری تا عمق حدود ۳۵ متری، حدفاصل

ایستگاه های ۳۵ تا ۴۵ از عمق حدود ۳ متری تا عمق حدود ۱۶ متری و در نهایت حدفاصل ایستگاه های ۵۰ تا ۵۵ در

سطح زمین تا عمق حدود ۵ متری اشاره کرد. بی هنجاری اول با توجه به اینکه برداشتی در راستای غربی - شرقی

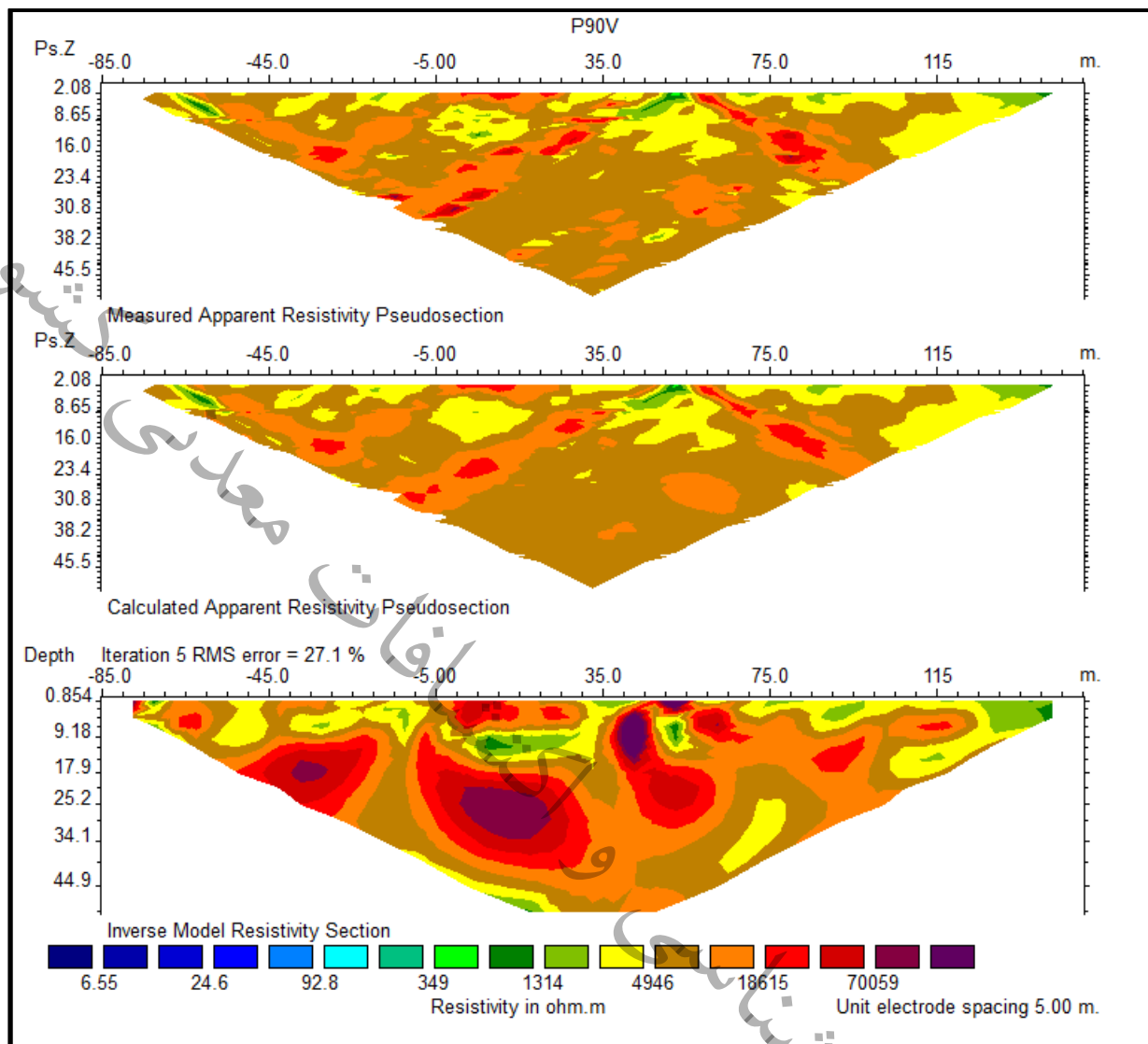
صورت پذیرفته است را نمی توان به طور دقیق نظر داد اما احتمال وجود حفره نیز با توجه به روند پروفیل های برداشتی،

وجود دارد. بی هنجاری دوم با توجه به نتایج مقاومت ویژه، با نتایج پروفیل P15 همخوانی دارد و این ناحیه نیز احتمال

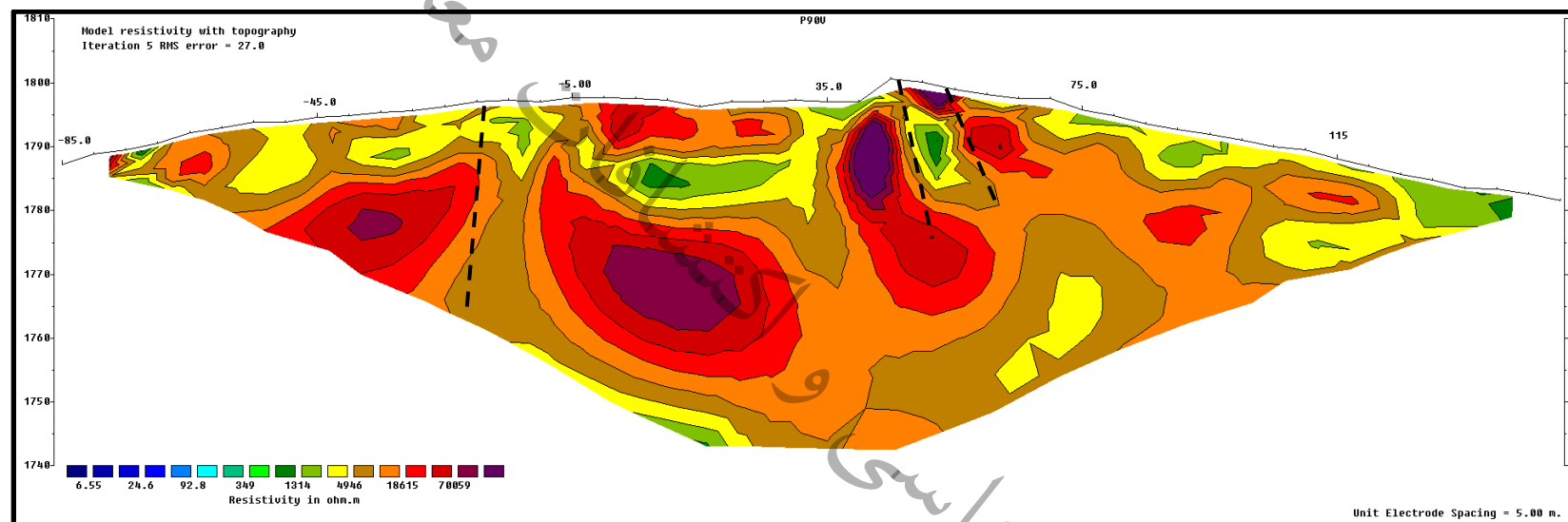
وجود حفره در آن وجود دارد. بی هنجاری سوم نیز با پروفیل P45 همخوانی داشته که همانطور که در تحلیل این

پروفیل ذکر شده است، این ناحیه نیز احتمال وجود حفره در آن وجود دارد و اما بی هنجاری چهارم نیز با پروفیل P60

همخوانی داشته که می بایست با نتایج روش GPR نیز مقایسه و سپس نتیجه گیری کلی نمود.



شکل ۴-۲۷: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P90V



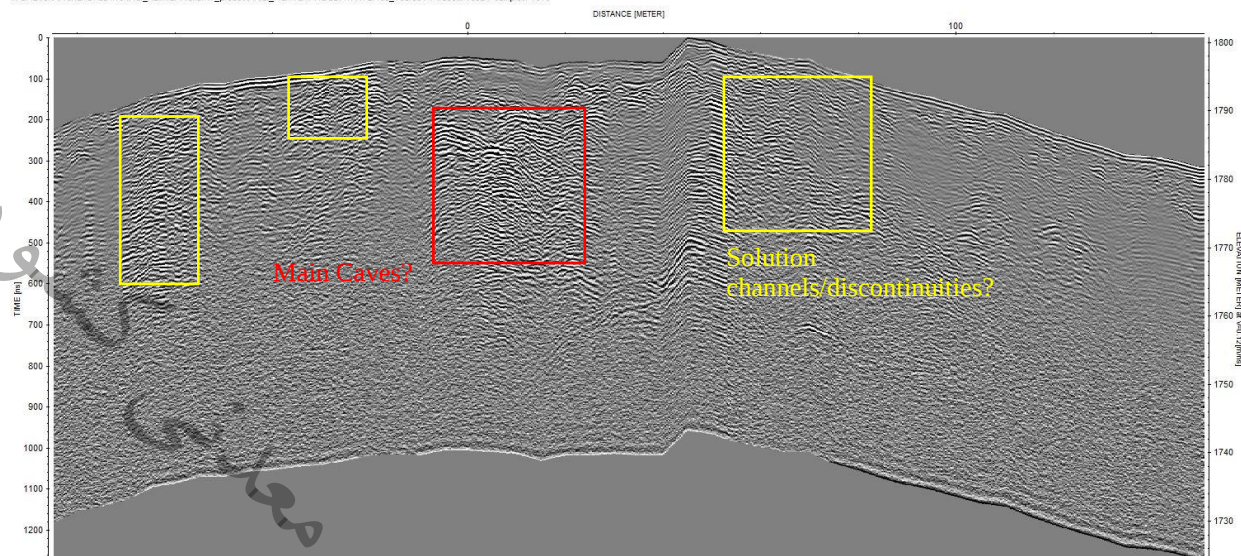
شکل ۴-۲۸: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P90V

۴-۸-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۹۰ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۸۵- متری از جنوب شروع و تا ایستگاه ۱۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۲۹ و ۴-۳۰ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P90v را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، عمده تغییرات با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مربوط به حدفواصل ایستگاه های ۵- تا ۲۲ است که ضخامت حدود ۲۰ متر گسترش یافته است و احتمال وجود حفرات بزرگتر یا شکستگی های بزرگتر نیز در این ناحیه (مستطیل قرمز رنگ) می رود. همچنین حدفواصل ایستگاه های ۷۰- تا ۵۵-، ۳۵- تا ۲۰- و ۵۰ تا ۸۰ (مستطیل های زرد رنگ) نیز همانند پروفیل های قبلی احتمال وجود حفرات کوچکتر و یا ناپیوستگی در واحد آهکی می رود.

