



وزارت  
**صنایع و معادن**  
سازمان زمین شناسی و  
اکتشافات معدنی کشور

طرح اکتشاف مواد معدنی در استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و شمالی

معاونت اکتشاف  
مدیریت پشتیبانی اکتشاف  
گروه ژئوفیزیک

اکتشاف طلا با استفاده از  
روش پلاریزاسیون القایی و مقاومت ویژه الکتریکی  
در منطقه هیرد - خوسف (استان خراسان جنوبی)

مجریان طرح  
مهندس محمد تقی کره ای  
مهندس جمال روشن روان

نگارنده: مهدی محمدی ویژه

تابستان ۱۳۹۰

## فهرست مطالب

### فصل اول

#### کلیات

- ۱-۱- مقدمه..... ۴
- ۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۵
- ۱-۳- مختصری از زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۷
- ۱-۳-۱- زمین شناسی اقتصادی..... ۸

### فصل دوم

#### مطالعات ژئوفیزیک

- ۲-۱- روش های الکتریکی..... ۱۳
- ۲-۱-۱- روش قطبش القایی..... ۱۳
- ۲-۱-۲- پلاریزاسیون غشایی یا غیرفلزی..... ۱۴
- ۲-۱-۳- پلاریزاسیون الکترودی یا پلاریزاسیون فلزی..... ۱۴
- ۲-۲- اختلالات در اندازه گیری ها..... ۱۵
- ۲-۲-۱- پلاریزاسیون غشایی..... ۱۵
- ۲-۲-۲- اثر کوپلینگ القای الکترومغناطیسی..... ۱۶
- ۲-۲-۳- پلاریزاسیون القایی منفی..... ۱۶
- ۲-۳- روش های اندازه گیری..... ۱۸
- ۲-۴- روش مقاومت سنجی..... ۱۹

- ۲-۵- آرایش های مورد استفاده ..... ۲۰
- ۲-۵-۱- آرایش مستطیلی ..... ۲۱
- ۲-۵-۲- آرایش دوقطبی - دوقطبی ..... ۲۲
- ۲-۶- نحوه انجام عملیات صحرائی در منطقه ..... ۲۳
- ۲-۷- نحوه پردازش داده ها و مدل سازی ..... ۲۸
- ۲-۸- تجهیزات مورد استفاده ..... ۲۹

### فصل سوم

#### بررسی نتایج

- ۳-۱- بررسی نتایج در آرایش مستطیلی ..... ۳۳
- ۳-۱-۱- بررسی نقشه بارپذیری آرایش مستطیلی ..... ۳۳
- ۳-۱-۲- بررسی نقشه مقاومت ویژه آرایش مستطیلی ..... ۳۷
- ۳-۲- بررسی مقطع *DD-250S* ..... ۴۴
- ۳-۳- بررسی مقطع *DD-100S* ..... ۴۹
- ۳-۴- بررسی مقطع *DD-00* ..... ۵۲
- ۳-۵- بررسی مقطع *DD-500S* ..... ۵۷
- ۳-۶- بررسی مقطع *DD-550S* ..... ۶۰
- ۴- نتیجه گیری و پیشنهادات ..... ۶۳
- ۵- تشکر و قدردانی ..... ۶۵

