گزارش قرارداد پژوهشی

برداشت، مدلسازی و تفسیر داده‌های مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون‌القایی اندیس معدنی مس انار (کرمان)

تهیه کننده:

علیرضا عرب امیری (عضوهیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود)

با همکاری

کاوه طالبی (عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود)

(زمستان ۱۳۸۳)

فهـــــــــرست منـــــــدرجـــــات

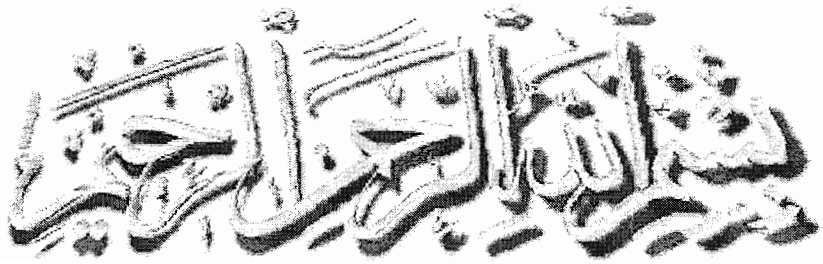
عنـــــــــوان		صفحه
	نحوه انجام مطالعات	۶
۱-۱	مقدمه	۷
۱-۲	اهداف پروژه	۸
۱-۳	موقعیت محدوده مورد مطالعه و راههای دسترسی	۹
۱-۳-۱	موقعیت محدوده موردمطالعه	۹
۱-۳-۲	آب و هوای منطقه	۹
۱-۳-۳	راههای ارتباطی به محدوده	۹
۱-۴	سوابق مطالعات و بررسیهای انجام شده در ناحیه مورد مطالعه	۱۱
۱-۵	زمین شناسی عمومی محدوده مورد مطالعه	۱۲
۲-۱	روشهای ژئوفیزیکی مناسب	۱۶
۲-۱-۱	آرایش الکترودی مناسب	۱۶
۲-۱-۲	آرایش دوقطبی- دوقطبی (Dipole - Dipole)	۱۷
۲-۲	طراحی شبکه برداشت	۱۸
۲-۳	ارائه داده‌های خام	۲۲
۲-۴	مدلسازی داده‌ها	۲۶
۲-۵	تعبیر و تفسیر نتایج مدل‌سازی‌ها	۲۷
۲-۵-۱	پروفیل mehr۰۱	۲۸
۲-۵-۲	پروفیل mehr۰۲	۳۴
۲-۵-۳	پروفیل mehr۰۳	۳۷
۳-۱	نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۴۲
۳-۱-۱	نتایج	۴۲
۳-۱-۲	پیشنهادات	۴۴
۳-۱-۳	پیشنهاد حفاری	۴۵
۴-۱	منابع	۴۷

فهـــــــــــرست اشکال و جداول

	عنـــــــــــوان	صفحه
جدول۱-۱	مختصات ناحیه ثبت شده	۹
۱-۱	حدود قرارگیری اندیس مورد مطالعه	۱۰
۱-۲	نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه	۱۴
۱-۳	راهنمای نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه	۱۵
۲-۱	شمای کلی آرایش دوقطبی- دوقطبی	۱۷
جدول ۲ - ۱	مشخصات پروفیلهای برداشت شده	۱۸
۲ - ۲	توپوگرافی محدوده موردمطالعه و موقعیت پروفیل‌های برداشت	۱۹
جدول ۲ - ۲	موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در پروفیل mehr۰۱	۲۰
جدول ۲ - ۳	موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در پروفیل mehr۰۲	۲۰
جدول ۲ - ۴	موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در پروفیل mehr۰۳	۲۱
۲-۳	شبه مقاطع داده‌های خام پروفیل mehr۰۱	۲۳
۲-۴	شبه مقاطع داده‌های خام پروفیل mehr۰۲	۲۴
۲-۵	شبه مقاطع داده‌های خام پروفیل mehr۰۳	۲۵
۲-۶	شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار مقاومت‌ویژه پروفیل mehr۰۱	۳۰
۲-۷	شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار شارژابیلیته پروفیل mehr۰۱	۳۱
۲-۸	مقاطع معکوس سازی هموار پروفیل mehr۰۱ روی سطح توپوگرافی	۳۲
۲-۹	مقاطع معکوس سازی هموار پروفیل mehr۰۲ روی سطح توپوگرافی	۳۵
۲-۱۰	شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار مقاومت‌ویژه پروفیل mehr۰۳	۳۸
۲-۱۱	شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار شارژابیلیته پروفیل mehr۰۳	۳۹
۲-۱۲	مقاطع معکوس سازی هموار پروفیل mehr۰۳ روی سطح توپوگرافی	۴۰
۳-۱	نمایی از پروفیل‌های برداشت بهمراه موقعیت احتمالی یک شکستگی عمده در این محدوده	۴۳

فهـــــــــــرست اشکال و جداول

	عنـــــــــــوان	صفحه
۳-۲	پروفیل mehr۰۱ بهمراه محل پیشنهادی برای حفاری	۴۵
جدول ۳ - ۱	مشخصات گمانه پیشنهادی برای پروفیل mehr۰۱	۴۶



نحوه انجام مطالعات

انجام مطالعات، این طرح در قالب قرارداد پژوهشی ۵۰/۴۳۳۳ مورخ ۸۳/۸/۱۲ فی‌مابین معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه صنعتی شاهرود آقای دکتر حبیب‌الله قاسمی و شرکت تعاونی خدمات صنعتی و معدنی لباب کویر به نمایندگی آقای محسن‌مهرالحسنی و متعاقب آن قرارداد پژوهشی ۵۰/۲۰۶۶ مورخ ۸۲/۳/۲۹ فی ما بین دکتر حبیب الله قاسمی، علیرضا عرب‌امیری و کاوه طالبی اعضا هیات علمی دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک به اجراء درآمد.

۱-۱- مقدمه

نیاز بشر باعث تکاپو و جنبش او شده و رشد خلاقیتهای او را موجب شده است. در این گذر نیاز روزافزون و بی‌پایان به موادمعدنی اعم از فلزی یا غیرفلزی، مواد انرژی‌زا و آب باعث شده تا روشهای نوینی برای جستجوی آنها طراحی و بکارگرفته شود. بدون شک یکی از ساختارهای اساسی تمدن بشری بر پایه وجود فلزات پایه نظیر آهن، مس، سرب، روی و ... بناشده و چرخ تولید آنها را مواد انرژی‌زایی همچون نفت، گاز، ذغالسنگ، اورانیم و ... به حرکت درمی‌آورند؛ که همگی از دل زمین تیره بیرون کشیده می‌شوند .

اما از آنجا که منابع سهل‌الوصول سطحی به مرور با روشهای ساده کشف‌شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است و حتی مقادیر متنابهی از آنها خاتمه یافته است؛ لذا برای تداوم بقای صنعتی نیازمند بکارگیری روشهای پیشرفته‌تر و پیچیده‌تری هستیم، تا ما را در کشف منابع زیرزمینی و مدفون یاری دهند.

امروزه صرفاً با بکارگیری اطلاعات زمین‌شناسی سطحی نمی‌توان منابع‌معدنی مدفون را جستجو نمود؛ لذا بهره‌مندی از روش‌های دقیقتر و حتی استفاده از روش‌های غیرمستقیم اکتشافی توصیه می‌شوند. روشهای ژئوفیزیکی از جمله روشهای مناسبی است که در پی‌جوئی منابع مذکور کمک شایانی می‌کنند. امروزه تقریباً در تمامی مراحل عملیات اکتشافی موادمعدنی، نفت، گاز و آب از این روشها بهره می‌برند و این روشها همواره از روشهای ارزان و قابل اعتماد و در بسیاری موارد باعث کاهش ریسکهای بزرگ سرمایه‌گذاری بوده‌اند .

۱-۲- اهداف پروژه

بد نیست خاطر نشان گردد مطالعه ژئوفیزیکی در منطقه مورد برداشت در مراحل اولیه پی‌جوئی قراردارد بدین معنی که پی‌گردی‌های اولیه در منطقه انجام شده، در چند نقطه از منطقه برونزدهای اولیه، آثار معدنکاری شدادی، سرباره مس و کوره‌های ذوب فلزات دیده‌شده، است. حال سعی می‌شود در مناطقی که برونزدها گسترش بیشتری دارند، عملیات ژئوفیزیکی انجام شود تا نتایج معتبرتری حاصل شود. البته توجه دارید که این روشهای مطالعه غالباً در گروه مطالعات غیرمستقیم اکتشافی است و همواره برای ارزیابی روشهای غیرمستقیم، بکارگیری مطالعات مستقیم اکتشافی (در مراحل نخست با شبکه بزرگتر) نیاز است. از روشهای مستقیم اکتشافی می‌توان به استفاده از تونلهای اکتشافی، حفاری اکتشافی و ... اشاره کرد. ازآنجا که پی‌جوئی کانسارهای مس مدنظر بود و این کانسارها در منطقه عموماً ماهیت افشان داشتند، لذا بهترین روش مطالعه ژئوفیزیک، روش اندازه‌گیری پلاریزاسیون‌القایی (Induced Polarization) و در درجه بعد، اندازه‌گیری مقاومت‌مخصوص الکتریکی (Resistivity) بود.

طراحی مرحله اول برداشت صورت گرفت و کار برداشت ژئوفیزیکی در ناحیه مورد مطالعه بر روی بزرگترین آنومالیهای سطحی مشاهده‌شده انجام شد. برای صرف حداقل هزینه و بکارگیری حداکثر اطلاعات سه پروفیل طراحی و کار برداشت ژئوفیزیکی درمدتی نزدیک به یک هفته با یک اکیپ کارشناس دانشگاه صنعتی شاهرود، انجام شد. مرحله بعد تجزیه و تحلیل داده‌های خام حاصل از برداشتهای صحرایی و سایر مراحل مورد نیاز بود که در بخشهای بعدی همین گزارش به آنها اشاره می‌شود.

۱-۳ – موقعیت محدوده مورد مطالعه و راههای دسترسی

۱-۳-۱ – موقعیت محدوده موردمطالعه

اندیس موردمطالعه در محدوده جغرافیایی طرح اکتشافی شماره ۲۳۴۳۸ مورخه ۱۳۸۱ ۱۲ ۱۸ سازمان صنایع و معادن استان کرمان و در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انار به مختصات جدول (۱-۱) واقع شده است.

جدول ۱-۱- مختصات ناحیه ثبت شده

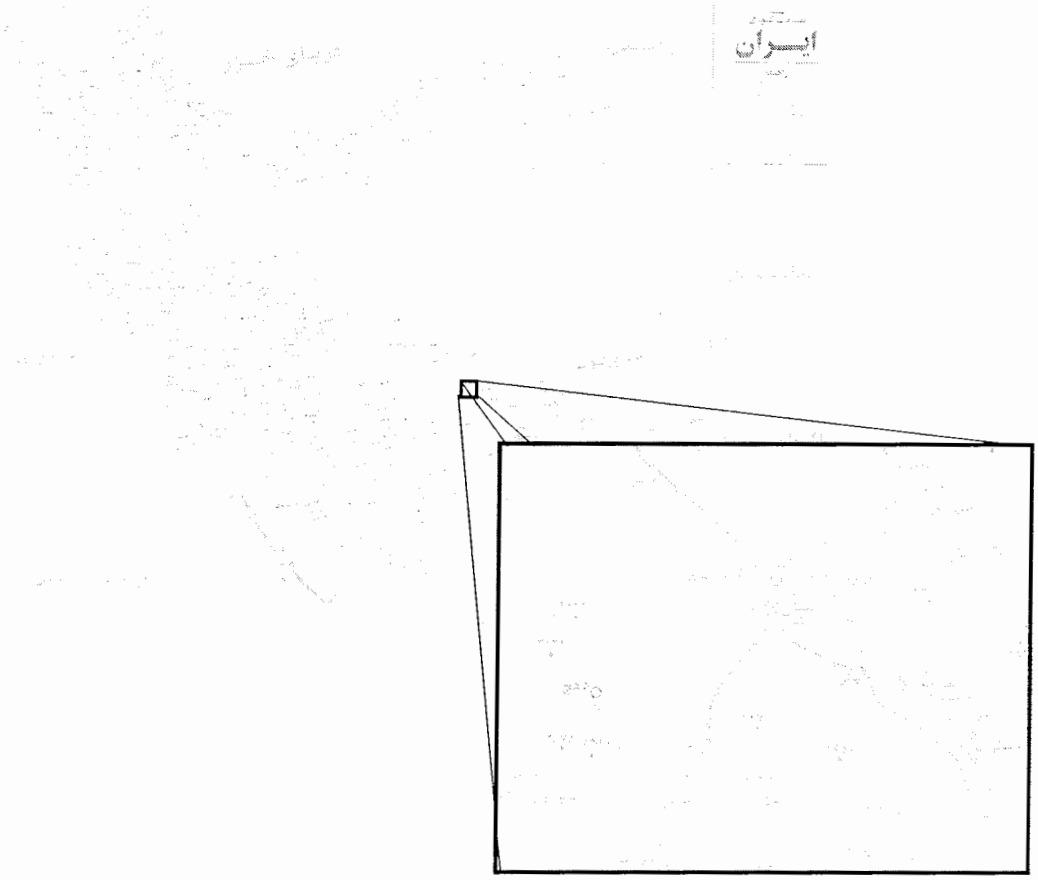
رئوس	A	B	C	D	E	F
طول جغرافیایی	۵۵ ۱۱ ٤۵	۵۵ ۱۱ ٤۵	۵۵ ۱۵ ۰۰	۵۵ ۱۵ ۰۰	۵۵ ۱۳ ٤۳	۵۵ ۱۳ ٤۳
عرض جغرافیایی	۳۰ ۳٤ ۲۱	۳۰ ۳۵ ٤۶	۳۰ ۳۵ ٤۶	۳۰ ۳۳ ٤۸	۳۰ ۳۳ ٤۸	۳۰ ۳٤ ۲۱