1: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamva\Reflex\process\Mar_Hamva\PRIDDATA\VER90_100.03T / traces: 1552 / samples: 1313



شکل ۴-۲۹: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

1: C:\Users\Mehdi\OneDrive\Mar_hamva\Reflex\process\Mar_Hamva\PRIDDATA\VER90_200.03T / traces: 1552 / samples: 1467



شکل ۴-۳۰: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

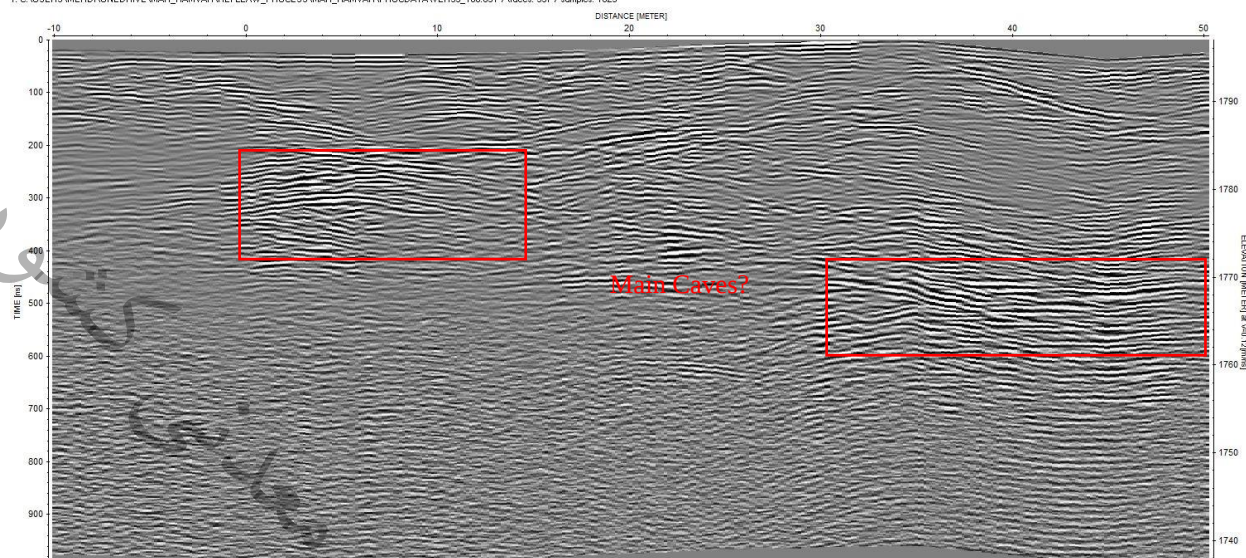
۹-۴- پروفیل P95V

۹-۴-۱- برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۹۵ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۱۰- از جنوب شروع و تا ایستگاه ۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۶ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۳۱ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. مطابق شکل عمده تغییرات مشاهده شده حفاصل ایستگاه های ۳۰ تا ۵۰ (مستطیل قرمز رنگ) در عمق حدود ۳۰ متری است که این تغییرات با بی هنجاری های مقاومت ویژه پروفیل های P35 و P45 معادل با ایستگاه های ۷۰ تا ۹۰ آنها همخوانی دارد و احتمال وجود حفره در این نواحی وجود دارد. همچنین حفاصل ایستگاه های ۰ تا ۱۰ (مستطیل قرمز رنگ) نیز محتمل بنظر می رسد.

1: C:\USERS\MEHDI\ONE\DRIVE\MAR_HAMVAR\REFLE\W_PROCESS\MAR_HAMVAR\PROCDATA\VER95_100.03T / traces: 397 / samples: 1025



شکل ۴-۳۱: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

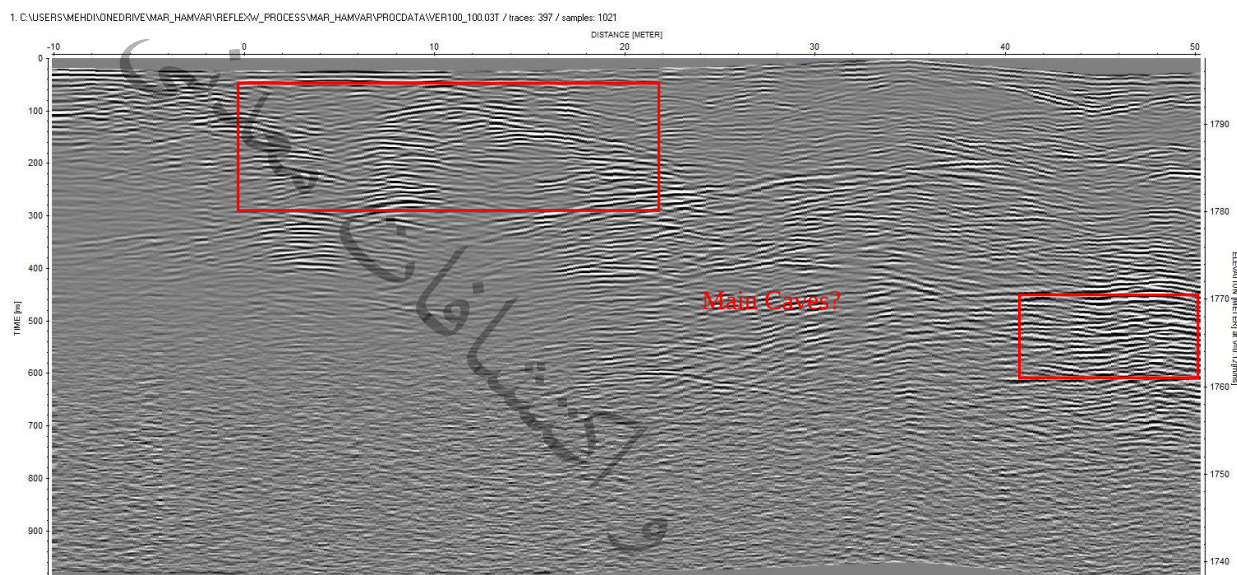
۴-۱۰-۱- پروفیل P100V

۴-۱۰-۱- برداشت های رادار نفوذی به زمین و

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۰۰ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۱۰- از جنوب شروع و تا ایستگاه ۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۶ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۳۲: مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد که عمده تغییرات مشاهده شده سطحی در این مقطع منطبق

بر بی هنجاری های مقاومت ویژه پروفیل های P15 تا P45 بوده و تنها بی هنجاری عمقی که احتمال وجود حفره در آن می رود مربوط به حدفاصل ایستگاه ۴۰ تا ۵۰ در عمق حدود ۳۰ متری می باشد که با نتایج مدل سازی مقاومت ویژه پروفیل P60 در حدفاصل ایستگاه ۸۰ تا ۱۱۰ در عمق حدود ۳۰ متری برابری می کند. حدفاصل ایستگاه ۰ تا ۲۰ نیز (مستطیل قرمز رنگ) احتمال وجود حفره یا شکستگی های بزرگتر وجود دارد.



شکل ۴-۳۲: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

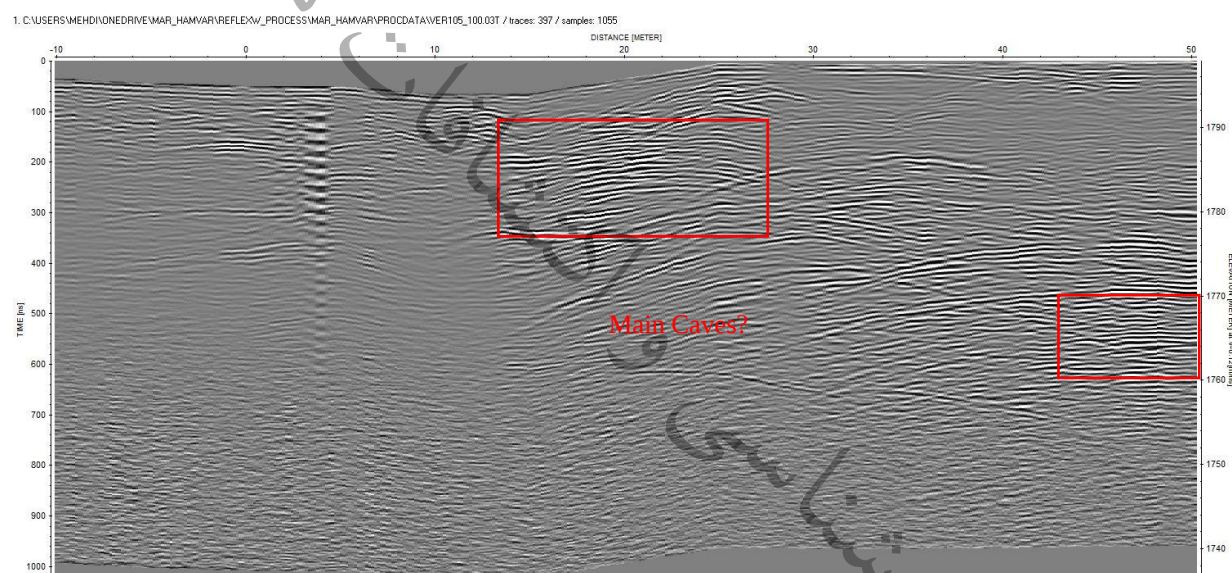
۴-۱۱-۱۱- پروفیل P105V

۴-۱۱-۱- برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۰۵ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۱۰- از جنوب شروع و تا ایستگاه ۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع

معادل ۰/۰۶ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۳۳ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. مطابق شکل نتایج حاصل از این مقطع، همانند پروفیل قبل بوده و احتمال وجود حفره (مستطیل های قرمز رنگ) در این نواحی می رود.