## فصل اول

### کلیات

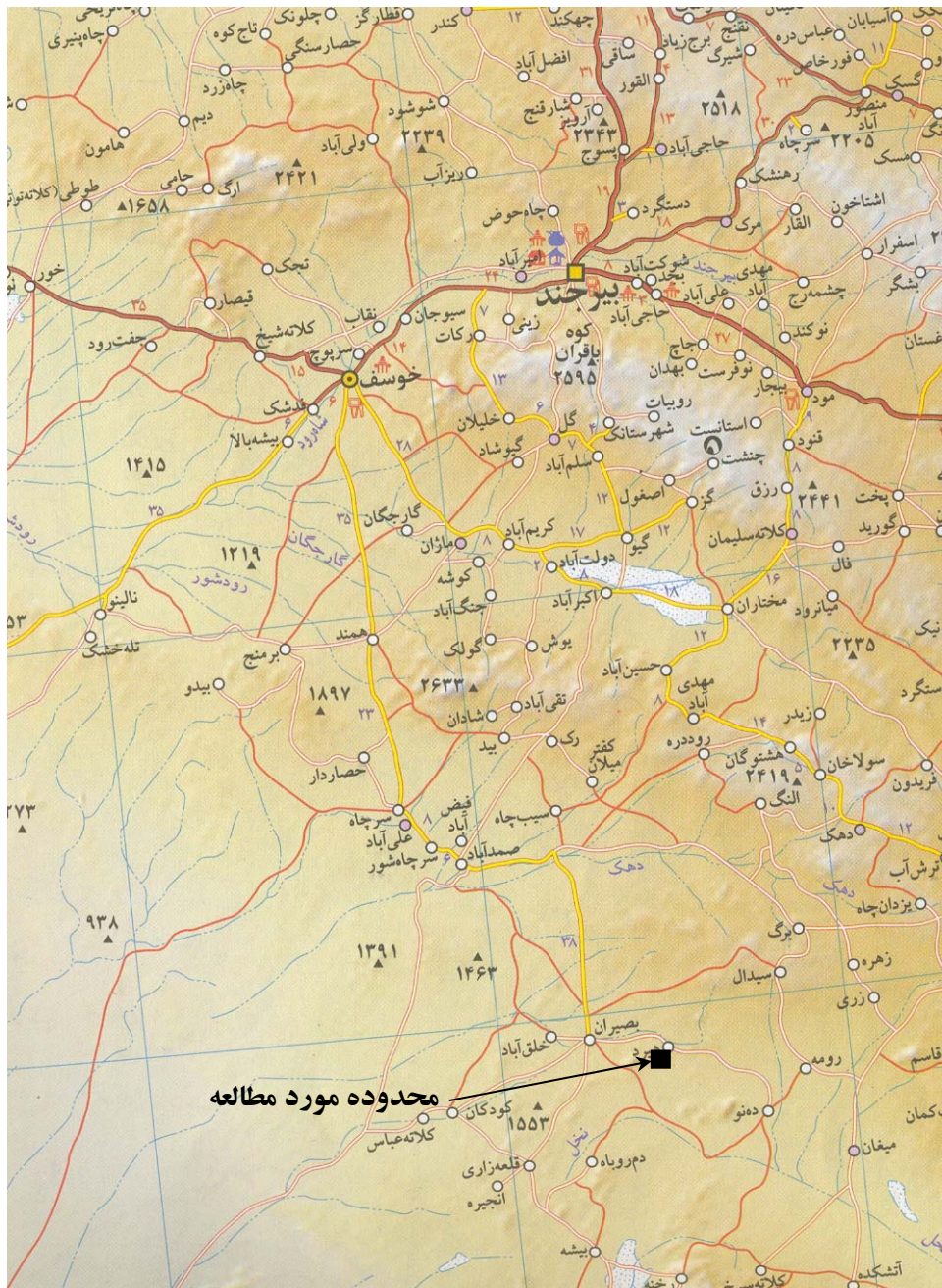
#### ۱-۱- مقدمه

به درخواست مدیریت محترم منطقه شمال شرق سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، عملیات ژئوفیزیک به روش  $IP \& RS$  در منطقه هیرد واقع در استان خراسان جنوبی، شهرستان بیرجند، بخش خوسف، به منظور اکتشاف طلا صورت پذیرفت. بدین منظور طی احکام شماره ۲۱۷۲ و ۳۲۴۸ کیپ ژئوفیزیک در مهر و آذرماه ۸۹ در دو ماموریت ۲۰ روزه به منطقه اعزام گردید. سرپرستی گروه به عهده نگارنده بوده و آقایان امین اسماعیل زاده به عنوان کارشناس و عباس باقری و ابراهیم ترک به عنوان تکنسین با گروه همکاری داشته‌اند.

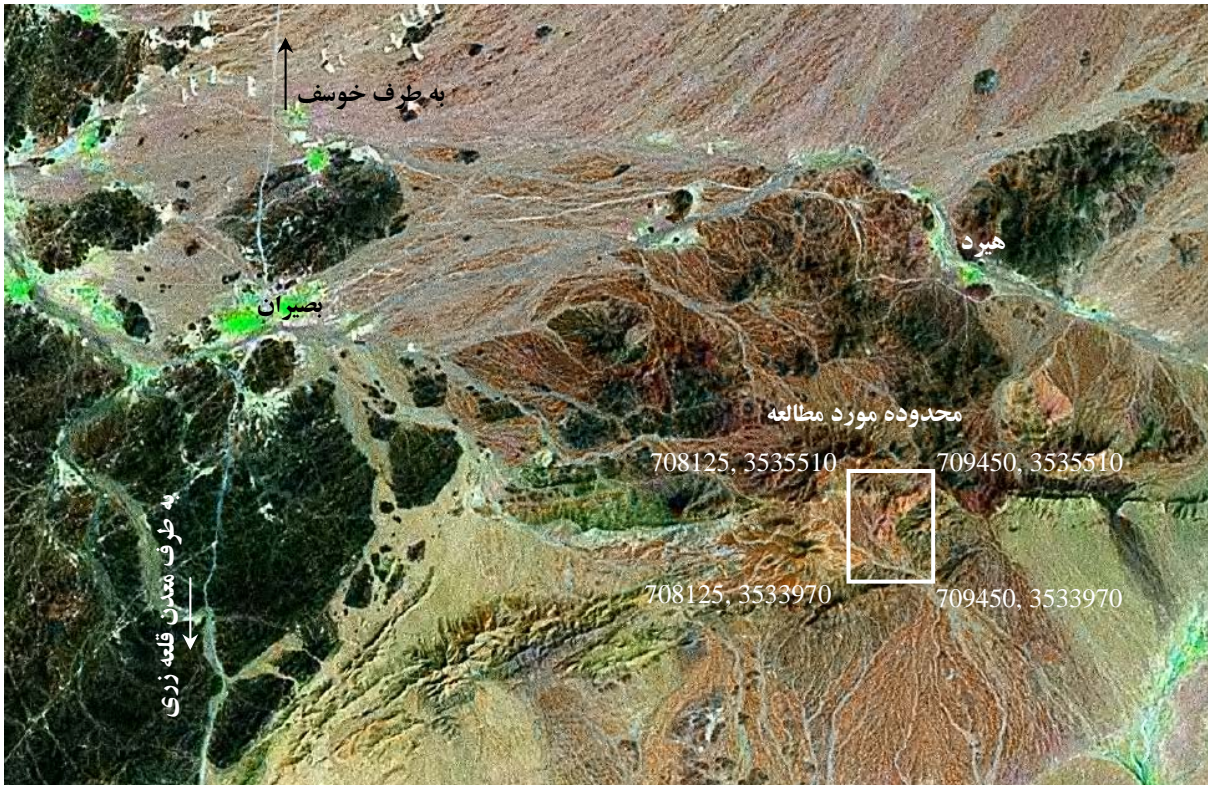
در این دو ماموریت نواحی مورد مطالعه با ۷ آرایش مستطیلی با خط جریان  $AB=800 m$  و  $MN=20 m$  و ۵ پروفیل با استفاده از آرایش‌های دوقطبی-دوقطبی با مشخصات  $AB=MN=20, 40, 60 m$  و با پیرش ۲۰ متر مورد پیمایش قرار گرفت. جمعاً ۲۰۱۱ ایستگاه با روش  $IP \& RS$  برداشت شد که از این تعداد، ۸۷۵ ایستگاه با آرایش مستطیلی و ۱۱۳۶ ایستگاه با آرایش دوقطبی-دوقطبی بوده است.

## ۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه که به تارگت معدنی طلای شماره ۱ هیرد معروف است، در فاصله ۳ کیلومتری جنوب و جنوب غرب روستای هیرد واقع است. این روستا در فاصله ۱۱ کیلومتری روستای بصیران واقع بوده و از توابع بخش خوسف در شهرستان بیرجند می باشد. دسترسی به این روستا از دو طریق یکی از طریق جاده آسفالته بیرجند - خوسف - بصیران و دیگری از مسیر جاده آسفالته بیرجند - نهبندان امکان پذیر است. دسترسی به محدوده عملیاتی از روستای بصیران توسط یک جاده خاکی به مسافت ۱۳ کیلومتر امکان پذیر است (تصویر ۱-۱). موقعیت محدوده مورد مطالعه نسبت به روستاهای هیرد و بصیران در عکس ماهواره ای (تصویر ۱-۲) آورده شده است.



تصویر ۱-۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و راه‌های دسترسی



تصویر ۱-۲: محدوده مورد مطالعه بر روی عکس ماهواره‌ای

### ۱-۳- مختصری از زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده معدنی هیرد در استان خراسان جنوبی و در فاصله ۱۱۵ کیلومتری (فاصله هوایی) جنوب شهرستان بیرجند واقع شده است. نقشه‌های زمین‌شناسی ده سلم (۱:۲۵۰۰۰) و بصیران (۱:۱۰۰۰۰۰) این محدوده را در خود جای داده‌اند. تارگت معدنی طلای شماره (۱) هیرد تقریباً در مرکز نقشه زمین‌شناسی - معدنی هیرد با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ قرار دارد و توسط مختصات جغرافیایی ۷۰۷۰۰۰ الی ۷۰۹۸۰۰ متر طول شرقی و ۳۵۳۴۲۰۰ الی ۳۵۳۴۴۰۰ متر عرض شمالی در سیستم مختصات *UTM* محاط شده است.

در نقشه زمین‌شناسی معدنی هیرد، قدیمی‌ترین واحدهای چینه‌شناسی در منطقه شامل واحد شیلی - ماسه سنگی ژوراسیک بوده که با یک دگر شیبی زاویه دار به توالی رسوبی کرتاسه بالایی تبدیل می‌شود. این توالی شامل واحدهای شیلی، کنگلومرای، ماسه سنگ، آهک مارنی، توفهای آهکی و آهک ماسه‌ای است که توسط

یک کنگلومرای قاعده ای پالئوسن و یک کنگلومرای قاعده ای ائوسن با بین لایه‌هایی از شیل‌های سیلیسیفاید و آهک‌های ناخالص دگرگون شده (اسکارن) به سکانس ماگمایی ترشیاری می‌رسد.

سنگ‌های آتشفشانی ائوسن در گستره نقشه ۱:۲۰۰۰۰۰ هیرد، شامل سنگ‌های آندزیتی، آندزیت پیروکسن دار، کوارتز آندزیت، آندزیت پورفیری، توفهای کریستال و شیشه ای، بازالت، بازالت آندزیتی، بازالت تراکیتی و لایت‌های شدیداً آلتزه هستند که توسط توده‌های نفوذی گرانیتی، کوارتز دیوریتی، مونزودیوریتی و گرانودیوریتی بعد از ائوسن تحت تاثیر قرار گرفته اند. توده‌های گرانیتی ایلمنیتی در منطقه هیرد علاوه بر ایجاد آلتراسیون موجبات کانی سازی طلا در سطح نسبتاً گسترده ای در زونهای گسله و شکستگی‌ها را فراهم نموده اند.

### ۱-۳-۱- زمین شناسی اقتصادی

کانی‌سازی در محدوده تارگت طلای شماره (۱) هیرد به حالت‌های مختلفی از جمله کوارتزهای صفحه ای، استوک‌ورک، رگه ای، پراکنده، توده ای، جانشینی و برشی در درون توده نفوذی نیمه ژرف اسیدی تا حدواسط، سنگ‌های مجاور آن و در فواصل دورتر از توده نفوذی در امتداد زونهای گسله شکل گرفته است. علاوه بر بافت و ساخت متنوع و سنگ میزبان متفاوت، محتوای فلزی و نوع کانی‌ها نیز به تناسب فاصله از توده نفوذی احیایی فرق می‌کنند. که بر این اساس کانی سازی در محدوده تارگت شماره (۱) را می‌توان در سه بخش کانه زایی دور از توده نفوذی، کانه زایی در حاشیه توده نفوذی، کانه زایی با سنگ میزبان نفوذی جداگانه تشریح نمود.

#### - کانه زایی دور از توده نفوذی

این نوع کانی سازی از گسترش زیادی در محدوده معدنی هیرد برخوردار است و علاوه بر اینکه بخش اعظم کانی سازی در تارگت طلای شماره (۱) هیرد را تشکیل داده در سایر تارگتهای محدوده معدنی هیرد



تاکنون تنها این تیپ از کانی سازی مشاهده شده است. کانه زایی دور از توده نفوذی در زونهای گسله به شدت سیلیسی، کربناتی، آرژیلی و همچنین به صورت رگه‌های سیلیسی-کربناتی با ستبرای ۵-۱ متر و با عیارهای متغیری از طلا مشاهده می‌شود.

مهمترین کانی سازی دور از توده نفوذی در محدوده اکتشافی (تارگت ۱) در دامنه شمالی کوه سیاه کمر و بخش جنوب شرقی آن در زونهای گسله متعددی شکل گرفته است که طول آنها در مجموع بالغ بر ۳ کیلومتر می‌باشد. با توجه به نقشه زمین شناسی- معدنی منطقه، این کانی سازی عمدتاً در راستای دو گسل بزرگ محدوده اکتشافی (گسل  $F1$ ,  $F2$ ) رخ داده است. محتوی فلزی زون کانه دار از تنوع بسیار کمی برخوردار است و شامل طلا، آرسنیک و گاه‌ها عناصر نقره، سرب و روی می‌باشد.