۱-۳ – ۲ – آب و هوای منطقه

آب و هوای نواحی کوهستانی منطقه انار، آب و هوای معتدل کوهستانی است و تنها در یک یا دو ماه از فصل زمستان پوشیده از برف است. اما در نواحی کم‌ارتفاع و هموار و در نواحی کویری این منطقه نظیر نواحی اطراف بیاض و انار، آب و هوا گرم و خشک کویری می‌باشد.

۱-۳ – ۳ – راههای ارتباطی به محدوده

برای دسترسی به محدوده موردمطالعه دو راه اصلی وجود دارد. جاده اول در مسیر شوسه رفسنجان به انار واقع شده که پس از عبور از دهستان حسین‌آباد و طی مسیر ۲۷ کیلومتر در جاده خاکی جیپ‌رو و در جهت جنوب غرب شهرستان انار، به اندیس مربوطه می‌رسیم. جاده دوم در مسیر آسفالته انار به شهربابک واقع شده که پس از طی ۴۰ کیلومتر از این مسیر به سمت چپ تغییر مسیر داده و با طی ۱۲ کیلومتر جاده خاکی به اندیس موردنظر می‌رسیم. شکل (۱-۱) نمایانگر حدود قرارگیری اندیس موردمطالعه در نقشه ایران و نقشه راههای موجود در منطقه است.



شکل ۱-۱- حدود قرارگیری اندیس مورد مطالعه

نزدیکی نسبی محدوده به جاده آسفالته مناسب، محدوده معدنی مس میدوک، پاسگاه انتظامی، وجود نیروهای کارگری جوان، نزدیکی به خطوط انتقال برق و تلفن و ... از امتیازات مهم این محدوده است.

۱-۴ – سوابق مطالعات و بررسیهای انجام شده در ناحیه مورد مطالعه

سابقه تحقیقات و مطالعات اکتشافی در ناحیه موردمطالعه به فعالیتهای معدنکاری شدادی مس و فیروزه می‌رسد. چنانکه تنها در محدوده برداشت‌های ژئوفیزیکی حاضر، سه تا چهارکوره ذوب مس و پراکندگی‌های وسیعی از سرباره مس دیده می‌شود. همچنین در همین منطقه آثار دو دهانه تونل زیرزمینی استخراج‌های شدادی ملاحظه می‌شود.

اما در چهارگوشه ۱:۲۵۰۰۰۰ انار خصوصاً در مناطق شرقی و مرکزی؛ آثار کانه‌زایی‌های مختلفی گزارش شده که برخی از مهمترین آنها ناحیه معدنی میدوک است این ناحیه شامل کانسارهای لاچاد، سارا، چاه‌مسی و چهل‌دختران است؛ که تقریباً در فاصله ۳۴ کیلومتری شمال شهربابک و در زون آتشفشانی و نفوذی ارومیه‌دختر واقع شده است؛ و احتمالاً در یک کمربند تکتونیکی زون فرورانده حاشیه قاره‌ای قرار دارد.

کانسارهای لاچاه، سارا، چاه‌مسی و چهل‌دختران است؛ که تقریباً در فاصله ۳۴ کیلومتری شمال شهربابک و در زون آتشفشانی و نفوذی ارومیه‌دختر واقع شده است؛ و احتمالاً در یک کمربند تکتونیکی زون فرورانده حاشیه قاره‌ای قرار دارد.

در این ناحیه کانه‌زایی عمدتاً شامل مس پرفیری از نوع منزونیتی است؛ که در پیوند با نفوذ توده‌های نیمه‌ژرف با ترکیب میکروگرانودیوریت پرفیری اوخر نئوژن بوجود آمده است. بهترین گواه این موضوع را می‌توان در معدن لاچاه مشاهده نمود. در این ناحیه دگرسانی‌های پتاسیک و کوارتز سریسیتی‌شده در نواحی مرکزی و زون پروپلیتیک در کناره‌ها واقع شده است. همچنین رگه‌های متعدد معدنی از نوع کالکوپیریت، پیریت، کربنات مس و گالن در کناره‌ها، زون‌های دگرسان را قطع نموده‌است. سنگهای همبر معدن که زمینه را تشکیل داده‌اند؛ شامل ردیف سنگهای آتشفشانی، آذرآواری و در برخی نقاط رسوبی ائوسن است. که البته در این ناحیه به سمت جنوب‌غربی شیب دارند و مجموعاً تاقدیس بازی را تشکیل داده‌اند؛ که فلیش‌های کرتاسه بالایی در مرکز آنها قرار دارد. جریان‌های گدازه وگدازه‌های برشی همراه با سنگ‌های آذر آواری ائوسن با ترکیب عمومی ترکی‌آندزیت- تراکی‌بازالت است و توده‌های نفوذی با ترکیب اسیدی آنها را قطع نموده است. همچنین محلول‌های گرمابی، آبهای ماگمایی و سلفورها باعث دگرسانی‌های متفاوتی شده و کانی‌ها بصورت توده‌هایی بر روی سنگهای نفوذی تشکیل شده است. البته نوعی کانی‌سازی رگه‌ای در پیرامون توده‌های نفوذی بوجود آمده که نمونه‌هایی از این نوع کانه‌زایی در کانسار چاه مسی قابل رویت است. کانی‌سازی مس در این ناحیه با معدن فعال مس سرچشمه همانندی بسیاری دارد.

۱-۵ –زمین شناسی عمومی محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از کمربند آتشفشانی ارومیه_ دختر می‌باشد. زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه بر اساس مشاهدات صحرایی و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ انار به ترتیب سن از قدیم به جدید بشرح آتی است:

ـ فلیش‌های کرتاسه بالایی

رسوبات مربوط به بخش عمده‌ای از مناطق کوهستانی در جنوب و شمال‌شرقی چهارگوشه ۱:۱۰۰۰۰۰ انار شامل فلیش‌های کرتاسه بالایی است؛ که فسیل‌های متعددی نیز در آنها قابل رویت می‌باشد. در بخش جنوبی منطقه این فلیش‌ها شامل کالک‌آرنیت بسیار دانه‌ریز، بیو اسپارایت، گری‌وک‌های بسیار دانه‌ریز و مارن است. در این واحد زمین‌شناسی سنگ‌های دانه درشت تقریباً وجود ندارند و لایه‌بندی بندرت قابل تشخیص است. قسمتهای پایین‌تر این واحد نشان‌دهنده ساختارهای رسوبی با منشا مکانیکی می‌باشند.

در منطقه بدبخت کوه این فلیش‌ها دارای بیواسپاریت‌های کمی دگرگون شده دانه‌ریز تا متوسط خاکستری رنگ تیره، گری‌وک‌های دانه‌ریز با کربنات بالا و مارن می‌باشد.

ـ کنگولومرای کرمان

این واحد تنها در بخش شمال‌شرقی این برگه در ناودیس بدبخت کوه بصورت غیردگرشیب بر روی فلیش‌های کرتاسه بالایی قرار دارد که این مجموعه توسط ولکانیک‌های ائوسن میانی پوشیده شده است. ضخامت این واحد در حدود صد متر تخمین زده می‌شود که بشکل توده‌ای بنظر می‌رسد. از نظر ابعاد قطعات کنگولومرا در ابعاد دو تا صد سانتیمتر است. که گردشدگی دانه‌ها در بالاترین حد ممکن است و گردترین دانه‌ها در کنگولومرا قطعات آهک و قلوه‌سنگ می‌باشد. ترکیب شیمیایی این قطعات بسیار متغییر و متنوع می‌باشد.

در بخش جنوب‌شرقی این ناحیه نزدیک قدرت‌آباد، بخشی از فلیش‌ها با سن ائوسن معرفی می‌شود که احتمالاًجزئی از مجموعه آتشفشانی-رسوبی ائوسن می‌باشد.

ـ کنگولومرای ائوسن

این واحد تنها در گوشه جنوب‌شرقی این برگه دیده شده است. این کنگولومرا شامل قطعات فلیش با قلوه‌سنگ‌های فراوان آهکی حاوی فسیل‌های نومولیت و آلوولینا می‌باشد.