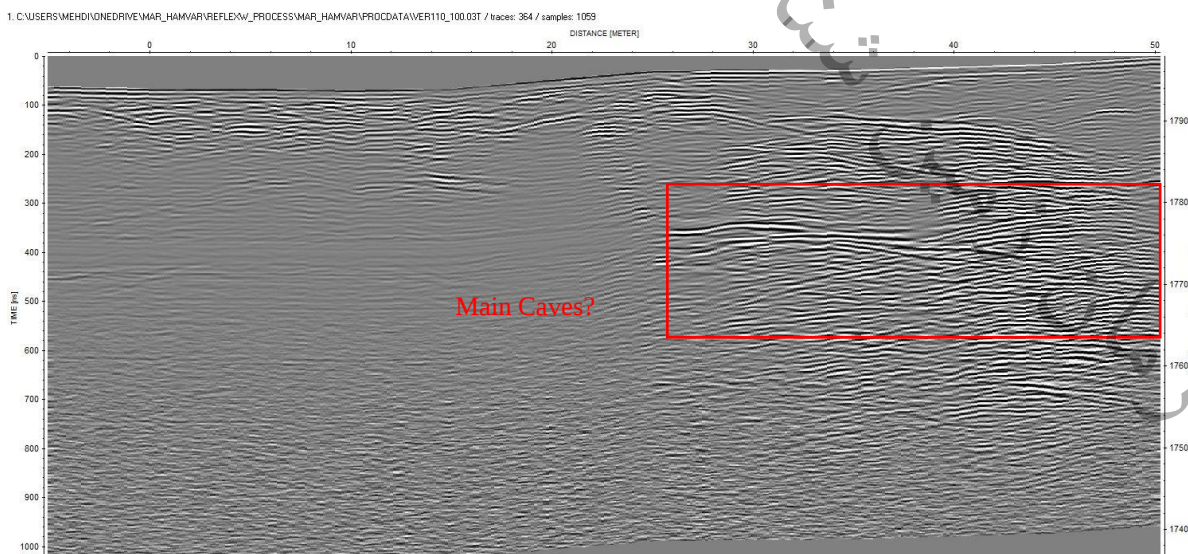
شکل ۴-۳۳: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی

۴-۱۲- پروفیل P110V

۴-۱۲-۱- برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۱۰ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۵- از جنوب شروع و تا ایستگاه ۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۵۵ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۳۴ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. مطابق شکل بی هنجاری عمقی که احتمال وجود حفره در آن می رود مربوط به حدفاصل ایستگاه ۲۵ تا ۵۰ می باشد.



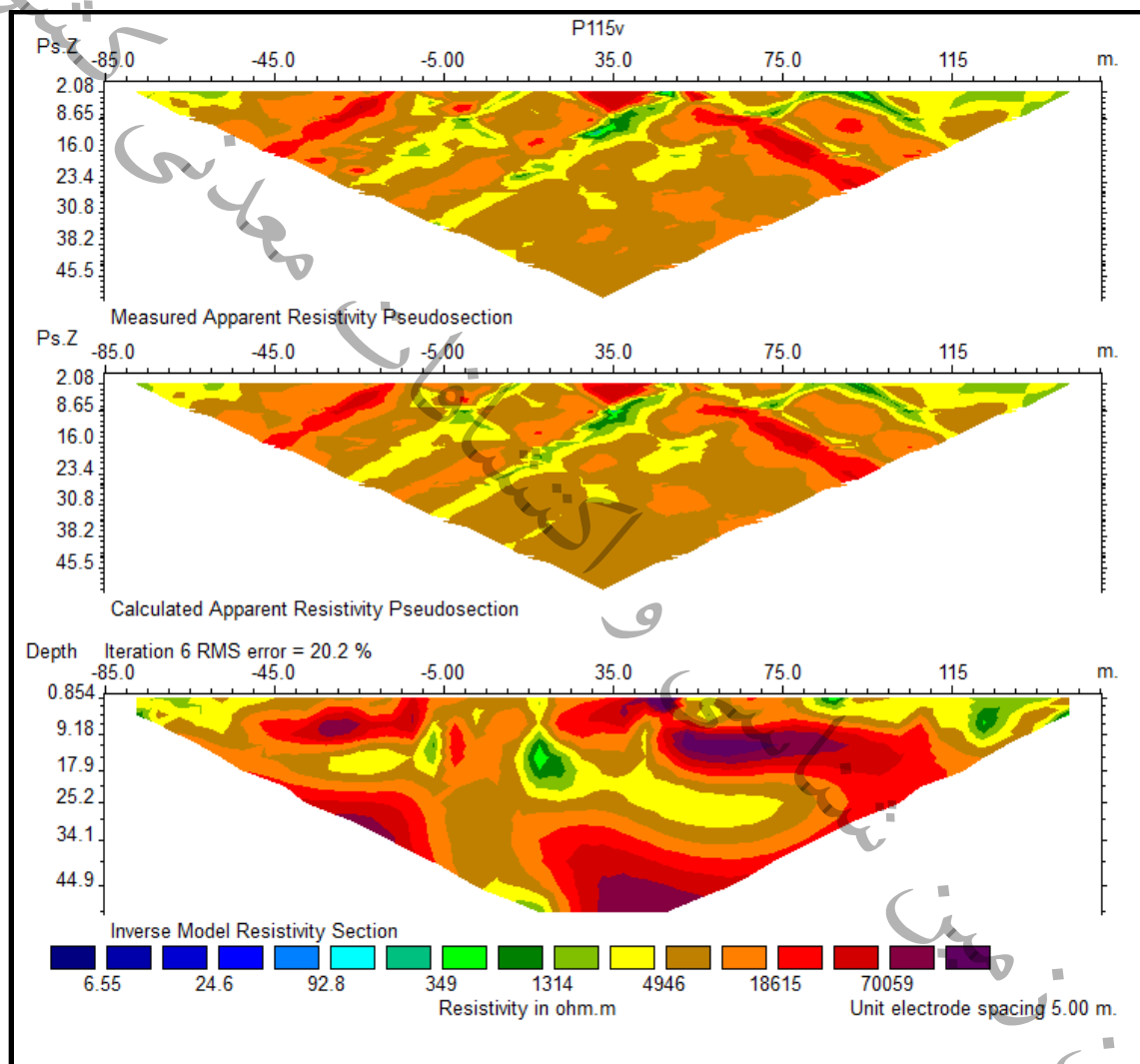
شکل ۴-۳۴: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

۴-۱۳- پروفیل P115V

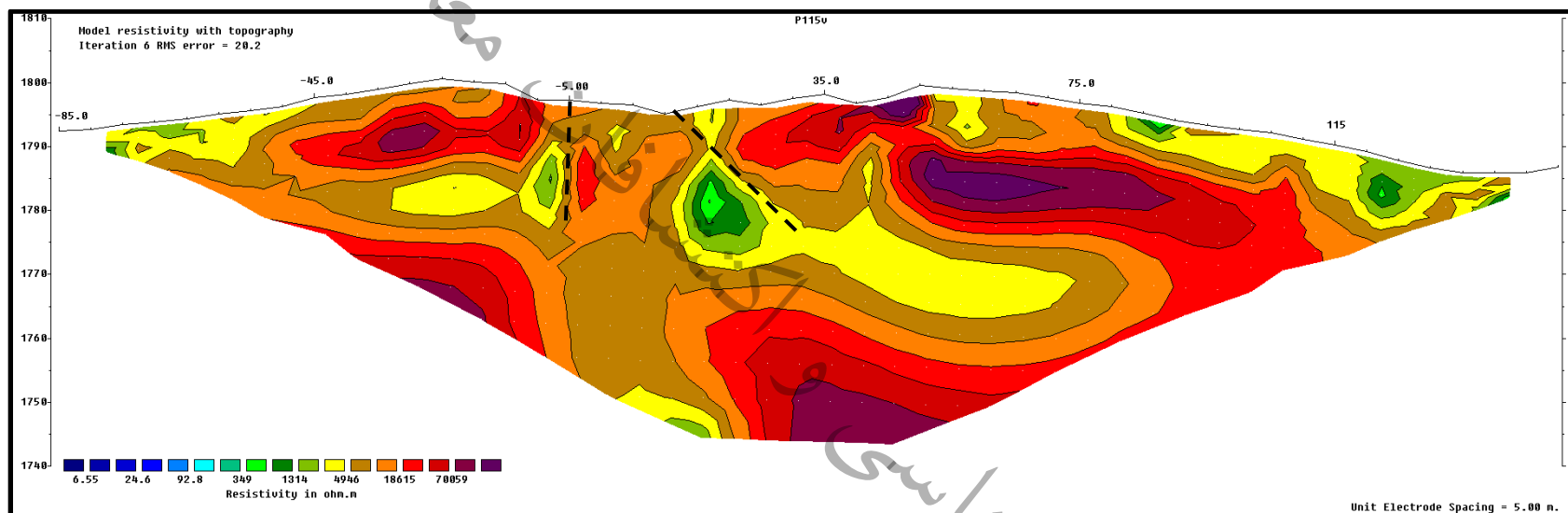
۴-۱۳-۱- برداشت های مقاومت ویژه

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۱۵ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد (شکل ۳-۱). برداشت های مقاومت ویژه الکتریکی در طول این پروفیل نیز از ایستگاه ۸۵- از جنوب شروع و تا ایستگاه ۱۵۰ متری در شمال ادامه یافت. در نهایت تعداد ۱۰۲۳ ایستگاه مقاومت ویژه با آرایش دوقطبی - دوقطبی در طول این پروفیل اندازه گیری شد. حداقل فاصله الکترودی مورد استفاده در طول این پروفیل نیز برابر ۵ متر و حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شد (جدول ۳-۱).

در شکل ۴-۳۵ نتایج وارون سازی دو بعدی داده ها در طول این پروفیل آورده شده است. کمینه و بیشینه مقادیر مقاومت ویژه اندازه گیری شده در طول این پروفیل به ترتیب ۴۳/۸۱ و ۷۰۷۷۶/۳ اهم متر می باشد. در شکل ۴-۳۶ مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی با اعمال تصحیح توپوگرافی و با تغییر مقیاس رنگی مقادیر مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. مطابق شکل ۴-۳۶، حد فاصل ایستگاه ۵- و ۱۰ تا ۱۵ همبری یا گسل احتمالی دیده می شود که تا عمق مورد بررسی مشاهده می گردد و بصورت خط چین قابل مشاهده می باشند. مطابق شکل بی هنجاری های مشاهده شده در شکل را می توان به حدفاصل ایستگاه های ۳۵- تا ۲۵- متری در عمق حدود ۷ متری با طیف رنگی بنفش رنگ اشاره کرد که با توجه به اینکه برداشتی در راستای غربی - شرقی در این محدوده صورت پذیرفته است بنابراین نمی توان به طور دقیق نظر داد. بی هنجاری بعدی حدفاصل ایستگاه های ۳۵ تا ۵۰ متری است که با نتایج پروفیل P35 (وجود دهانه غار در ایستگاه ۱۱۵ متری) همخوانی دارد و در نهایت بی هنجاری آخر حدفاصل ایستگاه های ۵۰ تا ۷۲ متری در عمق حدود ۱۲ متری است که با پروفیل های P60 و P70 نیز همخوانی دارد که می بایست با نتایج روش GPR نیز مقایسه و سپس نتیجه گیری کلی نمود.