-کانه زایی در حاشیه توده نفوذی

در حاشیه توده نفوذی گرانیتوئیدی احیایی در جنوب و جنوب شرق محدوده اکتشافی، کانی سازی‌هایی با گسترش نه چندان زیاد در سطح مشاهده می‌شود. در این خصوص دو نوع کانی سازی عمده قابل تفکیک است:

۱) کانی سازی اسکارن در کنتاکت بلافصل توده نفوذی با واحد کنگلومرای آهکی دگرگون شده

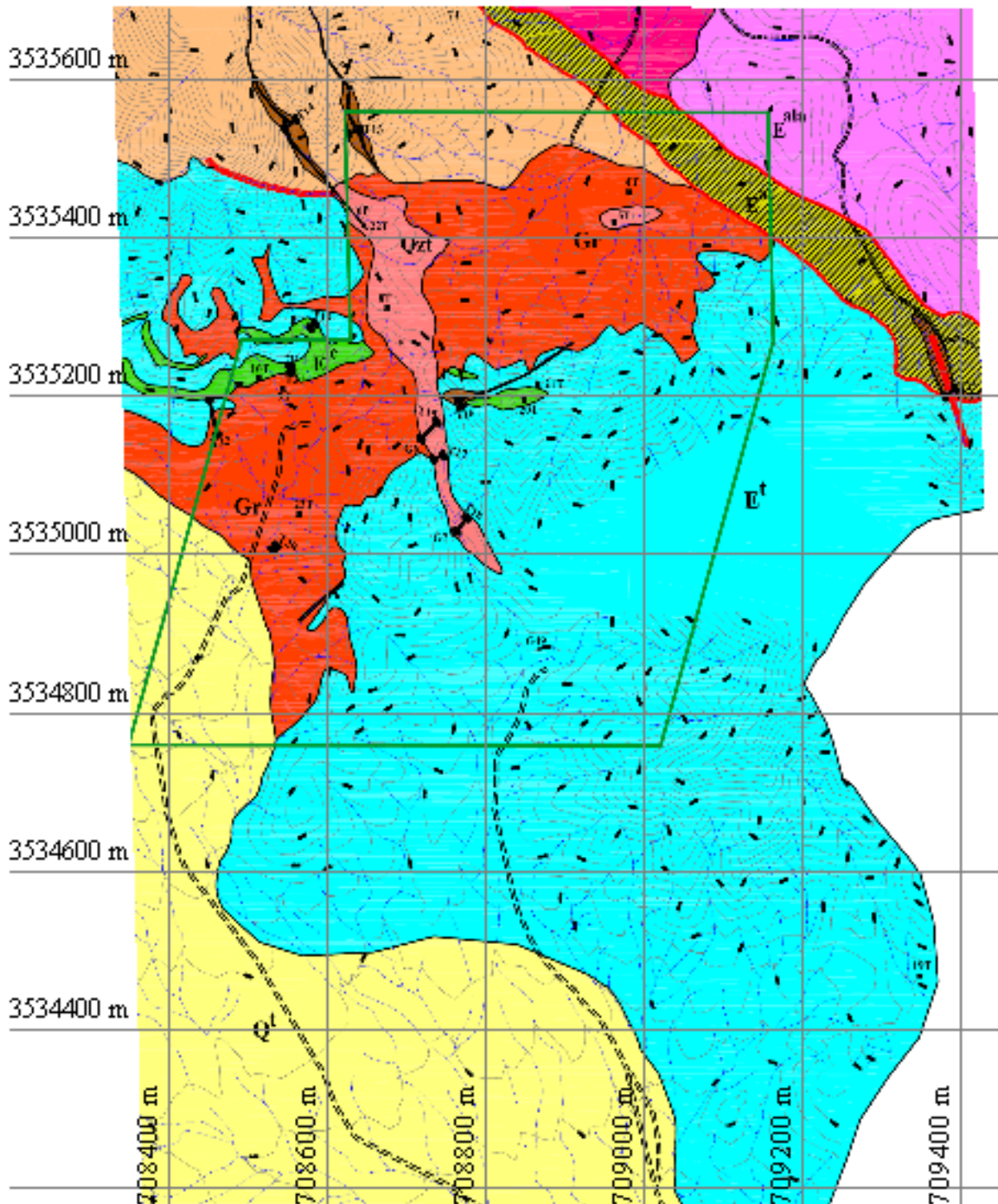
با توجه به نقشه زمین شناسی - معدنی محدوده اکتشافی، در بخش جنوبی کوه سیاه کمر واحد کنگلومرای آهکی به صورت بین لایه ای درون واحد ( $E^1$ ) و در بخشهایی در مجاورت توده نفوذی واقع شده است. مشاهدات صحرائی و مطالعه مقاطع نازک حکایت از دگرگونی مجاورتی (اسکارن) نسبتاً گسترده ای در منطقه و مخصوصاً بر روی این واحد آهکی دارد. کانیهای گارنت (گراسولار و آندرادیت)، پیروکسن، کوارتز، کلسیت، دولومیت، اپیدوت، کلریت و ولاستونیت از جمله کانیهای دگرسانی در این بخش هستند. بر اساس مطالعات مینرالوگرافی، کانی سازی فلزی به صورت پیریت، پیروتیت، کالکوپیریت، کالکوسیت، و مالاکیت همراه با اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن تشکیل شده است.

۲) کانی سازی در واحد شیل و توفیت ( $E^4$ ) به فاصله حداکثر چندین متر از توده نفوذی

این نوع کانی سازی به صورت پراکنده، رگه- رگچه‌ای و توده ای در بخش جنوب شرق محدوده اکتشافی و در مجاورت توده نفوذی گرانیتوئیدی احیایی در سطح زمین وجود پیرویت فراوان در این زون فرآیندهای سوپرژن در سطح را شدت بخشیده و تا حدودی تفکیک آن از کانه زایی با سنگ میزبان نفوذی مشکل شده است. کانی سازی فلزی شامل آرسنوپیریت، پیریت، پیرویت، کالکوپیریت و به مقدار کمتر اسفالریت و گالن می‌باشد. دگرسانی‌های اصلی در واحد شیل و توفیت شامل دگرسانی پروپلیتیک، سریستی، کربناتی، سیلیسی، کلریتی و تورمالینی می‌باشد.