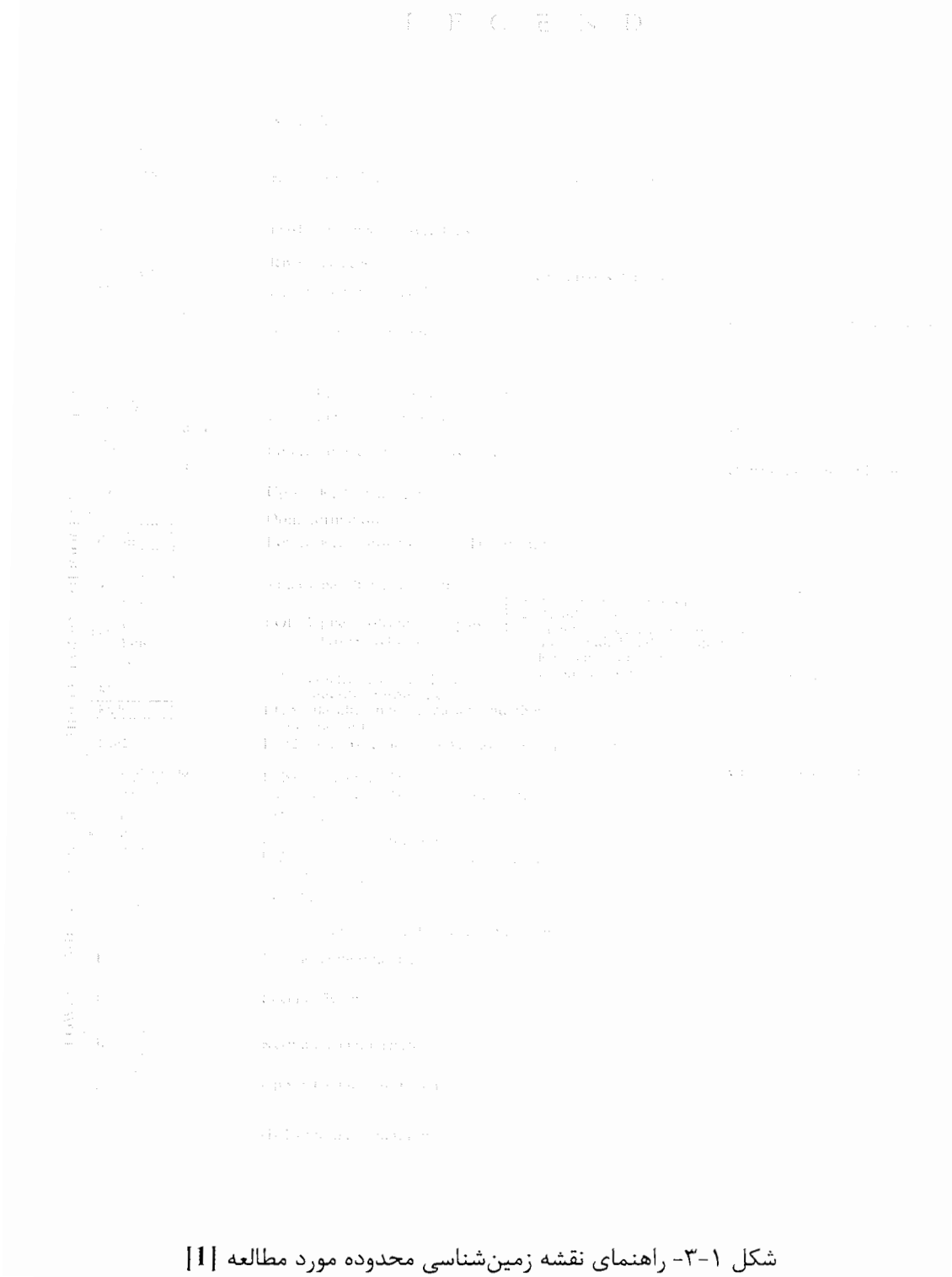
ـ مجموعه آتشفشانی- رسوبی ائوسن

این مجموعه بخش جنوب غربی این ناحیه را دربر گرفته است؛ و به سه بخش عمده تقسیم می‌شود؛ پایین‌ترین بخش این مجموعه با کنگولومرایی که همراه با جریان گدازه‌ای نادر با ترکیب تراکی‌آندزیت-بازالت است، شروع می‌شود. در اطراف روستای تزرج کنگولومراها با یک مجموعه رسوبات که در سایر نواحی دیده نمی‌شود؛ پوشیده می‌شود. ادامه این مجموعه با ماسه‌سنگی کوارتزی است که در حدود سی‌متر ضخامت دارد و یک افق راهنمای مناسب محسوب می‌شود. این واحدهای زمین‌شناسی در بالا با توف‌های آندزیتی خاکستری تیره که در حدود دویست‌متر ضخامت دارند و توف‌های آندزیتی با میان لایه‌های آهکی نازک که حدود صد متر ضخامت دارند؛ پوشیده می‌شوند. در قسمت بالاتر این مجموعه یک افق ناپیوسته آهک زرد نومولیتی با ضخامت اندک (چند متر) با سن ائوسن بالایی وجود دارد.

بخش میانی این مجموعه با رسوبات آذرآواری شروع می‌شود؛ که شامل افق‌های توفی زرد رنگ است. این توف‌ها بوسیله بازالت و آندزیت- بازالت و در بالاتر تراکی- بازالت پوشیده می‌شود. رنگ این تشکیلات ارغوانی خاکستری و قرمز قهوه‌ای می‌باشد و دارای بافت پرفیری هولوکریستالین می‌باشد.

بخش بالای این مجموعه از نظر سنگ‌شناختی بسیار متغییر است و با کنگولومرایی که عمدتاً از قلوه‌سنگهای آتشفشانی تشکیل شده؛ شروع می‌شود که در زیر آن، تراکی بازالتها دیده می‌شوند و در بخش‌هایی این کنگولومراهای نازک با تراکی‌آندزیت- بازالت که از ماگمای بازیک

شکل ۱-۲- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه[۱]



شکل ۱-۳- راهنمای نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه [1]

۲-۱- روشهای ژئوفیزیکی مناسب

مناسبترین روش برای تشخیص و مکانیابی ذخایر سولفوری افشان، اندازه‌گیری پلاریزاسیون‌القایی (IP) است. در روش IP بعد از قطع ناگهانی جریان ارسالی به زمین اختلاف پتانسیل فوراً صفر نمی‌شود بلکه بعد از قطع جریان ابتدا یک افت ناگهانی نشان می‌دهد و سپس به تدریج و با طی زمان معین، بسته به نوع ماده‌معدنی و مقدار پراکندگی آن به سمت صفر میل می‌کند.

اندازه‌گیری پلاریزاسیون القایی می‌تواند در حوزه زمان یا حوزه فرکانس صورت گیرد. در بررسیهای صورت گرفته از اندازه‌گیری در حوزه زمان استفاده شده است.

لازم به تذکر است که بدلیل وجود احتمالی ساختارهای پیوسته کانیسازی مس از روش مقاومت‌ویژه نیز بعنوان مکمل روش پلاریزاسیون‌القایی (IP) و بطور همزمان استفاده شده است. که این یک مزیت در برداشت داده‌های صحرایی است.

۲-۱-۱ - آرایش الکترودی مناسب

انتخاب آرایش الکترود مناسب وابسته به چندین عامل مختلف است. سعی می‌شود با در نظر گرفتن تمام شرایط و اطلاع از جوانب کار بهترین آرایش انتخاب گردد و کار برداشت شروع شود. از جمله عوامل موثر در انتخاب آرایش الکترودی عبارتند از :

۱ - نسبت سیگنال به پارازیت:

هر چه نسبت این پارامتر بیشتر باشد تشخیص منابع زیرسطحی دقیقتر خواهد بود.

۲ - اثر کوپلینگ الکترومغناطیسی:

اگر الکترودهای پتانسیل خارج از مدار الکترودهای جریان باشد، اثر کوپلینگ الکترومغناطیسی کمتر خواهد بود و برای دستیابی به دقت بالاتر، این اثر باید به کمترین مقدار خود برسد.

۳ - قدرت تفکیک:

برای تفکیک بهتر منابع مختلف آنومالی زیرسطحی باید قدرت تفکیک آرایش بالا باشد. خصوصاً اشاره می‌شود اگر در دو جهت تفکیک وجود داشته باشد، این عامل در انتخاب روش خیلی مهم است.

با توجه به عوامل ذکر شده و چندین عامل دیگر، این نتایج حاصل می‌شود که اثر کوپلینگ الکترومغناطیسی در آرایش دوقطبی- دوقطبی نسبت به سایر روشهای الکترودی کمترین مقدار است. و در جمع قدرت تفکیک آن از سایر روشهای الکترودی بیشتراست، خصوصاً در مواقعی که

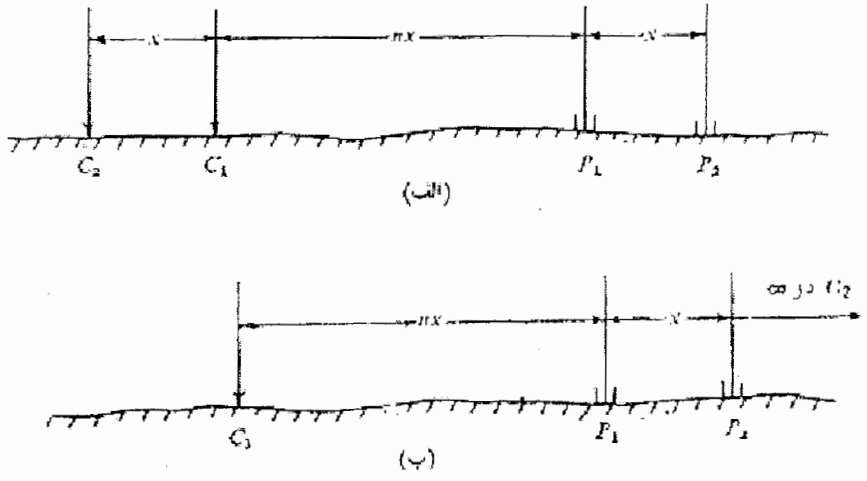
لازم است شبه‌مقاطع زمین تهیه شود؛ چون در دو جهت تفکیک وجود دارد، آرایش دوقطبی-دوقطبی بهترین است. البته نسبت سیگنال به پارازیت در آرایش دوقطبی-دوقطبی بالاترین نیست ولی با توجه به مزایای توصیف شده و سایر مزایایی که در بکارگیری از این روش موجود است، در برداشتها از آن استفاده شد.

لازم به تذکر است، باتوجه به حداکثر عمق اکتشاف درنظرگرفته شده صد متر همچنین تفکیک‌پذیری مناسب آنومالیهای احتمالی مس، فاصله الکترودی (a) چهل‌متر درنظر گرفته شد. تعداد استاندارد گامها (جدایش دوقطبی‌ها) هم حداکثر هشت گام درنظر گرفته شده است $(n = 1 \cdots 8)$ چرا که در گامهای بالاتر از هشت، نسبت سیگنال به پارازیت خیلی کوچک شده و عملاً تنها پارازیتها ثبت می‌شوند.

۲-۱-۲-آرایش دوقطبی- دوقطبی (Dipole - Dipole)

در اینجا بطور مختصر نحوه قرارگیری الکترودهای جریان و پتانسیل در آرایش بکار گرفته شده روی زمین ارائه می‌شود:

آرایش دوقطبی- دوقطبی از سال ۱۹۵۹ در اکتشافات ژئوفیزیکی بکارگرفته شد. در آرایش دوقطبی-دوقطبی خطی استاندارد، فاصله بین الکترودهای جریان (AB) و فاصله بین الکترودهای پتانسیل (MN) یکسان بوده و در حالت ایده‌آل بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از فاصله بین مراکز دو دایپل است. در شکل (۲ - ۱) شمای کلی این آرایش آمده است.



شکل ۲ - ۱- شمای کلی آرایش دوقطبی- دوقطبی

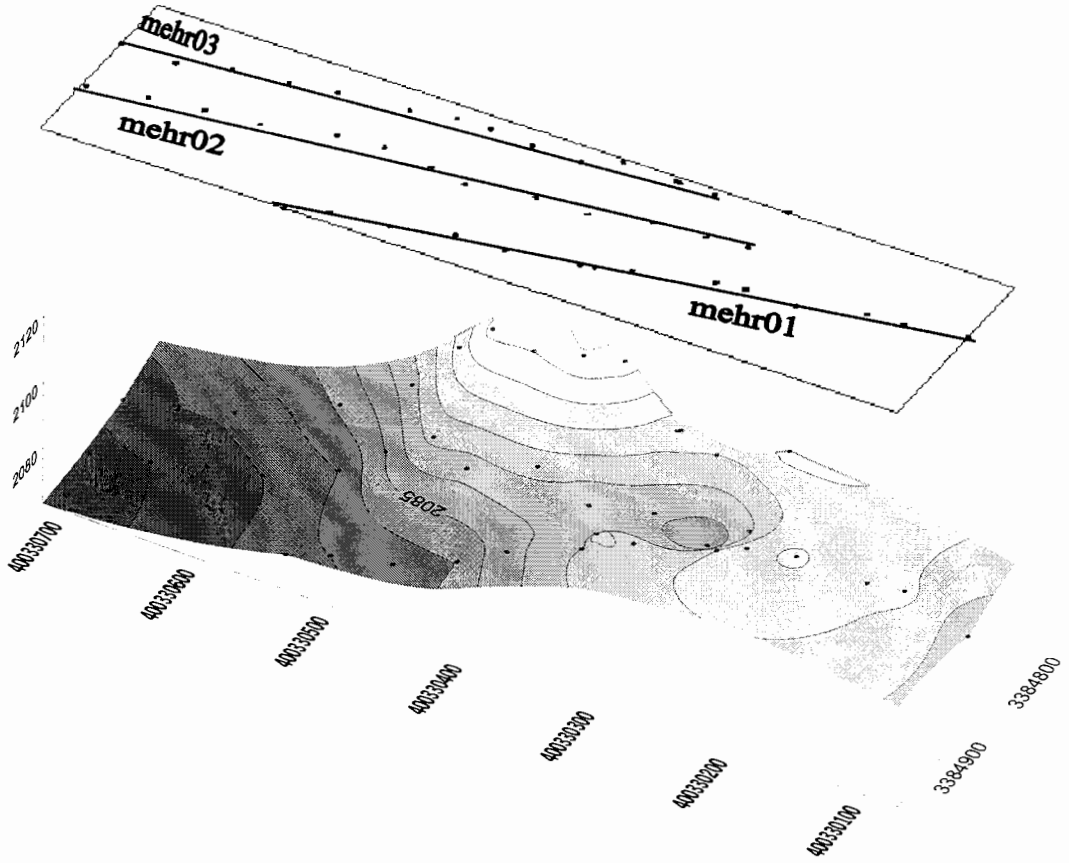
۲-۲- طراحی شبکه برداشت

برای طراحی شبکه برداشت، در نظرگرفتن عوامل زیر به انتخاب حالت بهینه شبکه کمک می‌کند. این عوامل شامل زمین‌شناسی، هندسه طبیعی کانسار، شیب، امتداد و عمق کانسار، عمق تجسس، عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی و اطلاعات دراختیار از کانسار می‌باشد. با درنظر گرفتن عوامل فوق و با توجه به نبود سابقه مطالعات قبلی و با انجام بازدیدهای صحرایی از مناطق موردمطالعه در این مرحله از اکتشاف تصمیم براین گرفته شد که پروفیلهای برداشت ژئوفیزیکی عمود بر روند عمومی ساختارهای زمین‌شناسی منطقه و برونزد آثار کانی‌سازی انتخاب گردد.