شکل ۴-۳۵: شبه مقاطع داده‌های اندازه‌گیری شده (شکل بالا)، پاسخ مدل وارون (شکل وسط) و مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده‌ها (شکل پایین) در طول پروفیل P115V

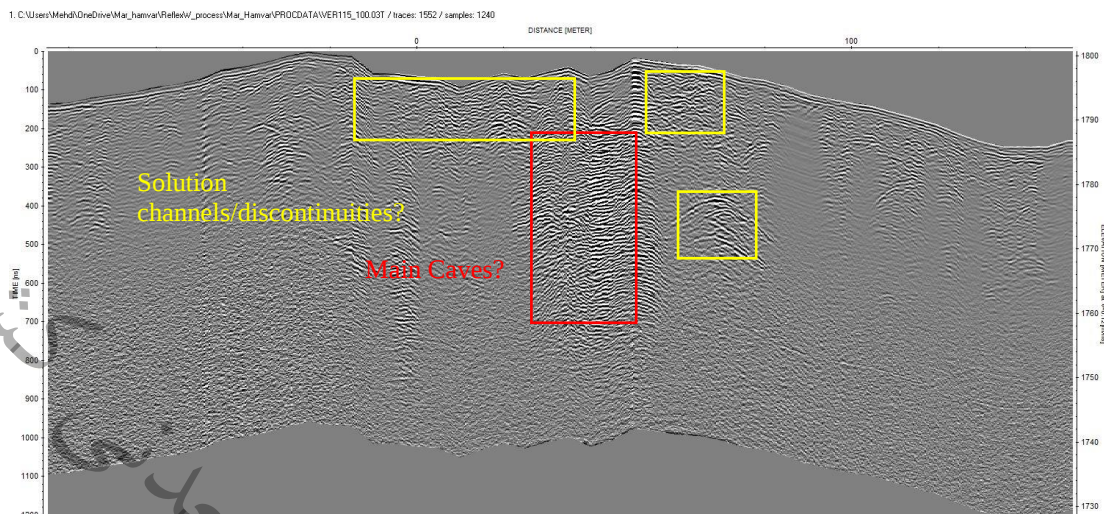


شکل ۴-۳۶: مدل حاصل از وارون سازی دوبعدی داده ها با اعمال توپوگرافی محدوده در طول پروفیل P115V

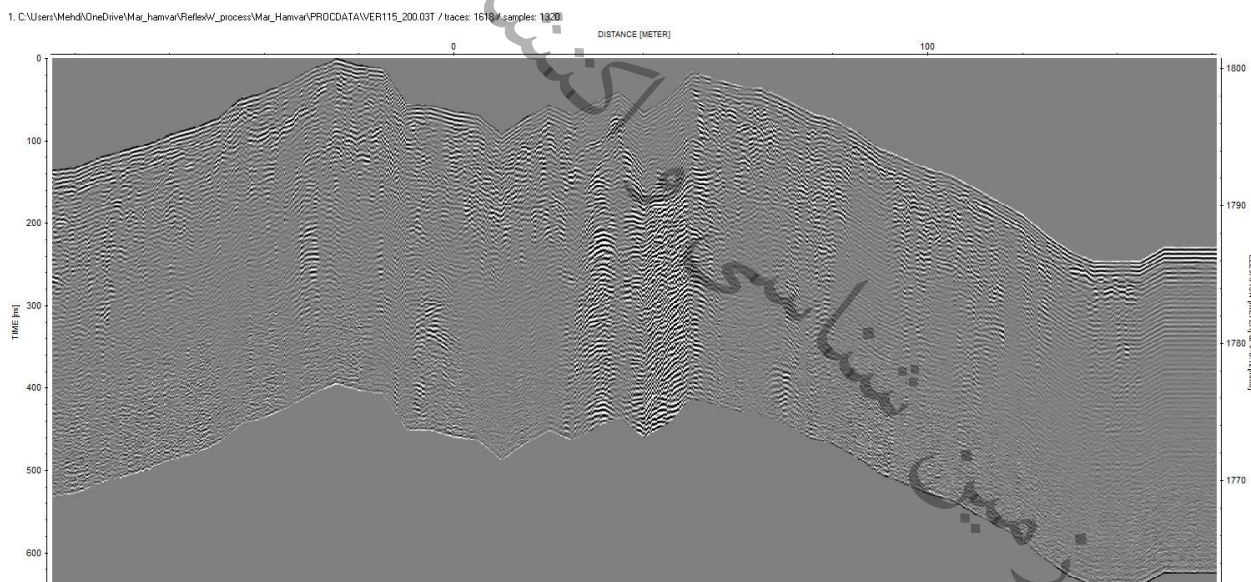
۴-۱۳-۲- برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۱۵ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۸۵- متری از جنوب شروع و تا ایستگاه ۱۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۴۷ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل های ۴-۳۷ و ۴-۳۸ بترتیب مقاطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) آنتن های ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی داده های پروفیل P115v را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، عمده تغییرات با استفاده از آنتن ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مربوط به حدفواصل ایستگاه های ۲۵ تا ۵۰ در عمق (مستطیل قرمز رنگ) می باشد که این تغییرات می تواند به واسطه وجود حفره اصلی یا شکستگی باشد. همچنین حدفواصل ایستگاه های ۱۵- تا ۳۵، ۵۵ تا ۷۰ و ۶۰ تا ۸۰ (مستطیل های زرد رنگ) نیز همانند پروفیل های قبلی احتمال وجود حفرات کوچکتر و یا ناپیوستگی در واحد آهکی می رود.



شکل ۴-۳۷: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی



شکل ۴-۳۸: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با استفاده از آنتن ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

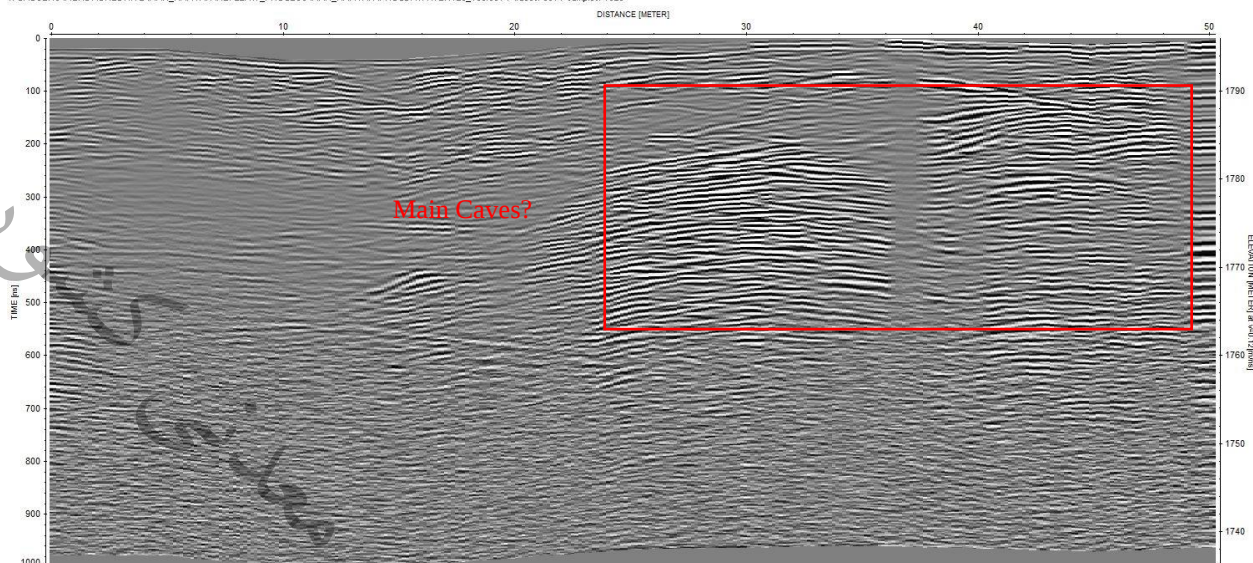
۴-۱۴-۱-۴-۱ پروفیل P120V

۴-۱۴-۱-۴-۱ برداشت های رادار نفوذی به زمین

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۲۰ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از جنوب شروع و تا ایستگاه ۵۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۵ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۳۹ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، عمده تغییرات با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی مربوط به حدفاصل ایستگاه های ۲۳ تا ۵۰ در عمق (مستطیل قرمز رنگ) می باشد که این تغییرات می تواند به واسطه حضور پدیده بازآوایش و وجود حفره بزرگتر یا شکستگی باشد.

I: C:\USERS\MEHD\ONEDRIVE\MAR_HAM\VAR\REFLEX\PROCESS\MAR_HAM\VAR\PROC\DATA\VER120_100.03T / traces: 331 / samples: 1029



شکل ۴-۳۹: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

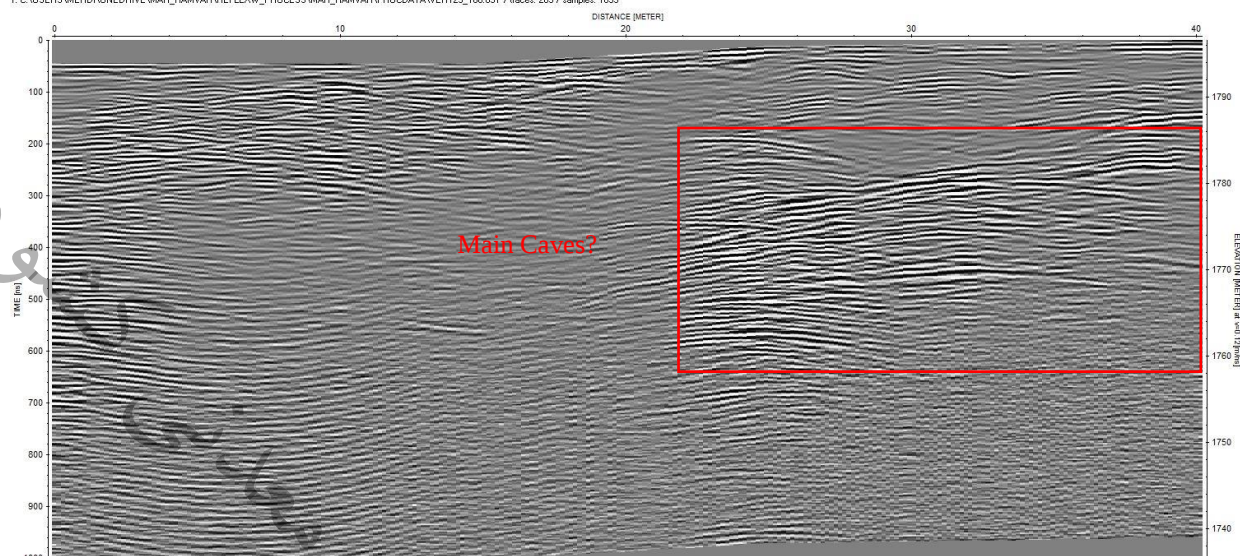
۴-۱۵- پروفیل P125V

۴-۱۵-۱ برداشت های رادار نفوذی به زمین و

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۲۵ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه صفر از جنوب شروع و تا ایستگاه ۴۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۴ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۴۰ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر ثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، نتایج مطابق پروفیل قبل می باشد.