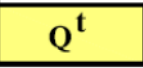

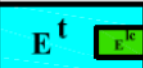
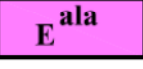



- کانه زایی با میزبان توده نفوذی

این نوع کانی سازی نیز در دامنه خاوری و جنوب خاوری کوه سیاه کمر در محدوده اکتشافی رخنمون دارد. سنگ میزبان توده نفوذی گرانودیوریت پورفیری تا گرانیت است که در نزدیک سطح و سقف خود دارای کانی زایی متنوع با بافت استوک و رکی، پراکنده، توده ای و برشی می‌باشد. احتمالاً منشا محلول کانه ساز خود توده گرانیتوئیدی باشد. دگرسانی از نوع کوارتز + تورمالین  $\pm$  سرسیت  $\pm$  کلسیت  $\pm$  کلریت است که هم در سطح و هم در عمق مشاهده می‌شود. همراه با کانیهای آلتراسیون، رگچه‌های متعددی از جمله رگچه‌های کوارتز تورمالین  $\pm$  سریست، رگچه‌های کوارتز و کلسیت همراه یا بدون سولفید و رگچه‌های سولفیدی شامل آرسنوپیریت، پیریت، پیرویت، گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، بورنیت، تتراهدریت، استانیت، استینیت و بیسمونیت وجود دارد که در سطح اکثراً به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند (برگرفته از گزارش اکتشاف عمومی کانسار طلای هیرد- تارگت شماره ۱، مهندس عسکری، ۱۳۸۹ و گزارش نقشه زمین شناسی معدنی ناحیه امید بخش طلای هیرد، مهندس عسکری، مهندس صفری، ۱۳۸۲).






نقشه ۱-۱: نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه (برگرفته از نقشه زمین شناسی معدنی ۱/۲۵۰۰ هیرد).








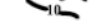






## LEGEND

<b>QUATE.</b>		$Q^t$ : Young terraces
		$E^c$ : Conglomerate with intercalations of tuff, lithic tuff, agglomerate, sandstone, limestone and andesite with skarnoid in some portions
<b>EOCENE</b>		$E^{mi}$ : High altered and mineralized zone (Argillic, Sericitic, Calsitic, Silicic and limonitic alteration with gold mineralization)
		$E^{at}$ : Low altered conglomerate with low gold mineralization
		$E^t$ : Tuff, lithic tuff, siltstone, silicified shale and dacite with skarnoid in some portions
		$E^{ala}$ : Metamorphosed limy conglomerate (Skarnoid)
		$E^{ala}$ : Altered andesite (porphyritic and argillic), Quartz andesite

## INTRUSIVE ROCKS AND MINERALIZED UNITS (POST EOCENE)

	Silicic veins with gold mineralization
	Gr : Granodiorite and granite Qzt : Quartz-Tourmaline altered zone
	Gb : Gabbro and gabbrodiiorite

## GENERAL SYMBOLS

	Fault
	Thrust Fault
	Inferred Fault
	Fault zone
	Drainage
	Geological contact
	Dip of bed
	Contours
	Structural section
	5T Location of Petrographical samples
	7P Location of Mineralogical samples
	G11 Location of borehole
	Location of trench
	Road

## فصل دوم

### مطالعات ژئوفیزیک

#### ۱-۲- روش های الکتریکی

##### ۱-۱-۲- روش قطبش القایی<sup>۱</sup>

اولین بار در اواخر دهه ۱۹۴۰ روش قطبش یا پلاریزاسیون القایی برای اکتشاف توده های کانسنگی بالاخص برای سولفیدهای پراکنده (دیسیمینه) مورد استفاده قرار گرفت. در دهه ۱۹۶۰ از این روش بطور گسترده در اکتشافات ژئوفیزیک معدنی زمین پایه استفاده شده است. کنراد شلامبرگر احتمالاً اولین فردی بود که وجود پدیده پلاریزاسیون القایی را گزارش کرد.

تجارب آزمایشگاهی نشان داده است هنگامیکه جریان الکتریکی از نوع مستقیم  $DC$  و یا متناوب  $AC$  با فرکانس خیلی کم حدود  $۰/۱$  هرتز به زمین فرستاده شود، انرژی الکتریکی در داخل سنگها بر اساس فرآیندهای یونی ذخیره می شود. این عمل معمولاً به دو طریق صورت می گیرد.

---

<sup>۱</sup>. Induced polarization (IP)

## ۲-۱-۲- پلاریزاسیون غشایی<sup>۲</sup> یا غیر فلزی

در این روش عبور جریان الکتریکی توسط الکترولیت‌های موجود در خلل و فرج سنگها صورت می‌گیرد. این نوع *IP* در زمین‌های رسی دیده می‌شود و بدین جهت در مورد اکتشاف آب و نواحی رسی از این روش می‌توان به خوبی بهره برد. علت این نوع *IP* را می‌توان چنین توجیه کرد که سطح کانیهای رسی دارای بار منفی است و در نتیجه بارهای مثبت را جذب می‌کند. لذا بعد از گسترش جریان بارهای مثبت جابجا می‌شوند و پس از قطع جریان به وضع اولیه خود بر می‌گردند که نتیجه این عمل پدیده *IP* می‌باشد ( شکل ۲-۱).