به این ترتیب با توجه به عوامل فوق‌الذکر و با توجه به فاز مطالعاتی و بودجه درنظرگرفته شده، سه پروفیل با مشخصات جدول (۲-۱) و با شرایط توپوگرافی شکل (۲-۲)، طراحی و داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون‌القایی بطور همزمان با آرایه انتخاب‌شده با استفاده از دستگاه ABEM **SAS۱۰۰۰** برداشت گردید. بعلاوه اینکه در برداشتهای داده‌های پلاریزاسیون‌القایی در حوزه زمان از پالسهای جریان مربعی با زمان وصل و قطع برابر ۱،۵ثانیه استفاده و سپس مقادیر بارپذیری (شارژابیلیته) محاسبه شده‌است.

جدول ۲ - ۱- مشخصات پروفیلهای برداشت شده

ردیف	نام پروفیل	آزیموت	طول پروفیل (m)	مختصات نقطه ابتدایی در سیستم UTM	فاصله تقریبی از پروفیل قبلی
۱	Mehr-۱	۸۰	۵۲۰	٤٠٠٣٣٠٢٤٤ ٣٣٨٤٧٩٩	-
۲	Mehr-۲	۸۰	۵۲۰	٤٠٠٣٣٠٢٤٨ ٣٣٨٤٨٤٥	۵۰متر
۳	Mehr-۳	۸۰	۵۲۰	٤٠٠٣٣٠٠٧٥ ٣٣٨٤٨٦١	۵۰



شکل ۲ - ۲- توپوگرافی محدوده موردمطالعه و موقعیت پروفیل‌های برداشت

موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در هر پروفیل به ترتیب در جداول (۲-۲)، (۲-۳) و (۲-۴) آمده است.

جدول ۲-۲- موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در پروفیل mehr۰۱

X	Y	Z
400330244	3384799	2107
400330295	3384805	2100
400330325	3384804	2101
400330322	3384805	2104
400330366	3384802	2118
400330390	3384815	2120
400330427	3384816	2115
400330460	3384813	2117
400330485	3384813	2107
400330516	3384821	2093
400330567	3384826	2081
400330600	3384832	2075
400330639	3384838	2071
400330675	3384849	2070
400330717	3384847	2066

جدول ۳-۲- موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در پروفیل mehr۰۲

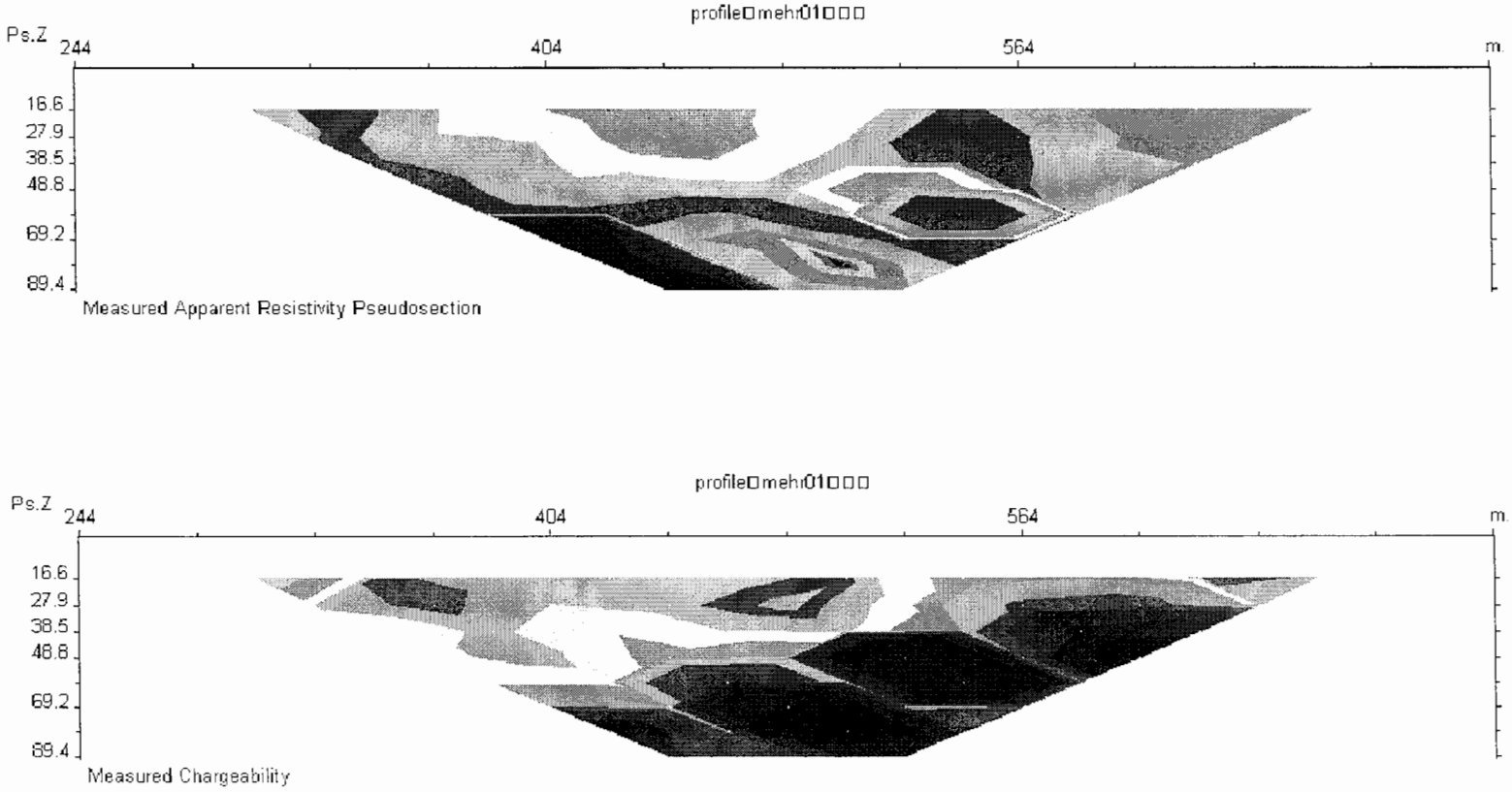
X	Y	Z
400330248	3384845	2094
400330278	3384848	2085
400330316	3384851	2091
400330358	3384864	2090
400330397	3384864	2097
400330445	3384874	2092
400330473	3384869	2097
400330511	3384865	2085
400330544	3384868	2075
400330594	3384881	2070
400330633	3384885	2068
400330672	3384891	2065
400330714	3384899	2064

جدول ۴-۲- موقعیت جغرافیایی کلیه نقاط برداشت‌شده در پروفیل mehr۰۳

X	Y	Z
400330190	3384886	2106
400330227	3384886	2103
400330248	3384889	2100
400330302	3384904	2098
400330325	3384913	2102
400330335	3384915	2094
400330386	3384925	2089
400330423	3384926	2080
400330464	3384939	2077
400330507	3384945	2075
400330535	3384955	2074
400330145	3384872	2100
400330118	3384870	2102
400330075	3384861	2091

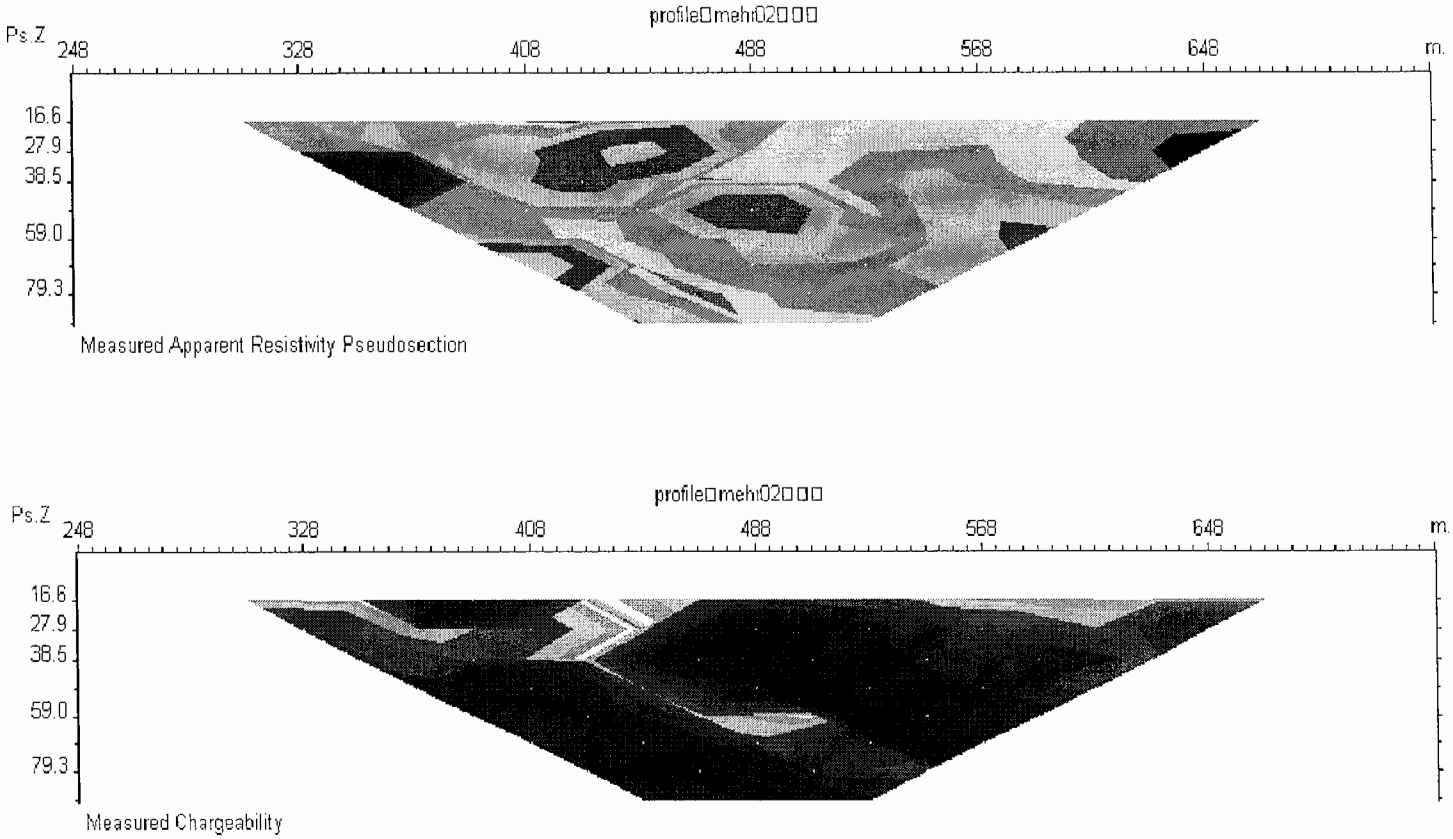
۲-۳- ارائه داده‌های خام

قبل از اینکه هیچ عملیات فیلترگذاری و آماده سازی خاصی بر روی داده‌های برداشت شده اولیه ژئوفیزیکی انجام شود؛ شبه‌مقاطع منطبق بر پروفیل‌های مربوط به مقادیر پلاریزاسیون‌القایی (IP) و مقاومت ویژه ظاهری (Rs) بطور جداگانه ارائه می‌شود. در مرحله بعد نتایج عملیات مدلسازی معکوس(Inversion) ارائه خواهد شد. شکل‌های (۲ - ۳ تا ۲ - ۵) نتایج خام اولیه را در اندیس‌های مورد مطالعه بصورت شبه مقاطع IP و Rs نشان می‌دهند.