I: C:\USERS\MEHD\ONE\DRIVE\MAR_HAM\VAR\REFLE\X_PROCESS\MAR_HAM\VAR\PROC\DATA\VER125_100.03T / traces: 255 / samples: 1033



شکل ۴-۴۰: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده های GPR با آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

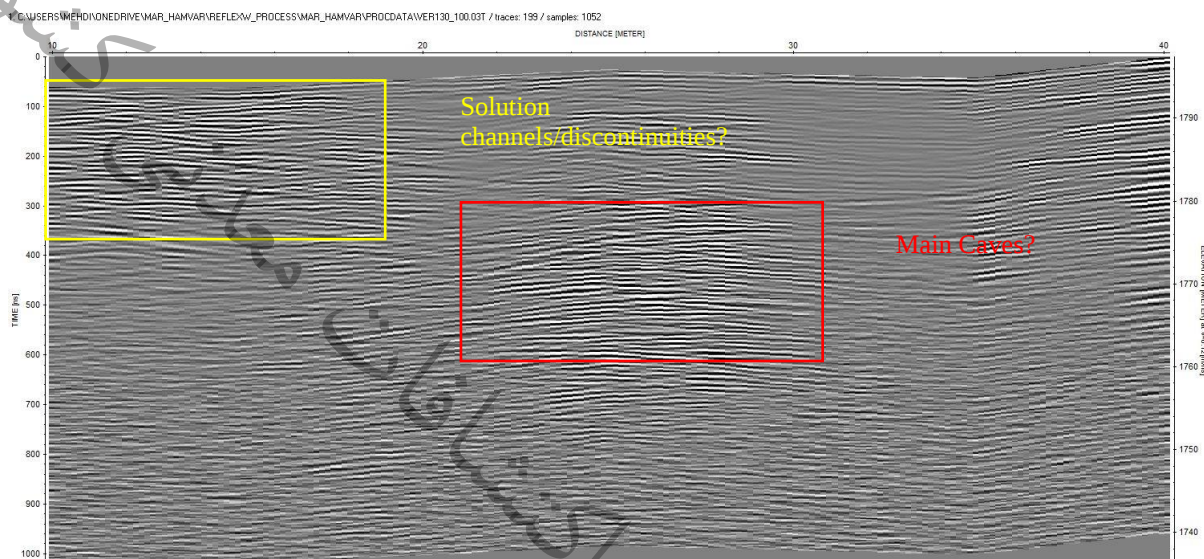
۱۶-۴-۱۶-۴ - پروفیل P130V

۱۶-۴-۱- برداشت های رادار نفوذی به زمین و

این پروفیل عمود بر پروفیل های P15 تا P70 و با فاصله ۱۳۰ متری از ایستگاه صفر (به سمت شرق) آنها با امتداد جنوبی - شمالی برداشت شد. برداشت های GPR در طول این پروفیل از ایستگاه ۱۰ از جنوب شروع و تا ایستگاه ۴۰ متری در شمال با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی ادامه یافت. بر روی این پروفیل در مجموع معادل ۰/۰۳ کیلومتر خطی برداشت صورت گرفت که موقعیت مکانی آن در شکل ۳-۱ و مشخصات پروفیل های برداشتی در جدول ۳-۲ به نمایش درآمده است.

شکل ۴-۴۱ مقطع زمانی و عمقی (با استفاده از سرعت ۰/۱۲ متر بر نانوثانیه) داده های این پروفیل را بعد از اعمال پردازش هایی از قبیل تصحیح صفر زمانی، فیلترهای میان گذر، حذف مقدار زمینه، اعمال بهره، میانگین گیری ردها و تصحیح توپوگرافی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود عمده تغییرات با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز

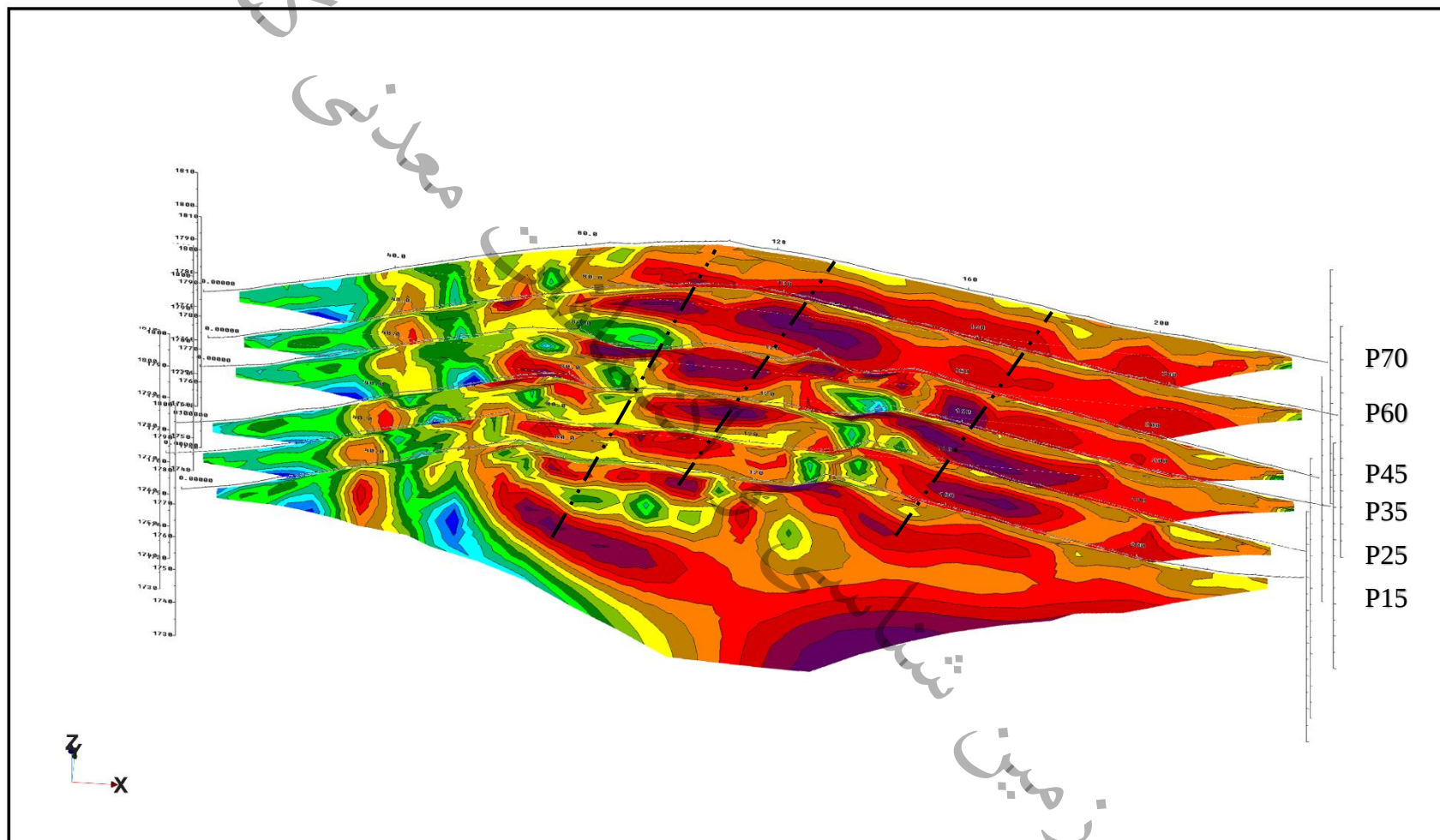
غیرپوششی مربوط به حدفصل ایستگاه‌های ۲۲ تا ۲۸ در عمق (مستطیل قرمز رنگ) می‌باشد که این تغییرات می‌تواند به واسطه وجود حفره اصلی یا شکستگی باشد. همچنین حدفصل ایستگاه‌های ۱۰ تا ۱۸ (مستطیل زرد رنگ) نیز همانند پروفیل‌های قبلی احتمال وجود حفرات کوچکتر و یا ناپیوستگی در واحد آهکی می‌رود.