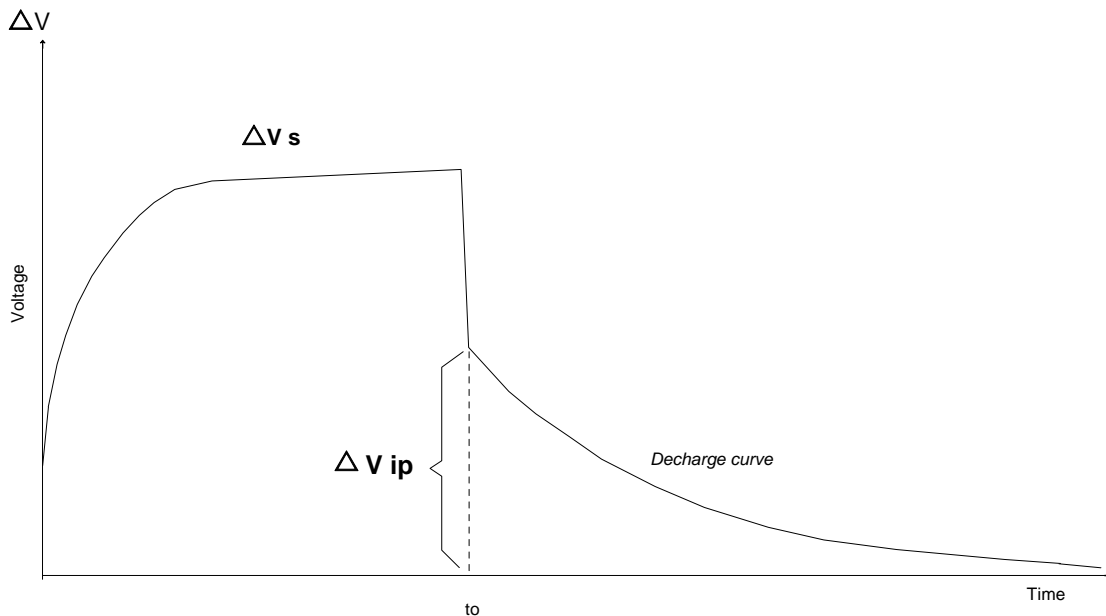
## ۲-۱-۳- پلاریزاسیون الکترودی<sup>۳</sup> یا پلاریزاسیون فلزی

در این روش عبور جریان الکتریکی توسط کانیهای فلزی در سنگها بصورت الکترونیکی صورت می‌گیرد. البته در این حالت ممکن است همزمان با عبور جریان الکتریکی توسط الکترولیت‌های موجود در خلل و فرج آنها نیز صورت پذیرد. هرگاه جریان الکتریکی بطور ناگهانی قطع شود، بارهای الکتریکی به آهستگی پراکنده شده و بسوی تعادل پیش می‌روند. این امر سبب پیدایش ولتاژ ضعیف و رو به زوال *IP* می‌شود. طول مدت دوام ولتاژ رو به زوال *IP* در داخل زمین به عواملی مثل جنس و ساخت سنگها، تخلخل، نفوذپذیری، قابلیت هدایت الکتریکی، کانیهای فلزی و قابلیت هدایت الکترولیت موجود در حفرات سنگها بستگی دارد. هر چه ماده معدنی هادی تر و درصد آن بیشتر و در متن سنگ میزبان پراکنده تر ( دیسپینه تر) باشد، *IP* بزرگتر خواهد بود، زیرا در این حالت سطح تماس جهت تبادل الکترونی- یونی به حداکثر خواهد رسید. با تجربه ای که در عملیات

<sup>۲</sup> . Membrane Polarization

<sup>۳</sup> . Over Voltage

زمینی بدست آمده در بعضی موارد با مقایسه نقشه‌های مقاومت ظاهری و بارپذیری مشخص می‌شود نواحی که دارای  $IP$  قوی است دارای مقاومت ظاهری زیاد هم می‌باشد.



شکل ۲-۱: تغییرات ولتاژ قبل و بعد از قطع جریان نسبت به زمان

## ۲-۲ - اختلالات در اندازه گیری‌ها

در این مبحث فرض بر صحت اندازه گیری‌ها بوده و خطاهای دستگاهی در مقایسه با سایر خطاها قابل اغماض فرض می‌شود. لذا در این قسمت اختلالات ناشی از پدیده‌های زمین شناسی نامطلوب و اثرات شرایط خاص زمین شناسی مورد توجه قرار گرفته است.

### ۲-۲-۱ - پلاریزاسیون غشایی

این پلاریزاسیون در سنگهایی که درصد ناچیزی از کانیهای رسی در آنها پخش شده باشد، ظهور می‌کند خصوصاً در سنگهای متخلخل و نفوذپذیری که رس در قسمتی از مسیر تخلخل موثر حاوی الکترولیت قرار می‌گیرد، مقدار پلاریزاسیون غشایی افزایش می‌یابد. از آنجا که در حین اندازه

گیری نمی‌توان اثر پلاریزاسیون غشایی را از پلاریزاسیون فلزی تشخیص داد، پلاریزاسیون غشایی در اکتشاف ذخایر معدنی فلزی پارازیت محسوب می‌شود. ولی همانطور که قبلاً اشاره کردیم این پلاریزاسیون در اکتشاف منابع آبهای زیرزمینی که سنگ کف آنها از نوع رسی باشد، مفید خواهد بود. برای تشخیص وجود پلاریزاسیون مربوط به رس‌ها، باید از زمین شناسی منطقه مورد مطالعه هم کمک گرفت و یا با روش‌های ویژه پلاریزاسیون الکترودی فلزی را از پلاریزاسیون غشایی تمیز داد.

## ۲-۲-۲- اثر کوپلینگ القای الکترومغناطیسی

اثرات القای الکترومغناطیسی باعث انحراف اختلاف پتانسیل مربوط به پلاریزاسیون القایی می‌گردد. این انحراف ناخواسته هنگامی که طول خط جریان زیاد است و زمین هم دارای هدایت ویژه قابل توجهی است محسوس بوده و باعث خطای زیادی در اندازه‌گیریهای پلاریزاسیون القایی می‌شود. از این رو شناخت چنین انحرافات در اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون القایی ضروری است.

راماچانداران<sup>۴</sup> در سال ۱۹۸۰ با بررسی اثرات کوپلینگ الکترومغناطیس نشان داد که در آرایش‌های مستطیلی کوپلینگ الکترومغناطیسی دارای علامت منفی بوده، یعنی در خلاف جهت پلاریزاسیون القایی می‌باشد. در آرایش‌های دوقطبی - دوقطبی و قطبی - دوقطبی این اثر دارای علامت مثبت یعنی در جهت موافق پلاریزاسیون القایی است.