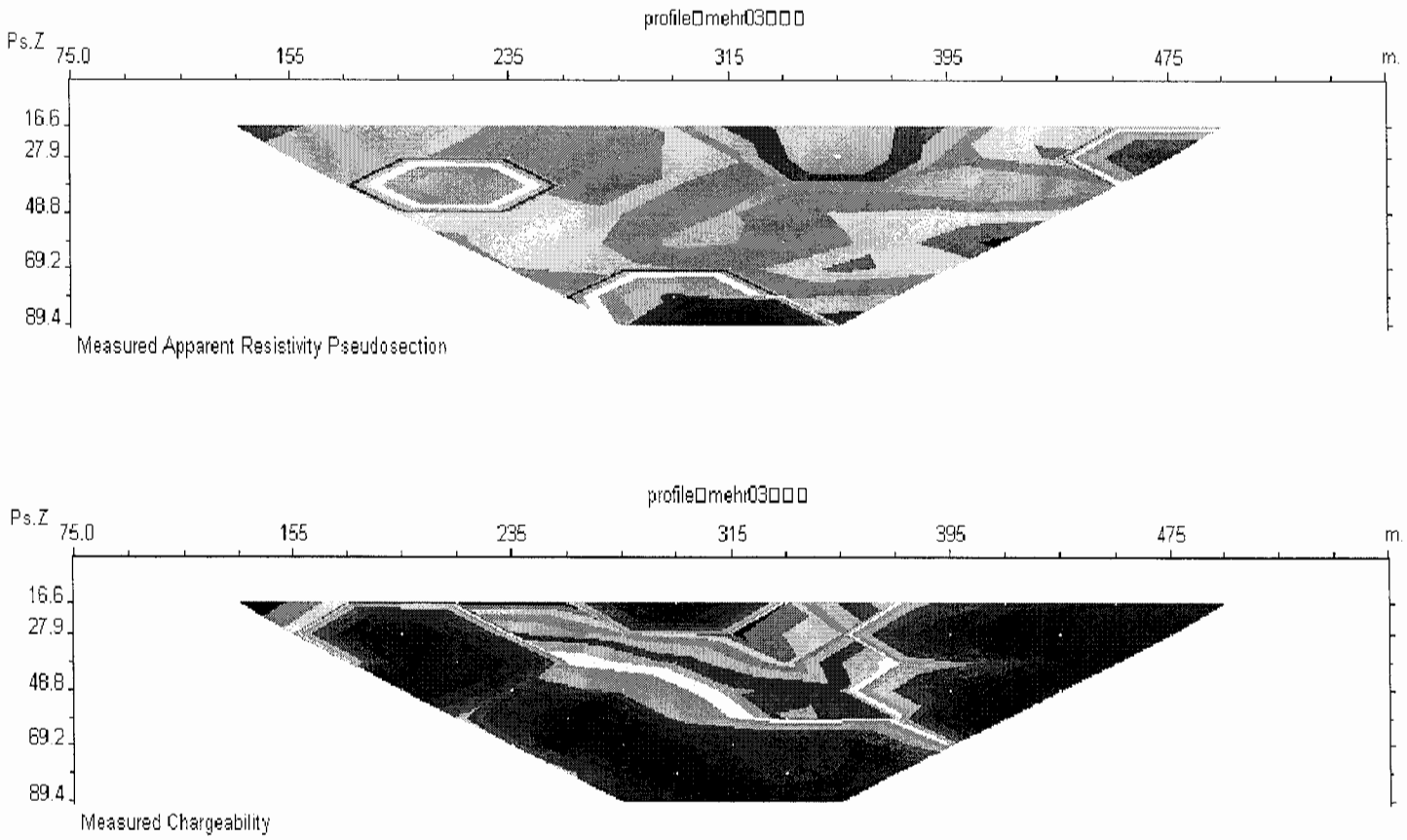
شکل ۲ - ۳- شبه مقاطع داده‌های خام پروفیل mehr۰۱

(شبه‌مقطع بالایی مقاومت ویژه و پایینی شارژابیلیته را نشان می‌دهد)(عمقها تقریبی است)



شکل ۲ - ۴- شبه مقاطع داده‌های خام پروفیل mehr۰۲

(شبه‌مقطع بالایی مقاومت ویژه و پایینی شارژابیلیته را نشان می‌دهد)(عمقها تقریبی است)



شکل ۲ - ۵- شبه مقاطع داده‌های خام پروفیل mehr۰۳

(شبه‌مقطع بالایی مقاومت ویژه و پایینی شارژابیلیته را نشان می‌دهد)(عمقها تقریبی است)

۲-۴- مدلسازی داده‌ها

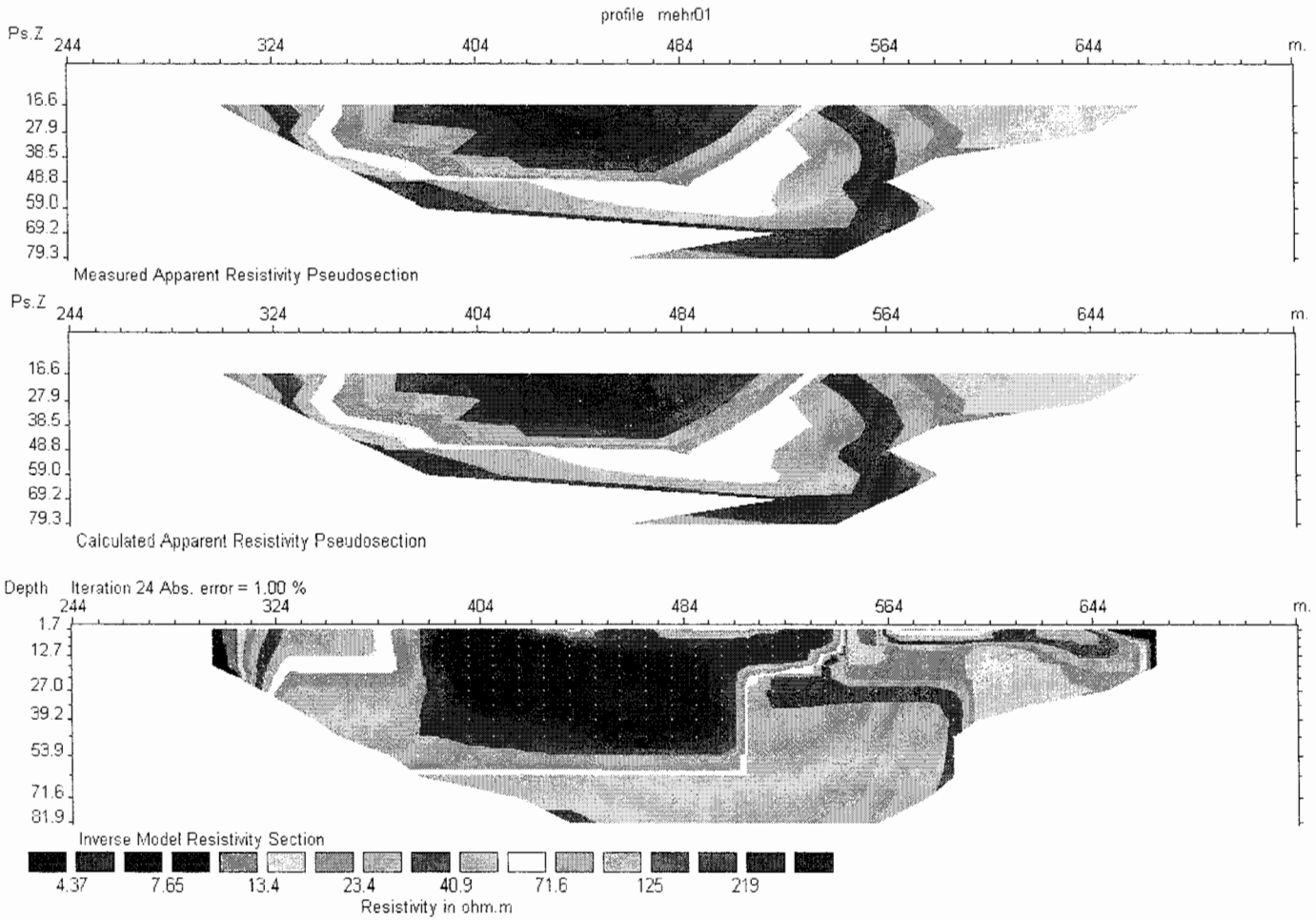
با توجه با اینکه شبه‌مقاطع ارائه شده مربوط به داده‌های خام مقاومت ویژه و پلاریزاسیون‌القایی یک ایده کلی درمورد محل یا محلهای کانی‌سازی ارائه می‌دهند. از اینرو برای بدست آوردن تصویر درست از زیرسطح پروفیل اندازه‌گیری شده، لازم است کلیه داده‌های‌خام پس از اعمال تصحیحات لازم برای کاهش اثرات توپوگرافی و حذف برخی داده‌های پرت (outlier) با یکی از روشهای رایج، مدلسازی شود تا گسترش جانبی و عمقی زونهای کانی‌سازی شده با دقت مناسب تعیین گردد. از اینرو تصمیم‌گیری‌های آتی نباید براساس نتایج ارائه شده شبه‌مقاطع داده‌های خام باشد.

باتوجه به اینکه مدلسازی و تعبیر و تفسیر داده‌ها با استفاده از روشهای مدلسازی پیشرو (forward modeling) کند، وقت‌گیر و خسته‌کننده می‌باشد؛ بهمین منظور در این پروژه با استفاده از نرم‌افزار ***RES2DINV*** (full version software) داده‌های تصحیح توپوگرافی شده، و سپس با ملاحظه به طبیعت داده‌های خام و اعمال تنظیمات لازم در نرم‌افزار، مدلسازی معکوس هموار دوبعدی (Two dimensional inverse modeling) بصورت همزمان و ترکیبی (Joint inversion) برای داده‌های مقاومت ویژه و پلاریزاسیون‌القایی هریک از پروفیلها صورت گرفته است. در نهایت نتایج مدلسازی‌ها بصور مختلف (روی سطح توپوگرافی و بدون آن) ارائه و مورد تفسیر قرار می‌گیرد.

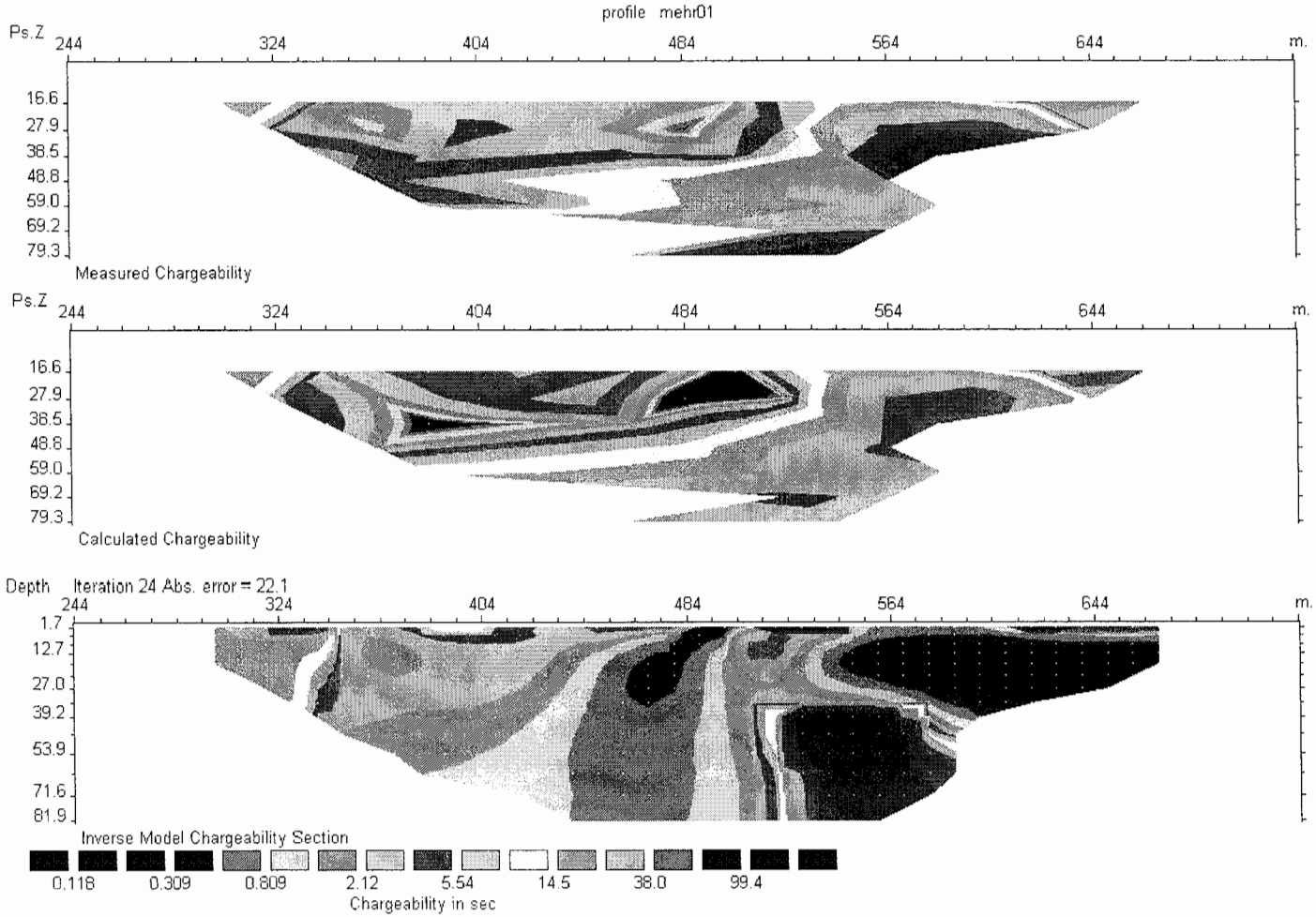
۲-۵- تعبیر و تفسیر نتایج مدل‌سازی‌ها

پس از مدلسازی داده‌های خام و اعمال تصحیحات لازم، مقاطع معکوس‌سازی شده بدون توپوگرافی و روی سطح توپوگرافی برای داده‌های مقاومت ویژه و شارژابیلیته هر سه پروفیل بدست آمد که در ادامه بحث این مقاطع به تفکیک ارائه می‌شود.