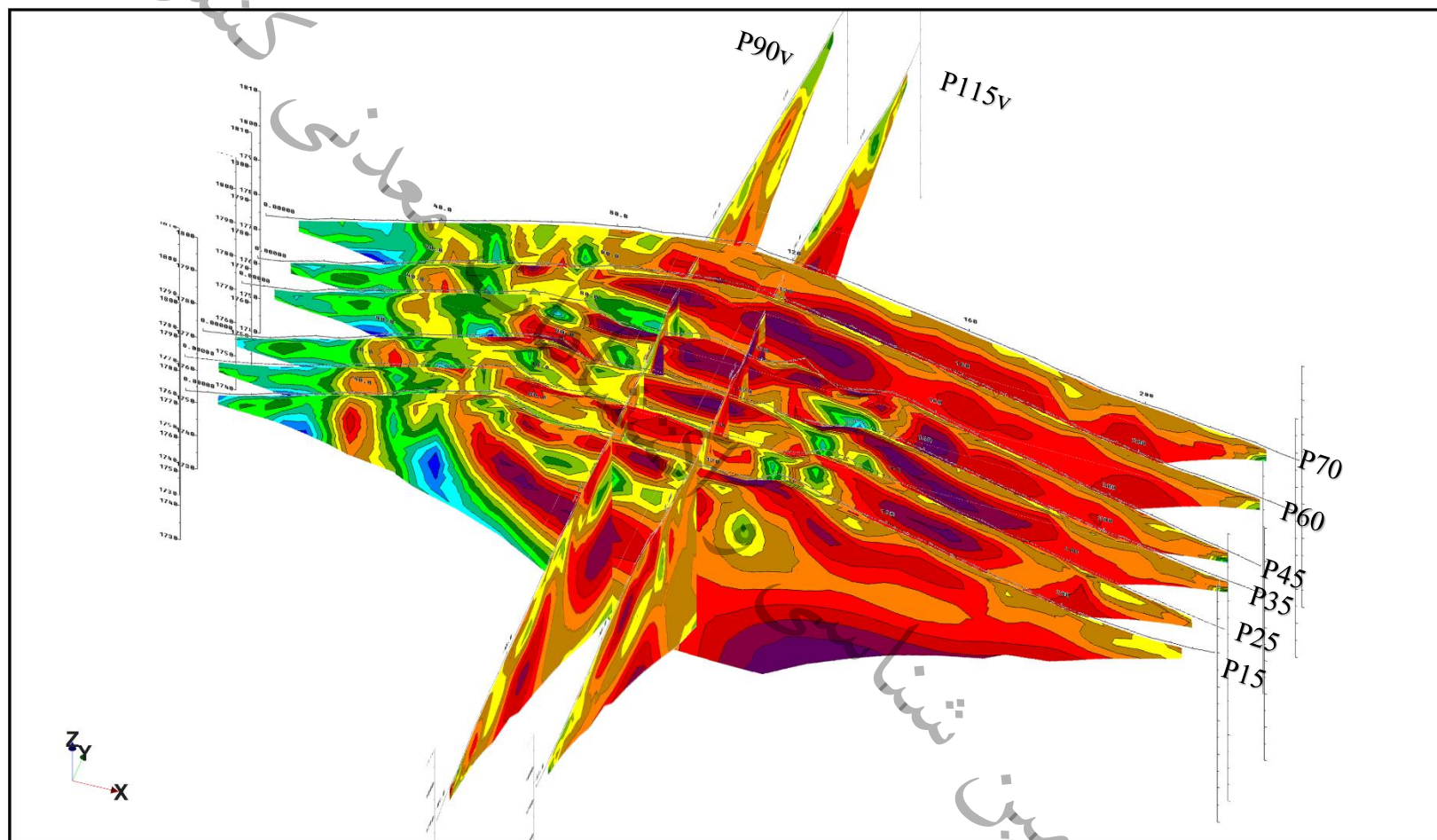
شکل ۴-۴۱: مقطع عمقی و زمانی پردازش شده داده‌های GPR با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی

۴-۱۷- نمایش سه بعدی داده‌های مقاومت ویژه

برای بررسی امتداد تقریبی بی‌هنجاری‌های مشاهده شده، مدل‌های مقاومت ویژه در کنار هم به نمایش درآمده‌اند. برای جانمایی پروفیل‌ها از نرم‌افزار Profile analysis و در مختصات جغرافیایی جهانی (WGS84) (برای دسترسی به مختصات بایستی از خود نرم‌افزار استفاده نمود و در اینجا فقط تصاویر قابل‌ارایه است) استفاده شده است و در نهایت نمای سه بعدی حاصل در شکل‌های ۴-۱۷ و ۴-۱۸ به نمایش درآمده است. محور سبز رنگ جهت شمال جغرافیایی را نشان می‌دهد. امتداد بی‌هنجاری‌های موجود در مدل‌های مقاومت ویژه با خط چین‌های سیاه رنگ به یکدیگر وصل شده‌اند. این خطوط امتداد قابل‌قبولی را برای امتداد غار مارهموار نشان می‌دهند.



شکل ۴-۴۲: نمایش سه بعدی مدل مقاومت ویژه پروفیل های P15 الی P70 همراه با امتداد تقریبی غار مارهموار (محور سبز رنگ جهت شمال را نشان می دهد)



شکل ۴-۴۳: نمایش سه بعدی مدل مقاومت ویژه پروفیل های P15 الی P115v همراه با امتداد تقریبی غار مارهموار (محور سبز رنگ جهت شمال را نشان می دهد)

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

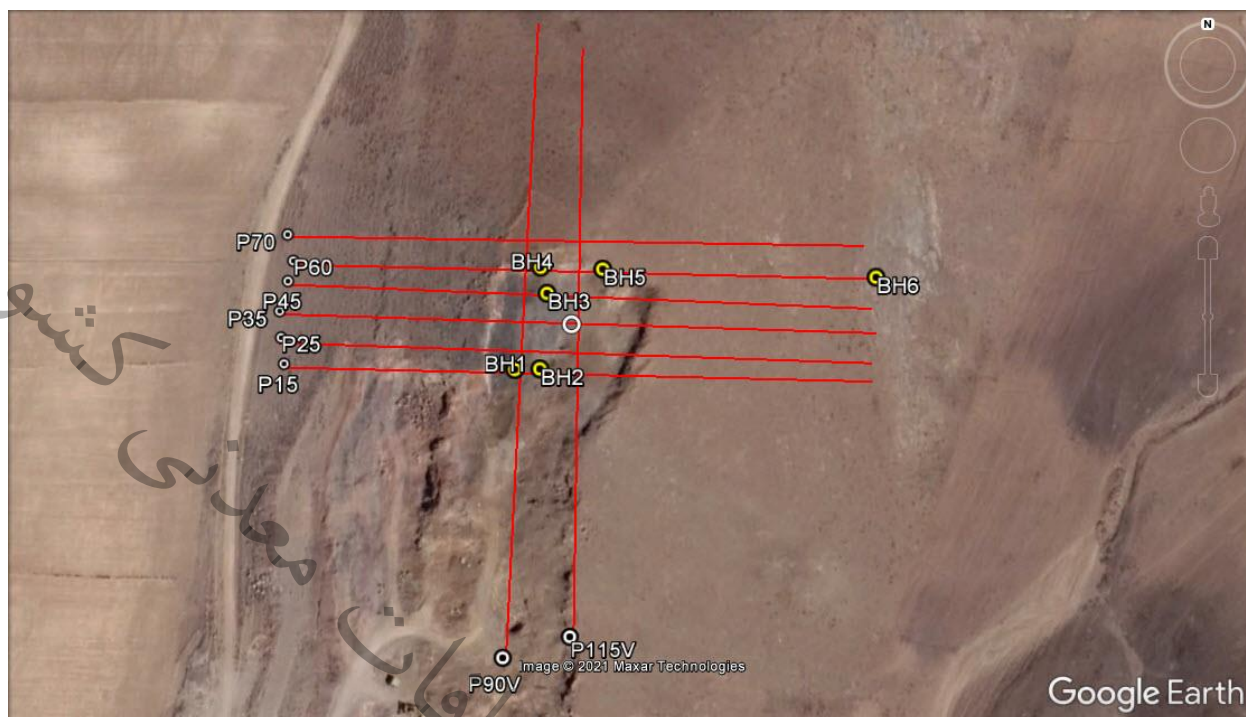
به منظور مطالعه غار مارهموار از روش های ژئوالکتریک و GPR در معدن عایق ریل همدان استفاده شد به نحوی که داده های مقاومت ویژه در این منطقه، در طول هشت پروفیل و داده های GPR در طول پروفیل های مزبور و با استفاده از آنتن های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز غیرپوششی برداشت شد. علاوه بر پروفیل های ذکر شده، هشت پروفیل مستقل با استفاده از آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی نیز برداشت شد. نتایج حاصل از مطالعات مقاومت ویژه در طول پروفیل های مزبور حاکی از مقاومت ویژه بسیار بالای واحد سنگ آهکی است که در سطح محدوده مورد مطالعه رخنمون یافته است. به نظر می رسد به واسطه انحلال شدید واحد آهکی در عمق، تغییرات مقاومت ویژه بارزی در عمق مدل های حاصل از وارون سازی مشاهده می شود. بی هنجاری های موجود در مدل های حاصل از وارون سازی داده های مقاومت ویژه تقریباً در تمامی پروفیل ها مشاهده می شوند و دارای روند تقریبی جنوب غربی - شمال شرقی هستند. تباین بالای مقاومت ویژه در عمق مدل ها در ارتباط با وجود مسیرهای انحلالی، رسوبات موجود و حضور آب در آنها تفسیر شد.

نتایج حاصل از مطالعات GPR در طول پروفیل های مزبور نیز حاکی از تطابق با نتایج حاصل از مطالعات مقاومت ویژه می باشد. در مقاطع پردازش شده GPR بازتاب های با دامنه بالا و متعددی در اعماق مختلف پروفیل ها مشاهده می شود. این بازتاب ها می توانند در ارتباط با حفرات و مسیرهای انحلالی بزرگ در واحد سنگ آهکی باشند. مناطق مزبور با مستطیل های قرمز رنگ بر روی مقاطع پردازش شده GPR در متن گزارش مشخص شده اند. این نواحی که منطبق بر بی هنجاری های با مقاومت ویژه بالا و پایین در مدل مقاومت ویژه هستند، احتمالاً ناشی از بازآوایش امواج در حفرات انحلالی زیرسطحی می باشند. چنین پدیده ای حاصل از بازتاب چندباره امواج داخل

حفرات انحلالی یا شکستگی های نسبتاً بزرگ می باشد که در مقاطع GPR به صورت یکسری از پالس های متوالی با دامنه بالا دیده می شوند. علاوه بر این، بازتاب های دیگری در نقاط مختلف قابل تشخیص هستند که با مستطیل های زرد رنگ مشخص شده اند. این بی هنجاری ها عمدتاً در ارتباط با حفرات یا شکستگی های انحلالی کوچکتز و یا ناپیوستگی در واحدهای آهکی می باشند که با توجه وجود درزه ها، شکستگی ها و گسل های منطقه، قابلیت نفوذ آب در سنگ های کربناته را افزایش داده و به دلیل ضخامت واحد آهکی در این منطقه، می توان توسعه کارست را محتمل دانست. مشخصات نقاط پیشنهادی به منظور تأیید نتایج حاصل از مطالعات ژئوفیزیک و شناسایی امتداد غار مارهموار در جدول ۵-۱ و موقعیت آنها بر روی تصویر ماهواره ای در شکل ۵-۱ آورده شده است. با توجه به موارد ذکر شده فوق، گمانه شناسایی (همگی به صورت قائم) با مشخصات زیر و براساس اولویت پیشنهاد می شوند.