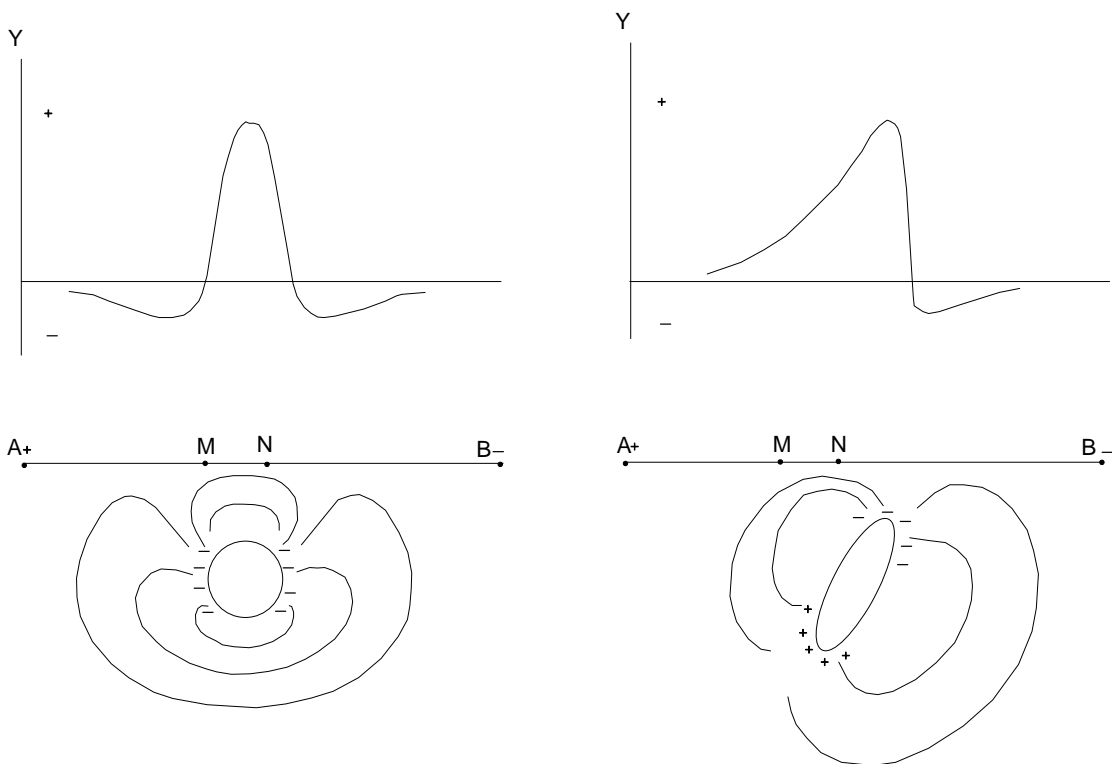
## ۲-۲-۳- پلاریزاسیون القایی منفی

گاهی در اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون القایی مقادیر منفی بدست می‌آید به این معنی که بعد از قطع جریان ولتاژ ظاهر شده بین الکترودهای پتانسیل، دارای جهت مخالف با ولتاژ اولیه قبل از قطع جریان است. عاملی که باعث شکل‌گیری این پدیده می‌شود، ممکن است ناشی از تاثیر خطوط

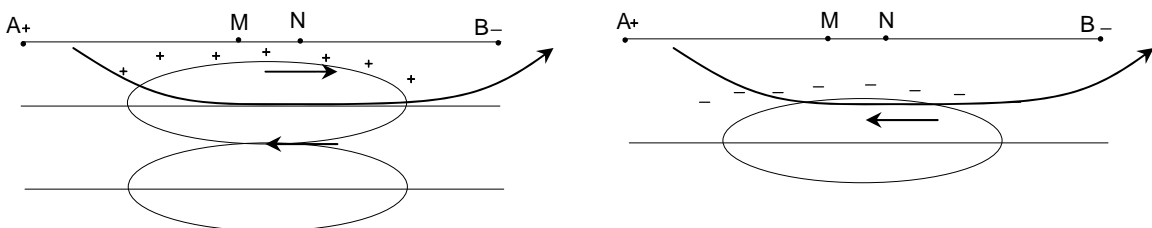
<sup>4</sup> . Ramachandaran



برق، تلفن و یا ناهمگنی های جانبی باشد. گاهی کره ها و استوانه های پلاریزه شونده مدفون و حتی لایه های پلاریزه شونده افقی نیز در موقعیت های خاص، تولید پلاریزاسیون القایی منفی می کنند. همانطور که در شکل ۲-۲ مشاهده می شود، پتانسیل ناشی از پلاریزاسیون القایی بر روی توده های پلاریزه شونده مدفون به مقدار ماکزیمم خود باعث علامت مثبت می شود و در قسمتهای مجاور قله (بسته به شکل هندسی توده) پتانسیل منفی ظاهر می شود. همچنین وقتی توده معدنی مطابق شکل ۲-۳ سطحی باشد باعث ایجاد پلاریزاسیون القایی منفی خواهد شد.



شکل ۲-۲: توده های پلاریزه شونده مدفون، تولید کننده پلاریزاسیون القایی منفی



شکل ۲-۳: توده های افقی کانی سازی شده اگر در سطح قرار گیرند پلاریزاسیون القایی منفی تولید می کنند و اگر توسط روباره غیر قابل پلاریزه پوشیده شوند پلاریزاسیون القایی منفی تولید نمی کنند.