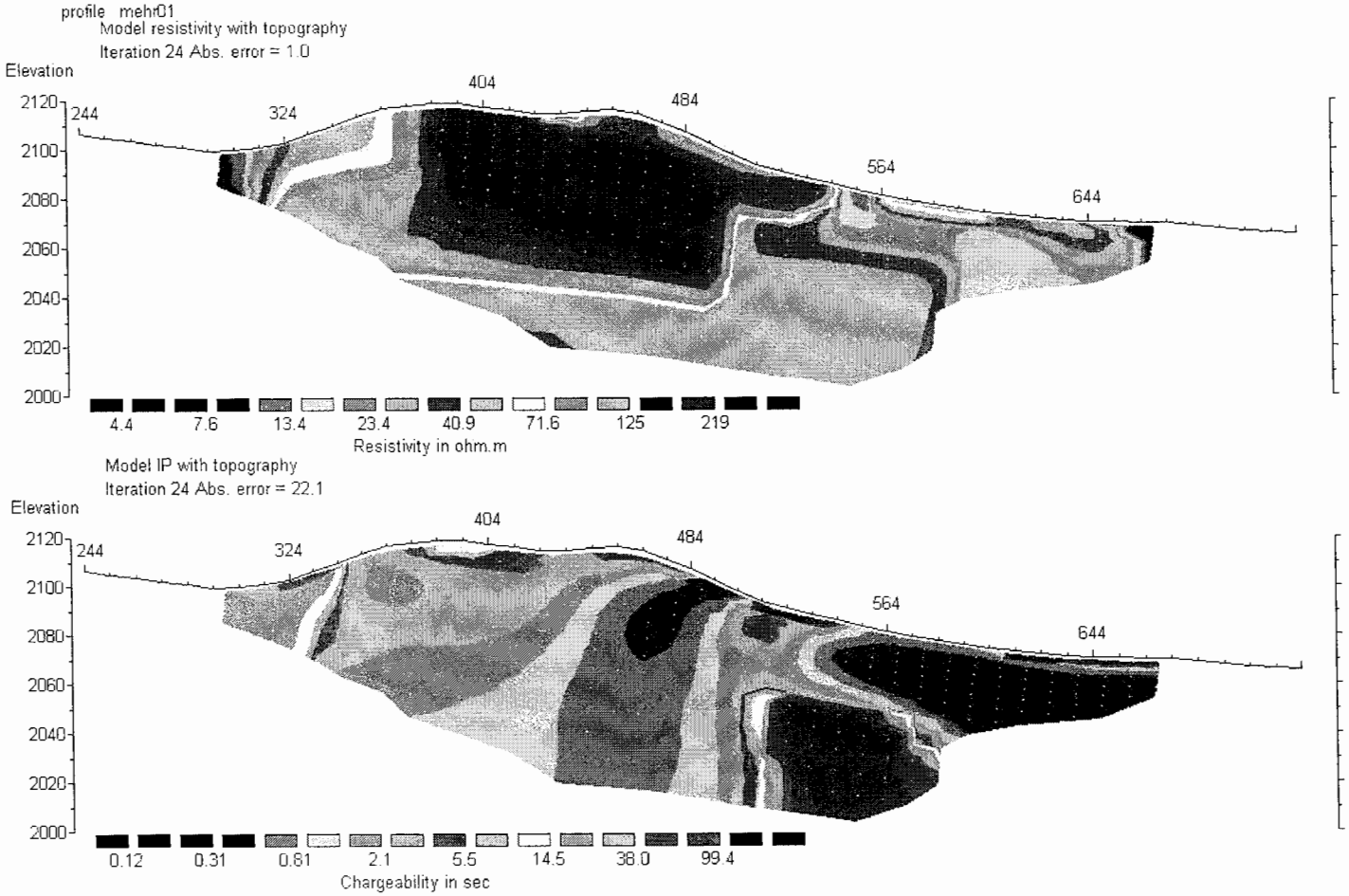
۲-۵-۱- پروفیل mehr۰۱



شکل ۲ - ۶- شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار مقاومت‌ویژه پروفیل mehr۰۱



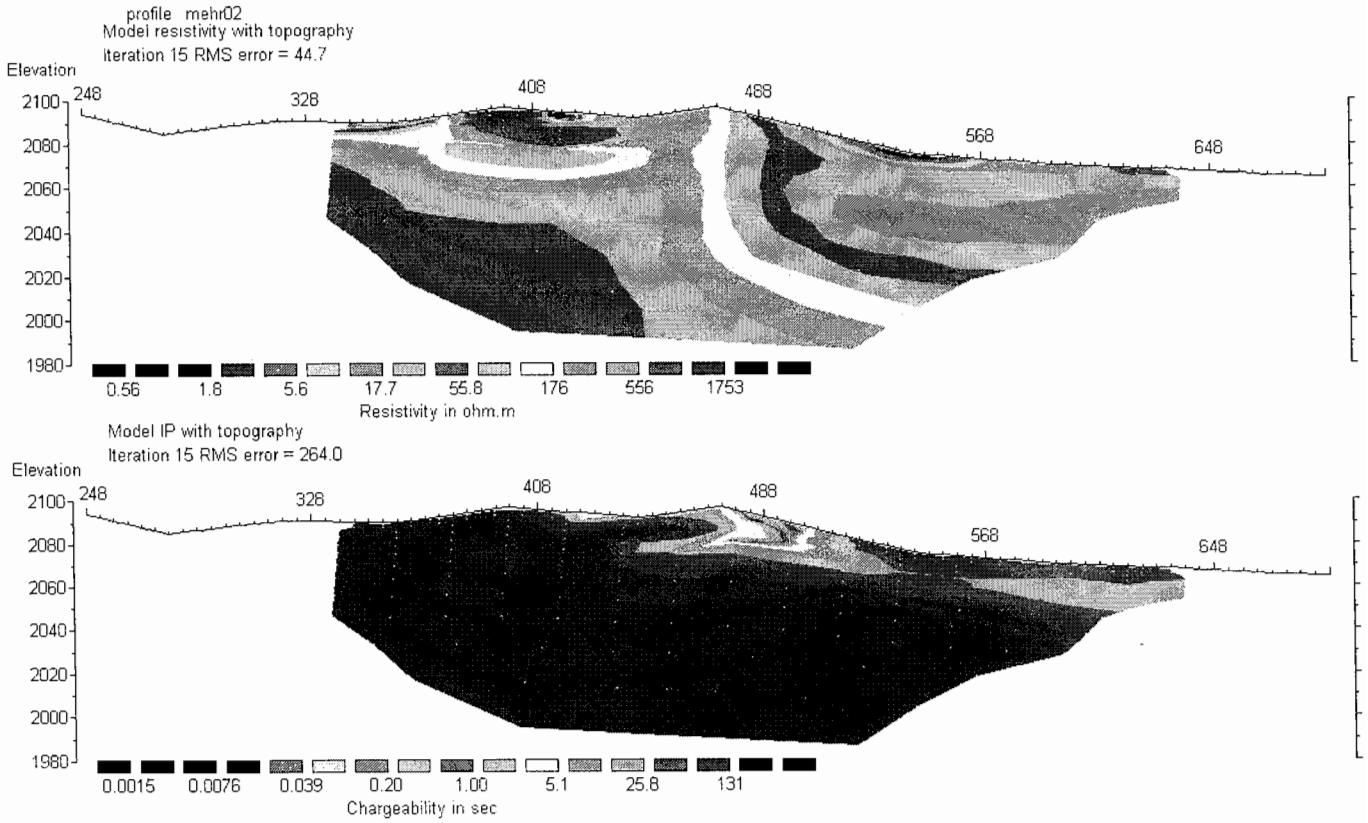
شکل ۲ – ۷– شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار شارژابیلیته پروفیل mehr۰۱



شکل ۲ - ۸- مقاطع معکوس سازی هموار پروفیل mehr۰۱ روی سطح توپوگرافی

نتایج مدلسازی پروفیل **mehr۰۱** بیانگر آنست که از فاصله ۲۸۰ تا ۳۲۰ متری مبدا پروفیل (نقطه۰،۰) و در ارتفاع ۲۰۱۰ تا ۲۰۷۰ از سطح آبهای آزاد (در این پروفیل از عمق ۳۰ متری سطح زمین تا ۹۰ متری از سطح)، یک توده نسبتاً قائم با مقاومت‌ویژه ناچیز(۳۰ تا ۵۰ اهم‌متر) و با شارژابیلیته نزدیک به ۱۰۰ میلی‌ثانیه وجود دارد که احتمالاً دلیل وجود یک توده فلزی است. البته برونزدهایی با ویژگی‌های نزدیک به این توده نیز در سطح زمین و در فاصله ۲۷۰ تا ۳۰۰ متری مبدا پروفیل قابل رویت است. در این مقطع پدیده اقتصادی ارزشمند دیگری قابل رویت نیست و تنها نکته قابل ذکر اینست که توده فوق‌الذکر ریشه‌ای است یا حداقل در مقاطع حاضر بصورت ریشه‌ای نمود دارد.