جدول ۵-۱: مشخصات گمانه های پیشنهادی جهت شناسایی امتداد غار مارهموار. تمامی حفاری ها قائم و مختصات در سیستم UTM و استاندارد WGS84 می باشد.

x	y	ایستگاه	عمق	شماره پروفیل حفاری	اولویت حفاری
283772.2	3877357	92.5	40	P15	BH1
283781.9	3877357	102.5	40	P15	BH2
283785	3877386.9	105	45	P45	BH3
283782.6	3877397.4	100	40	P60	BH4
283807	3877396.1	125	40	P60	BH5
283914.3	3877390.3	235	20	P60	BH6



شکل ۵-۱: موقعیت پروفیل های مقاومت ویژه الکتریکی (خطوط قرمز رنگ) به همراه موقعیت جغرافیایی غار کشف شده مارهموار (دایره سفید رنگ) و موقعیت جغرافیایی گمانه های پیشنهادی (دایره زرد رنگ) بر روی تصویر ماهواره ای در محدوده معدن عایق ریل همدان (برگرفته از نرم افزار Google Earth)

تشکر و قدردانی

در اینجا برخود لازم می دانیم از جناب آقای دکتر علیرضا عامری مدیر کل اکتشافات ناحیه ای و مهندس

جعفری رئیس گروه ژئوفیزیک، بخاطر بازخوانی و ارائه راهنمایی های لازم در تهیه گزارش تشکر و قدردانی نماییم.

در انجام این مطالعه، جناب آقای مهندس عباس باقری به عنوان کارشناس با گروه همکاری داشته اند که از ایشان

سپاسگزاری می شود. همچنین از همکاری جناب آقای مهندس خاکی معاونت معدنی سازمان صنعت، معدن و تجارت

استان همدان و پرسنل معدن عایق ریل همدان صمیمانه سپاسگزاری می شود.

پیوست

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P15

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
0	283682.6	3877361.6	39	1774.745	120	283798.9	3877355.7	39	1793.731
5	283687.4	3877361.4	39	1775.946	125	283803.7	3877355.5	39	1793.971
10	283692.3	3877361.1	39	1777.148	130	283808.5	3877355.2	39	1793.731
15	283697.1	3877360.9	39	1778.83	135	283813.4	3877355	39	1797.576
20	283702	3877360.6	39	1780.993	140	283818.2	3877354.7	39	1797.095
25	283706.8	3877360.4	39	1782.676	145	283823.1	3877354.5	39	1795.173
30	283711.6	3877360.2	39	1784.358	150	283827.9	3877354.3	39	1793.971
35	283716.5	3877359.9	39	1786.521	155	283832.8	3877354	39	1792.529
40	283721.3	3877359.7	39	1788.203	160	283837.6	3877353.8	39	1791.568
45	283726.2	3877359.4	39	1789.645	165	283842.5	3877353.5	39	1790.126
50	283731	3877359.2	39	1792.048	170	283847.3	3877353.3	39	1789.165
55	283735.9	3877358.9	39	1794.211	175	283852.1	3877353	39	1787.482
60	283740.7	3877358.7	39	1795.653	180	283857	3877352.8	39	1786.281
65	283745.6	3877358.4	39	1797.336	185	283861.8	3877352.5	39	1784.839
70	283750.4	3877358.2	39	1799.258	190	283866.7	3877352.3	39	1783.877
75	283755.2	3877357.9	39	1799.258	195	283871.5	3877352	39	1782.676
80	283760.1	3877357.7	39	1794.932	200	283876.4	3877351.8	39	1781.234
85	283764.9	3877357.4	39	1794.932	205	283881.2	3877351.5	39	1780.512
90	283769.8	3877357.2	39	1795.653	210	283886.1	3877351.3	39	1780.032
95	283774.6	3877357	39	1795.653	215	283890.9	3877351.1	39	1779.551
100	283779.5	3877356.7	39	1796.134	220	283895.8	3877350.8	39	1779.071
105	283784.3	3877356.5	39	1793.971	225	283900.6	3877350.6	39	1779.311
110	283789.2	3877356.2	39	1794.932	230	283905.4	3877350.3	39	1779.311
115	283794	3877356	39	1793.971	235	283910.3	3877350.1	39	1779.792

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P25

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
0	283681.1	3877372	39	1772.101	120	283798.4	3877363.8	39	1795.653
5	283686	3877371.6	39	1773.303	125	283803.2	3877363.5	39	1795.894
10	283690.9	3877371.3	39	1774.504	130	283808.1	3877363.1	39	1795.894
15	283695.8	3877371	39	1775.946	135	283813	3877362.8	39	1795.894
20	283700.7	3877370.6	39	1777.629	140	283817.9	3877362.5	39	1797.336
25	283705.6	3877370.3	39	1779.311	145	283822.8	3877362.1	39	1800.219
30	283710.4	3877369.9	39	1781.234	150	283827.7	3877361.8	39	1799.499
35	283715.3	3877369.6	39	1782.916	155	283832.5	3877361.4	39	1798.057
40	283720.2	3877369.3	39	1785.56	160	283837.4	3877361.1	39	1797.095
45	283725.1	3877368.9	39	1787.482	165	283842.3	3877360.8	39	1796.134
50	283730	3877368.6	39	1789.165	170	283847.2	3877360.4	39	1794.692
55	283734.9	3877368.2	39	1791.087	175	283852.1	3877360.1	39	1793.01
60	283739.7	3877367.9	39	1792.769	180	283857	3877359.7	39	1792.529
65	283744.6	3877367.6	39	1794.452	185	283861.8	3877359.4	39	1790.847
70	283749.5	3877367.2	39	1796.615	190	283866.7	3877359.1	39	1790.366
75	283754.4	3877366.9	39	1798.297	195	283871.6	3877358.7	39	1789.165
80	283759.3	3877366.5	39	1795.653	200	283876.5	3877358.4	39	1787.963
85	283764.2	3877366.2	39	1795.173	205	283881.4	3877358	39	1786.761
90	283769	3877365.9	39	1796.374	210	283886.3	3877357.7	39	1785.8
95	283773.9	3877365.5	39	1796.615	215	283891.2	3877357.4	39	1784.598
100	283778.8	3877365.2	39	1796.615	220	283896	3877357	39	1783.877
105	283783.7	3877364.8	39	1797.576	225	283900.9	3877356.7	39	1782.916
110	283788.6	3877364.5	39	1797.095	230	283905.8	3877356.3	39	1781.955
115	283793.5	3877364.2	39	1795.894	235	283910.7	3877356	39	1781.234

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P35

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
0	283680.3	3877382.5	39	1772.5	120	283799.8	3877375.7	39	1796.095
5	283685.2	3877382.3	39	1773.504	125	283804.8	3877375.4	39	1796.336
10	283690.2	3877382	39	1774.706	130	283809.8	3877375.1	39	1794.894
15	283695.2	3877381.7	39	1775.908	135	283814.8	3877374.8	39	1795.134
20	283700.2	3877381.4	39	1778.311	140	283819.7	3877374.6	39	1795.374
25	283705.2	3877381.1	39	1780.234	145	283824.7	3877374.3	39	1798.979
30	283710.1	3877380.8	39	1781.435	150	283829.7	3877374	39	1797.816
35	283715.1	3877380.5	39	1783.598	155	283834.7	3877373.7	39	1796.855
40	283720.1	3877380.3	39	1786.242	160	283839.7	3877373.4	39	1795.653
45	283725.1	3877380	39	1788.645	165	283844.6	3877373.1	39	1794.211
50	283730.1	3877379.7	39	1789.847	170	283849.6	3877372.8	39	1793.25
55	283735.1	3877379.4	39	1791.529	175	283854.6	3877372.6	39	1791.808
60	283740	3877379.1	39	1793.452	180	283859.6	3877372.3	39	1790.606
65	283745	3877378.8	39	1795.855	185	283864.6	3877372	39	1789.405
70	283750	3877378.5	39	1797.537	190	283869.5	3877371.7	39	1788.444
75	283755	3877378.3	39	1798.979	195	283874.5	3877371.4	39	1787.242
80	283760	3877378	39	1799.46	200	283879.5	3877371.1	39	1786.04
85	283764.9	3877377.7	39	1795.855	205	283884.5	3877370.9	39	1785.56
90	283769.9	3877377.4	39	1796.336	210	283889.5	3877370.6	39	1784.358
95	283774.9	3877377.1	39	1797.057	215	283894.5	3877370.3	39	1783.637
100	283779.9	3877376.8	39	1797.537	220	283899.4	3877370	39	1782.435
105	283784.9	3877376.6	39	1797.537	225	283904.4	3877369.7	39	1781.714
110	283789.8	3877376.3	39	1797.297	230	283909.4	3877369.4	39	1780.993
115	283794.8	3877376	39	1796.816	235	283914.4	3877369.1	39	1780.272

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P45

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
0	283683.2	3877394.5	39	1772.5	120	283799.5	3877385.8	39	1795.444
5	283688	3877394.1	39	1773.504	125	283804.4	3877385.4	39	1796.885
10	283692.9	3877393.8	39	1774.706	130	283809.2	3877385.1	39	1800.01
15	283697.7	3877393.4	39	1775.908	135	283814.1	3877384.7	39	1795.203
20	283702.6	3877393	39	1778.311	140	283818.9	3877384.3	39	1794.722
25	283707.4	3877392.7	39	1780.195	145	283823.8	3877384	39	1796.289
30	283712.3	3877392.3	39	1782.156	150	283828.6	3877383.6	39	1797.49
35	283717.1	3877391.9	39	1783.839	155	283833.5	3877383.3	39	1796.529
40	283722	3877391.6	39	1785.761	160	283838.3	3877382.9	39	1795.087
45	283726.8	3877391.2	39	1787.684	165	283843.2	3877382.5	39	1793.645
50	283731.7	3877390.9	39	1789.606	170	283848	3877382.2	39	1792.203
55	283736.5	3877390.5	39	1791.289	175	283852.9	3877381.8	39	1791.001
60	283741.4	3877390.1	39	1792.971	180	283857.7	3877381.5	39	1790.04
65	283746.2	3877389.8	39	1795.134	185	283862.6	3877381.1	39	1789.079
70	283751.1	3877389.4	39	1796.576	190	283867.4	3877380.7	39	1787.877
75	283755.9	3877389.1	39	1796.816	195	283872.3	3877380.4	39	1786.435
80	283760.7	3877388.7	39	1797.778	200	283877.1	3877380	39	1785.714
85	283765.6	3877388.3	39	1794.258	205	283882	3877379.6	39	1784.512
90	283770.4	3877388	39	1794.653	210	283886.8	3877379.3	39	1783.551
95	283775.3	3877387.6	39	1794.894	215	283891.7	3877378.9	39	1782.35
100	283780.1	3877387.2	39	1795.615	220	283896.5	3877378.6	39	1781.148
105	283785	3877386.9	39	1797.778	225	283901.4	3877378.2	39	1780.187
110	283789.8	3877386.5	39	1798.018	230	283906.2	3877377.8	39	1779.225
115	283794.7	3877386.2	39	1796.576	235	283911.1	3877377.5	39	1778.024

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P60

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
0	283685	3877402.6	39	1773.745	120	283802.1	3877396.3	39	1804.266
5	283689.9	3877402.4	39	1774.706	125	283807	3877396.1	39	1803.545
10	283694.8	3877402.1	39	1776.388	130	283811.9	3877395.8	39	1802.344
15	283699.7	3877401.8	39	1778.311	135	283816.8	3877395.6	39	1801.623
20	283704.5	3877401.6	39	1779.272	140	283821.6	3877395.3	39	1800.181
25	283709.4	3877401.3	39	1781.435	145	283826.5	3877395	39	1799.219
30	283714.3	3877401.1	39	1783.118	150	283831.4	3877394.8	39	1798.499
35	283719.2	3877400.8	39	1784.8	155	283836.3	3877394.5	39	1797.297
40	283724.1	3877400.5	39	1787.203	160	283841.2	3877394.2	39	1796.095
45	283728.9	3877400.3	39	1788.885	165	283846	3877394	39	1795.134
50	283733.8	3877400	39	1790.808	170	283850.9	3877393.7	39	1793.932
55	283738.7	3877399.7	39	1792.49	175	283855.8	3877393.5	39	1792.971
60	283743.6	3877399.5	39	1793.692	180	283860.7	3877393.2	39	1791.769
65	283748.5	3877399.2	39	1795.374	185	283865.6	3877392.9	39	1790.568
70	283753.3	3877399	39	1796.816	190	283870.4	3877392.7	39	1789.126
75	283758.2	3877398.7	39	1797.778	195	283875.3	3877392.4	39	1788.645
80	283763.1	3877398.4	39	1799.94	200	283880.2	3877392.2	39	1787.444
85	283768	3877398.2	39	1801.382	205	283885.1	3877391.9	39	1786.722
90	283772.9	3877397.9	39	1802.103	210	283889.9	3877391.6	39	1786.001
95	283777.7	3877397.7	39	1803.065	215	283894.8	3877391.4	39	1785.761
100	283782.6	3877397.4	39	1804.026	220	283899.7	3877391.1	39	1785.04
105	283787.5	3877397.1	39	1804.747	225	283904.6	3877390.8	39	1784.56
110	283792.4	3877396.9	39	1804.987	230	283909.5	3877390.6	39	1783.839
115	283797.2	3877396.6	39	1804.987	235	283914.3	3877390.3	39	1782.877

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P70

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
0	283682.5	3877413.4	39	1774.706	120	283799.3	3877408.7	39	1801.863
5	283687.4	3877413.2	39	1775.667	125	283804.1	3877408.5	39	1801.382
10	283692.2	3877413	39	1776.869	130	283809	3877408.3	39	1800.661
15	283697.1	3877412.8	39	1778.792	135	283813.9	3877408.1	39	1799.7
20	283702	3877412.6	39	1780.234	140	283818.7	3877407.9	39	1798.499
25	283706.8	3877412.4	39	1781.676	145	283823.6	3877407.7	39	1797.537
30	283711.7	3877412.2	39	1783.358	150	283828.4	3877407.5	39	1796.816
35	283716.5	3877412	39	1784.56	155	283833.3	3877407.3	39	1795.855
40	283721.4	3877411.8	39	1786.722	160	283838.2	3877407.1	39	1794.894
45	283726.3	3877411.6	39	1788.165	165	283843	3877406.9	39	1793.932
50	283731.1	3877411.4	39	1789.847	170	283847.9	3877406.7	39	1792.971
55	283736	3877411.2	39	1791.529	175	283852.8	3877406.5	39	1792.01
60	283740.9	3877411	39	1793.211	180	283857.6	3877406.3	39	1790.568
65	283745.7	3877410.8	39	1794.653	185	283862.5	3877406.1	39	1789.847
70	283750.6	3877410.6	39	1796.095	190	283867.4	3877405.9	39	1788.405
75	283755.5	3877410.4	39	1797.297	195	283872.2	3877405.7	39	1787.684
80	283760.3	3877410.2	39	1798.258	200	283877.1	3877405.5	39	1786.963
85	283765.2	3877410	39	1799.7	205	283882	3877405.3	39	1786.722
90	283770.1	3877409.8	39	1799.94	210	283886.8	3877405.1	39	1785.761
95	283774.9	3877409.6	39	1801.142	215	283891.7	3877404.9	39	1785.281
100	283779.8	3877409.4	39	1801.863	220	283896.6	3877404.7	39	1784.8
105	283784.7	3877409.2	39	1802.584	225	283901.4	3877404.5	39	1784.319
110	283789.5	3877409.1	39	1803.305	230	283906.3	3877404.3	39	1783.118
115	283794.4	3877408.9	39	1802.103	235	283911.2	3877404.1	39	1782.397

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P90v

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
-85	283767.4	3877249.8	39	1787.203	35	283775	3877378	39	1797.057
-80	283767.7	3877255.1	39	1788.885	40	283775.3	3877383.3	39	1797.057
-75	283768.1	3877260.5	39	1789.606	45	283775.6	3877388.7	39	1800.661
-70	283768.4	3877265.8	39	1790.568	50	283775.9	3877394	39	1800.181
-65	283768.7	3877271.1	39	1792.25	55	283776.3	3877399.3	39	1798.979
-60	283769	3877276.5	39	1792.971	60	283776.6	3877404.7	39	1798.258
-55	283769.3	3877281.8	39	1793.932	65	283776.9	3877410	39	1797.537
-50	283769.6	3877287.2	39	1793.932	70	283777.2	3877415.4	39	1797.537
-45	283770	3877292.5	39	1794.653	75	283777.5	3877420.7	39	1795.855
-40	283770.3	3877297.8	39	1794.894	80	283777.8	3877426.1	39	1794.894
-35	283770.6	3877303.2	39	1795.374	85	283778.1	3877431.4	39	1793.692
-30	283770.9	3877308.5	39	1795.615	90	283778.5	3877436.7	39	1792.731
-25	283771.2	3877313.9	39	1796.336	95	283778.8	3877442.1	39	1792.01
-20	283771.5	3877319.2	39	1797.057	100	283779.1	3877447.4	39	1791.048
-15	283771.8	3877324.6	39	1797.297	105	283779.4	3877452.8	39	1790.087
-10	283772.2	3877329.9	39	1797.057	110	283779.7	3877458.1	39	1789.606
-5	283772.5	3877335.2	39	1797.778	115	283780	3877463.4	39	1788.165
0	283772.8	3877340.6	39	1797.778	120	283780.3	3877468.8	39	1786.963
5	283773.1	3877345.9	39	1797.537	125	283780.7	3877474.1	39	1785.761
10	283773.4	3877351.3	39	1797.297	130	283781	3877479.5	39	1784.8
15	283773.7	3877356.6	39	1796.336	135	283781.3	3877484.8	39	1783.598
20	283774	3877362	39	1797.057	140	283781.6	3877490.2	39	1783.358
25	283774.4	3877367.3	39	1797.057	145	283781.9	3877495.5	39	1782.637
30	283774.7	3877372.6	39	1797.297	150	283782.2	3877500.8	39	1781.676

مشخصات ایستگاه‌های پروفیل P115v

Station	Easting	Northing	Zone	Elevation	Station	Easting	Northing	Zone	Elevation
-85	283792.6	3877256.7	39	1792.499	35	283797	3877375.9	39	1798.266
-80	283792.7	3877261.6	39	1792.739	40	283797.2	3877380.9	39	1796.844
-75	283792.9	3877266.6	39	1793.46	45	283797.4	3877385.9	39	1797.786
-70	283793.1	3877271.6	39	1793.94	50	283797.6	3877390.8	39	1799.661
-65	283793.3	3877276.5	39	1794.421	55	283797.8	3877395.8	39	1799.181
-60	283793.5	3877281.5	39	1795.142	60	283797.9	3877400.8	39	1798.7
-55	283793.7	3877286.5	39	1795.623	65	283798.1	3877405.7	39	1798.46
-50	283793.9	3877291.5	39	1796.344	70	283798.3	3877410.7	39	1797.739
-45	283794	3877296.4	39	1797.786	75	283798.5	3877415.7	39	1796.778
-40	283794.2	3877301.4	39	1798.266	80	283798.7	3877420.6	39	1796.297
-35	283794.4	3877306.4	39	1798.987	85	283798.9	3877425.6	39	1795.336
-30	283794.6	3877311.3	39	1799.948	90	283799.1	3877430.6	39	1794.134
-25	283794.8	3877316.3	39	1800.67	95	283799.2	3877435.6	39	1793.413
-20	283795	3877321.3	39	1800.189	100	283799.4	3877440.5	39	1792.692
-15	283795.2	3877326.2	39	1799.948	105	283799.6	3877445.5	39	1792.211
-10	283795.3	3877331.2	39	1797.305	110	283799.8	3877450.5	39	1791.25
-5	283795.5	3877336.2	39	1797.305	115	283800	3877455.4	39	1790.289
0	283795.7	3877341.1	39	1796.824	120	283800.2	3877460.4	39	1789.327
5	283795.9	3877346.1	39	1796.584	125	283800.4	3877465.4	39	1787.885
10	283796.1	3877351.1	39	1795.142	130	283800.5	3877470.3	39	1786.684
15	283796.3	3877356	39	1796.344	135	283800.7	3877475.3	39	1785.963
20	283796.5	3877361	39	1797.305	140	283800.9	3877480.3	39	1785.963
25	283796.6	3877366	39	1796.584	145	283801.1	3877485.2	39	1785.963
30	283796.8	3877371	39	1797.545	150	283801.3	3877490.2	39	1786.924