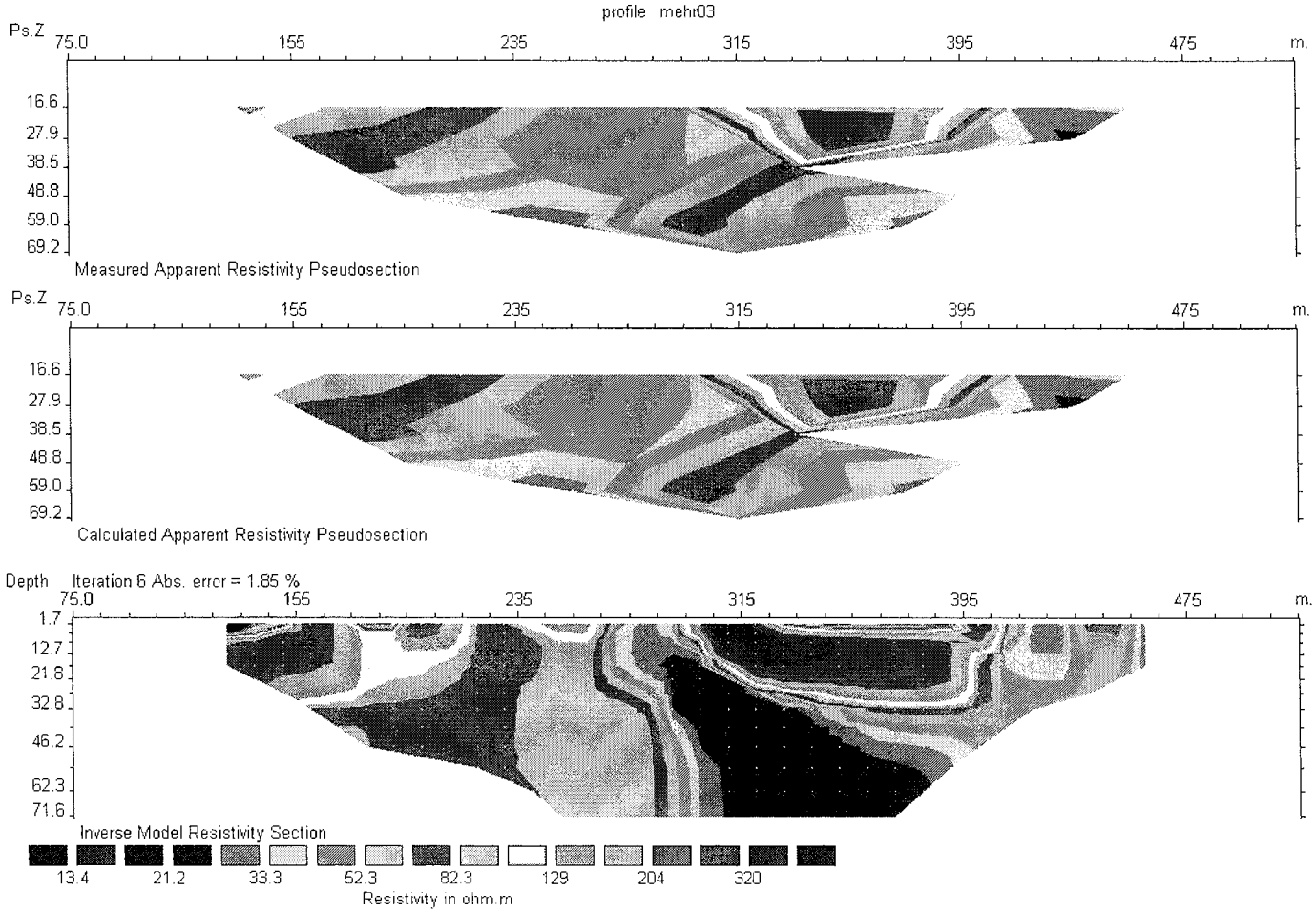
۲-۵-۲- پروفیل mehr۰۲



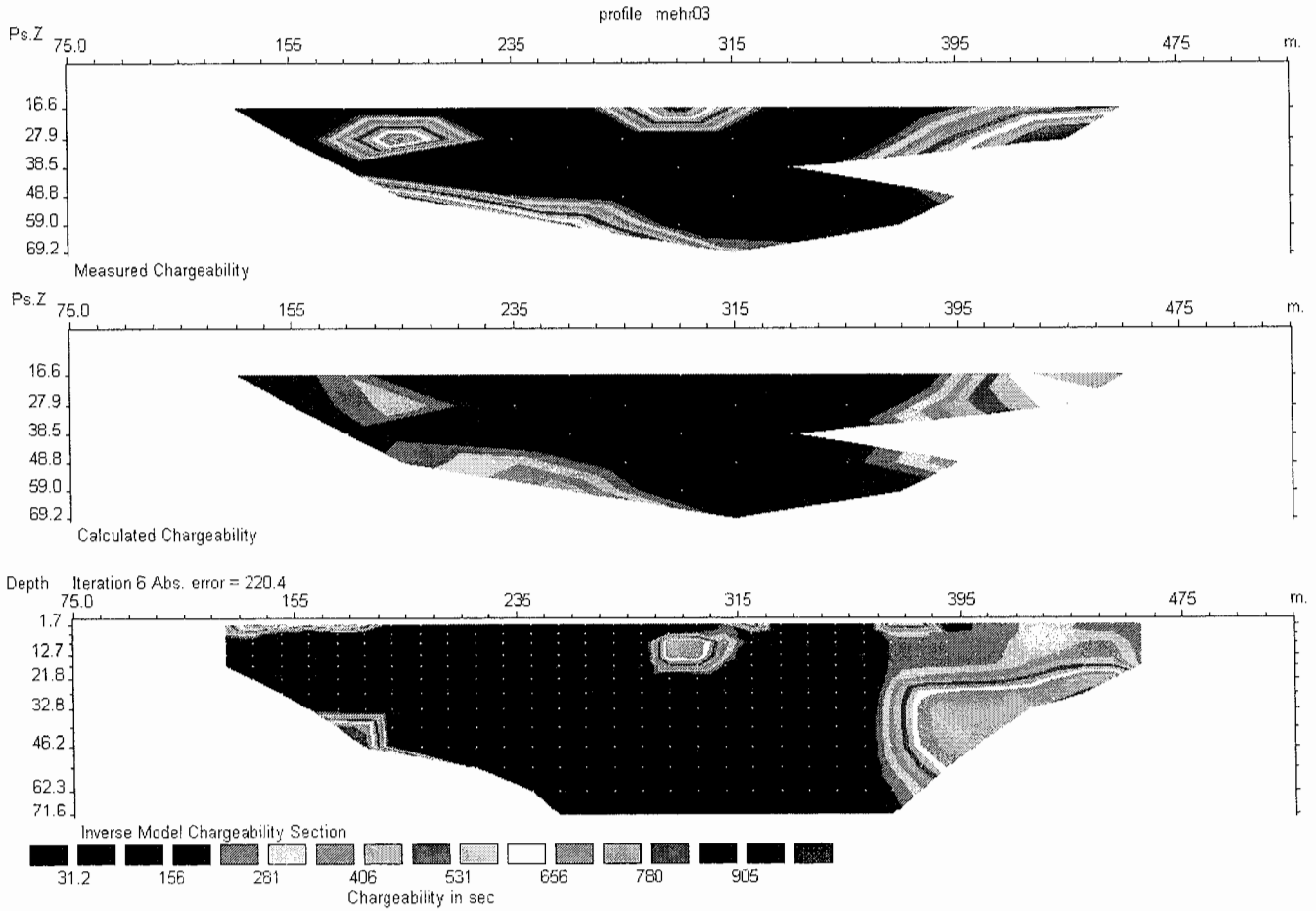
شکل ۲ – ۹- مقاطع معکوس سازی هموار پروفیل mehr۰۲ روی سطح توپوگرافی

نتایج مدلسازی پروفیل **mehr۰۲** بیانگر آنست که اولاً داده‌ها بسیار پارازیتی است. یکی از دلایل این امر می‌تواند دست‌خوردگی و پراکندگی دستی مواد باشد. دیگر اینکه نتایج مدل‌سازی تقریباً نشانگر بالا بودن شارژابیلیته و پایین بودن یکنواخت مقاومت‌ویژه در تمامی اعماق این پروفیل است.

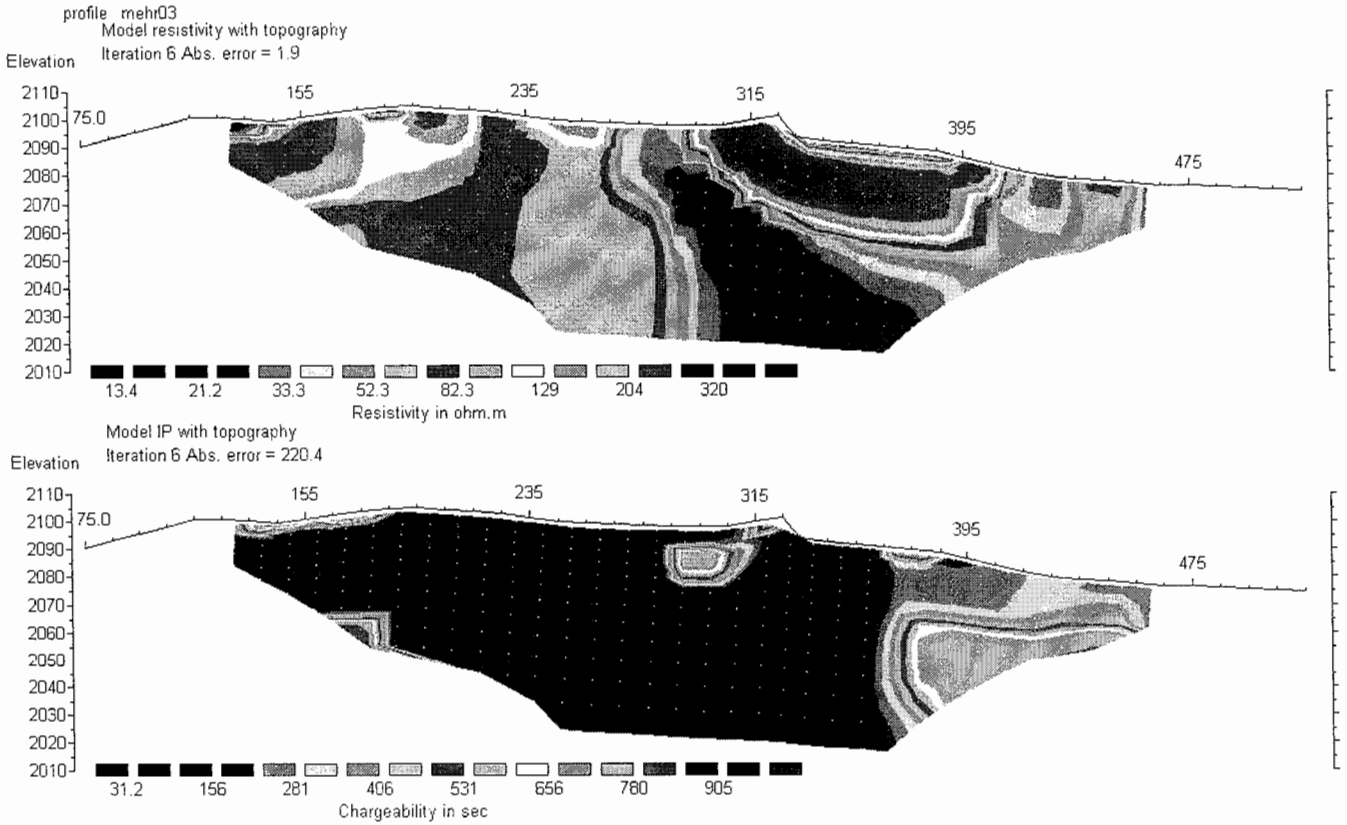
۲-۵-۳- پروفیل mehr۰۳



شکل ۲ – ۱۰– شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار مقاومت‌ویژه پروفیل mehr۰۳



شکل ۲ - ۱۱- شبه مقاطع داده‌های خام، محاسبه‌شده و مقطع معکوس سازی هموار شارژابیلیته پروفیل mehr۰۳



شکل ۲ - ۱۲- مقاطع معکوس سازی هموار پروفیل mehr۰۳ روی سطح توپوگرافی

نتایج مدلسازی پروفیل **mehr۰۳** بیانگر آنست که از ۳۰۰متری مبدا پروفیل (نقطه۰،۰) تا انتهای آن و در عمق ۲۰۷۰ متری از سطح آبهای آزاد، یک توده تقریباً با مقاومت‌ویژه ناچیز(۸۰ تا ۱۲۰ اهم‌متر) و با شارژابیلیته نزدیک به ۷۰۰ میلی‌ثانیه وجود دارد که احتمالاً دلیل وجود یک توده فلزی است ؛ البته توده دیگری با مشخصات مشابه توده مذکور و در فاصله ۲۱۰ تا ۲۳۰ متری مبدا پروفیل و در عمق ۱۰ متری از سطح زمین وجود دارد که ریشه‌ای نیست و تنها در حجم محدودی ظاهر شده است.

۳-۱- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۳-۱-۱- نتایج

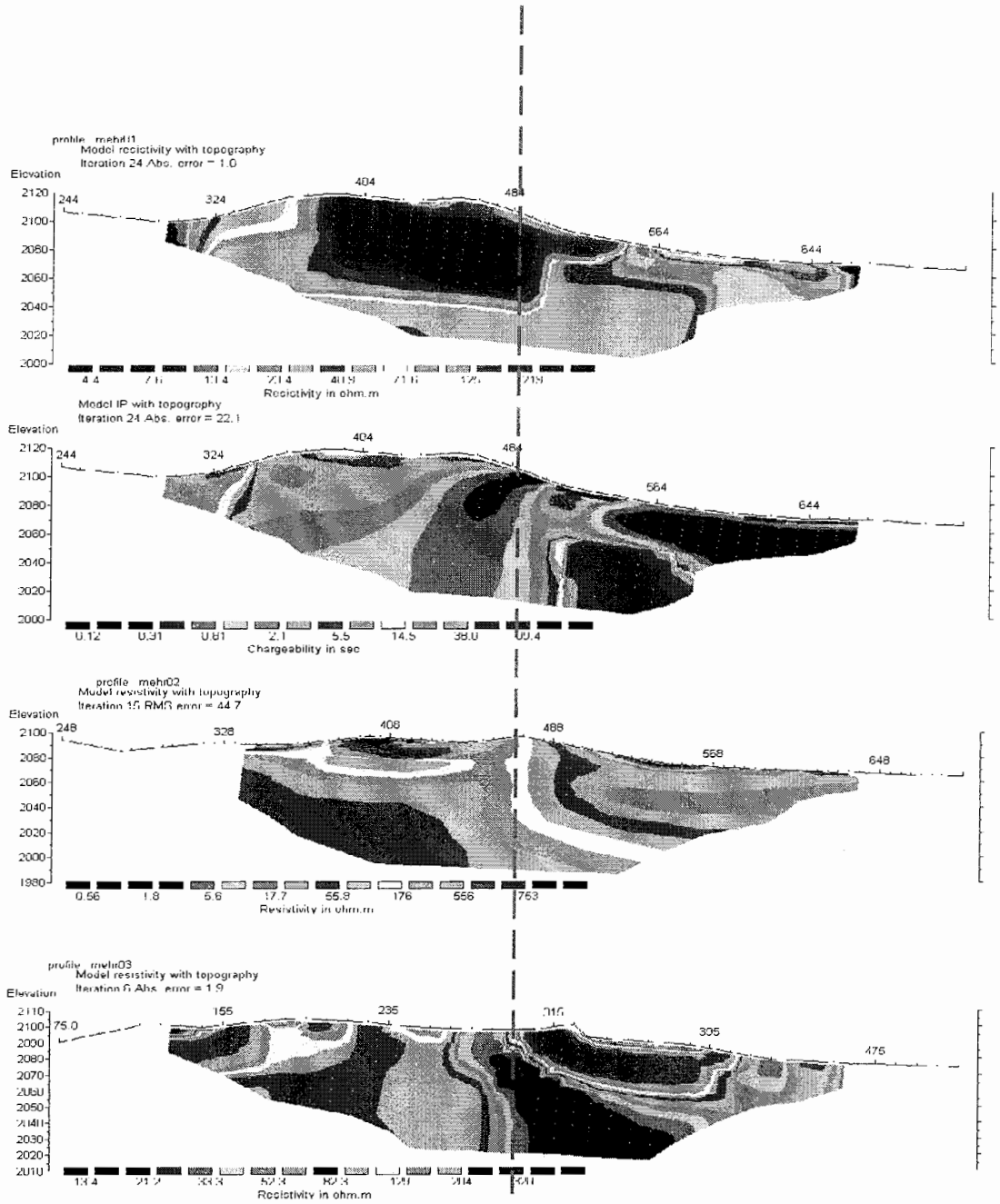
از مجموع نتایج ارائه‌شده درخصوص شبیه‌سازی و مدلسازی معکوس داده‌های اندازه‌گیری‌شده صحرایی می‌توان نتیجه‌گرفت که تفسیر داده‌های خام اولیه بدون شبیه‌سازی و مدلسازی می‌تواند منجر به نتایج انحرافی در تفاسیرگردد. لذا نظر به حجم بسیار زیاد مقالات به چاپ رسیده و در حال چاپ در مجلات معتبرجهانی درخصوص استخراج اطلاعات نهفته از درون داده‌های خام و نتایج بدست‌آمده در چندین طرح اجراشده در کشور، ضرورت انجام چنین بررسیهایی اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. در ادامه خلاصه نتایج حاصل از مجموع مطالعات صورت گرفته به شرح زیرارائه می‌گردد :

۱- نتایج نشان می‌دهد که در حالت کلی به علت وجود پارازیت در داده‌های صحرایی، نتایج متفاوت آرایه‌های گوناگون بر روی یک مدل خاص و وجود آنومالیهای کاذب به همراه آنومالیهای حقیقی، حتماً باید از مدلسازی معکوس به منظور اخذ موقعیت دقیق توده زیرسطحی استفاده گردد تا محلهای حفاری با دقت بیشتری تعیین گردد

۲- روش معکوس‌سازی هموار، هاله‌ای از توده آنومالی را که بتدریج به زمینه تقلیل می‌یابد نشان می‌دهد.

۳- انجام تصحیح توپوگرافی بر روی داده‌های با توپوگرافی بزرگتراز ده درجه ضروری است چرا که شیبهای زیاد توپوگرافی باعث انحراف بیشتر خطوط جریان و بدنبال آن سطوح هم‌پتانسیل می‌شود. در نتیجه اختلاف بین حداقل و حداکثر مقاومتهای‌ویژه ظاهری حاصل، بیشتر می‌شود. که این امر باعث ایجاد آنومالیهای کاذب یا تقویت و تضعیف آنومالیهای واقعی می‌شود.

۴- در تمامی مقاطع حاصل از برداشت‌های این منطقه به وضوح یک تغییر عمده در ویژگی‌های مقاومت‌ویژه ظاهری و شارژابیلیته مواد (سمت چپ و راست) در فاصله ۲۴۰ متری از مبدا پروفیل‌ها دیده می‌شود که به نظر می‌رسد دلیل عمده این مساله وجود یک شکستگی عمده (گسل) در منطقه باشد. که البته این موضوع در مشاهدات صحرایی نیز تا حد زیادی تایید شده است (شکل ۳-۱).



شکل ۳ - ۱- نمایی از پروفیل‌های برداشت بهمراه موقعیت احتمالی یک شکستگی عمده در این محدوده

۳-۱-۲- پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات انجام‌شده در محدوده موردمطالعه و نتایج تحقیقات انجام شده و درحال انجام سایر محققین در دنیا، پیشنهاد می‌گردد:

۱ - ابتدا نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه با مقیاس بزرگ برداشت شده؛ ویژگی‌های مهم ساختمانی و لیتولوژیکی آن تفسیر گردد.

۲ – از آنجاکه هیچ یک از روشهای اکتشافی به تنهایی یک روش جامع و کامل نیست و روش پلاریزاسیون‌القایی هم از این قاعده مستثنی نیست، لذا برای دستیابی به اطلاعات کاملتر و دقیقتر، از روش‌هایی نظیر پلاریزاسیون‌القایی طیفی، مغناطیس‌سنجی و در صورت وجود ابزار و وسایل اندازه‌گیری، از روش پلاریزاسیون‌القایی مغناطیسی در ادامه مطالعات استفاده گردد.

۳ – باتوجه به مقاطع مربوط به مدلسازی‌های معکوس و اطلاعات زمین‌شناسی و مطالعات اکتشافی پیشین، پیشنهاد می‌شود حداقل یک یا چند گمانه اکتشافی (بسته به امکانات) با توجه به مشخصات ذکرشده در ادامه حفر گردد. بدیهی است که تنها با بررسی نتایج حاصل از حفاریهای مذکور می‌توان درخصوص منابع ایجاد آنومالی پلاریزاسیون‌القایی در محدوده مورد مطالعه اطمینان مطلق حاصل نمود.

۴ – از آنجا که توپوگرافی محدوده برداشت کاملاً دوبعدی نمی‌باشد، پیشنهاد می‌گردد از مدلسازی‌های سه‌بعدی که دقت عمل بیشتری نسبت به دوبعدی دارند، استفاده شود که جهت نیل بدین منظور لازم است داده‌های با تراکم بیشتری نسبت به داده‌های حاضر برداشت شوند و مورد مطالعه قرارگیرند.

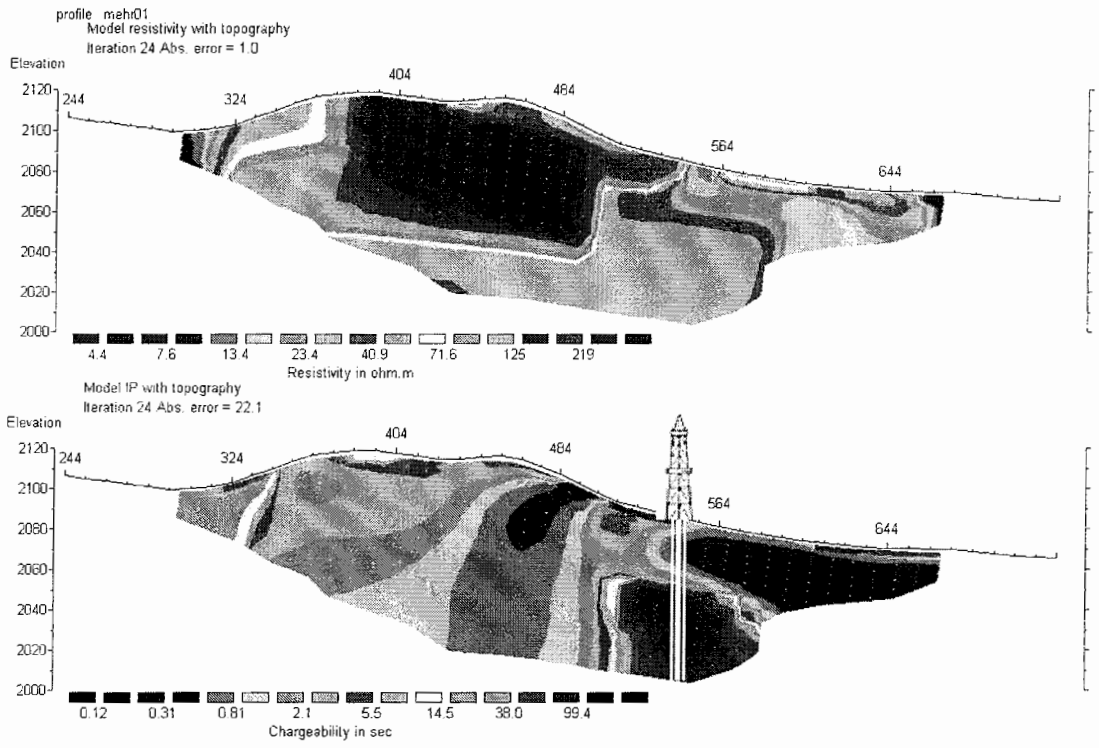
۵ – در نهایت پیشنهاد می‌گردد که از هر دو متر مغزه حفاری نمونه‌برداری گردد و مطالعات پتروگرافی، مینرالوگرافی و آنالیز شیمیایی بر روی ترکیبات مس و عناصر همراه آن صورت پذیرد؛ بطوریکه بتوان از این نتایج در شناسایی مستقیم منابع مسبب آنومالیهای پلاریزاسیون‌القایی و مقاومت‌ویژه استفاده نمود.

۳-۱-۳- پیشنهاد حفاری

در این بخش با درنظرگرفتن نتایج حاصل از مدلسازی‌های معکوس داده‌های مقاومت‌ویژه و پلاریزاسیون القایی پیشنهاد حفاری برای بررسی‌های بیشتر اکتشافی و تایید زونهای پیشنهادی کانیسازی حاصل از تفسیر نتایج ژئوفیزیکی بر روی پروفیلی که زونهای کانیسازی در آن اهمیت بیشتری دارد، ارائه می‌گردد.

این نقطه حفاری بر روی پروفیل mehr۰۱ واقع است؛ که در شکل (۳-۲) نمایی از محل قرارگیری آن و در جدول (۳-۱) مختصات دقیق و نحوه حفاری آن درج گردیده است.

- **پروفیل mehr۰۱**



شکل ۳ - ۲- پروفیل mehr۰۱ بهمراه محل پیشنهادی برای حفاری

جدول ۳ - ۱- مشخصات گمانه پیشنهادی برای پروفیل mehr۰۱

$Y_{(UTM)}$	$X_{(UTM)}$	فاصله محل حفاری از مبدا پروفیل(متر)	عمق حفاری (متر)	زاویه نسبت به سطح توپوگرافی
۳۳۸۴۸۲٤	٤۰۰۳۳۰٥٤٤	۳۰۰	۸۰	عمودبرسطح

۴-۱- منابع:

۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوشه انار، ۱۹۷۲، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور،

۲- شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش انار با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، بهروز امینی، ۱۳۷۲، سازمان زمین‌شناسی کشور.

۳- Loke M.H ,2001, manuall of *RES2Dinv*, rapid 2-D resistivity& IP inversion using the least square method, GEOTOMO software.

والسلام