## ۲-۳- روش های اندازه گیری

اولین راه اندازه گیری ولتاژ رو به زوال  $IP$  در حوزه زمان<sup>۵</sup> می باشد که خود به اشکال گوناگون صورت می گیرد که بستگی به نوع دستگاه های اندازه گیری دارد. یکی از روش های اندازه گیری بارپذیری ظاهری براساس نسبت  $\Delta VIP/V_S$  می باشد. در این روش کمیت  $\Delta VIP$  در یک زمان معین ( $T$ ) پس از قطع جریان اندازه گیری می کنند و نسبت آن را به  $V_S$  (ولتاژ اندازه گیری شده در زمان  $T_0$ ) با واحد میلی ولت بر ولت نشان می دهند. در این طریق زمان  $T$  درست کمی بعد از جریان  $T_0$  انتخاب می شود (شکل ۱) تا اثر جریان الکترومغناطیس ثانویه از بین برود از سوی دیگر زمان  $T$  نباید زیاد طولانی باشد، زیرا ممکن است افت پتانسیل  $IP$  آنقدر زیاد باشد که به حد پارازیت برسد.

دومین راه اندازه گیری، اندازه گیری بارپذیری ظاهری در حوزه فرکانس<sup>۶</sup> است که در این روش تغییرات مقاومت ویژه ظاهری در فرکانس های مختلف اندازه گیری می گردد. جریان حاصله از  $IP$  در سنگهای زیرسطحی با جهت جریان تزریقی مخالفت می کند. از این رو سبب ایجاد یک مقاومت مازاد بر مقاومت الکتریکی سنگها می شود. از آنجا افزایش فرکانس سبب کم شدن مقدار ولتاژ  $IP$  می شود، این مقاومت مازاد با افزایش فرکانس جریان تزریقی مرتباً کم می شود. معمولاً در سنگهایی که تقریباً فاقد کانیهای هادی هستند  $IP$  خیلی کم ایجاد می شود و در نتیجه اثر ازدیاد فرکانس در کاهش  $\rho_a$  در حدود ۰/۱ می باشد.

در سنگهایی که کانیهای هادی به مقدار قابل ملاحظه ای حضور دارند مقدار  $IP$  حاصله نسبتاً زیاد و در نتیجه به ازای هر ده برابر که بر فرکانس جریان تزریقی افزوده شود  $\rho_a$  به اندازه ۱۰ تا ۲۰

<sup>۵</sup>. Time-Domain

<sup>۶</sup>. Frequency Domain

درصد کاهش نشان می‌دهد. اندازه گیری‌های حوزه فرکانسی نسبت به حوزه زمانی دارای دو مزیت است یکی نسبت سیگنال به پارازیت در آنها بیشتر است و دیگری ساده و سبک بودن تجهیزات. برتری اندازه گیری‌های حوزه زمانی نسبت به حوزه فرکانسی سرعت بیشتر اندازه گیری‌ها و صرفه جویی در زمان است.

## ۲-۴- روش مقاومت سنجی

در این روش جریان‌های الکتریکی مصنوعی توسط دو الکتروود به زمین تزریق می‌شود و اختلاف پتانسیل منتجه بین دو نقطه در سطح زمین اندازه گیری می‌شود. انحراف از شکل اختلاف پتانسیل‌های قابل انتظار در مورد زون‌های همگن، اطلاعاتی در مورد شکل و خواص الکتریکی ناهمگونی‌های زیر سطحی ارائه می‌دهد.

مقاومت ویژه یک ماده به عنوان مقاومت ویژه بین سطوح مخالف یک مکعب واحد از جسم بر حسب اهم متر تعریف می‌شود. مقاومت ویژه الکتریکی یکی از خواص فیزیکی سنگها می‌باشد که دارای تغییرات زیادی است. کانی‌های خاصی مانند فلزات طبیعی و گرافیت از طریق عبور الکترون‌ها جریان الکتریکی را هدایت می‌کنند. ولی بیشتر کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها از رسانایی پایینی برخوردار بوده و جریان الکتریکی اغلب از طریق یون‌های آب موجود در خلل و فرج سنگ انتقال می‌یابد. بنابراین بیشتر سنگ‌ها الکتریسیته را بطریق الکترولیتی هدایت می‌کنند تا از طریق الکترونیکی، و این بدان معناست که تداخل عمده‌ترین کنترل کننده مقاومت ویژه سنگ می‌باشد. علاوه بر این، میزان آب درون خلل و فرج سنگ‌ها و مقاومت الکتریکی آب نیز در این جهت نقش مهمی را ایفا کرده و در حد وسیعی مقاومت ویژه الکتریکی سنگ را تغییر می‌دهند. و بر این اساس هم‌پوشی قابل ملاحظه‌ای بین مقاومت ویژه الکتریکی انواع مختلف سنگ‌ها وجود دارد و در نتیجه مشخص کردن نوع سنگ‌ها تنها بر اساس داده‌های مقاومت سنجی امکان پذیر نمی‌باشد. در اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی، جریان الکتریکی از نوع مستقیم توسط دو الکتروود جریان  $(A, B)$  به درون زمین فرستاده می‌شود

و اختلاف پتانسیل حاصل بین دو الکتروود پتانسیل  $(M, N)$  در سطح زمین اندازه گیری می شود. مقاومت ویژه الکتریکی از فرمول  $\rho = K.V / I$  محاسبه می گردد. در این رابطه  $V$  اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده و  $I$  شدت جریان تزریق شده به زمین و  $K$  ثابت هندسی آرایش مورد استفاده می باشد. ضریب هندسی آرایش های مختلف الکتروودی توسط رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$K = 2\pi \cdot \frac{1}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

وقتی جنس زمین همگن (یکنواخت) باشد مقاومت ویژه الکتریکی محاسبه شده بر اساس این معادله ثابت بوده و مستقل از فاصله الکتروودها خواهد بود. در صورتی که اگر ناهمگنی زیرسطحی موجود باشد، مقاومت ویژه الکتریکی با موقعیت نسبی الکتروودها تغییر می کند و هر مقدار محاسبه شده به عنوان مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری  $(\rho_a)$  نامیده خواهد شد. این مقدار تابعی از شکل ناهمگنی مربوطه خواهد بود.

## ۲-۵- آرایش های مورد استفاده

در این پیمایش دو نوع آرایش الکتروودی به کار گرفته شده است که در ادامه به اختصار شرح داده خواهد

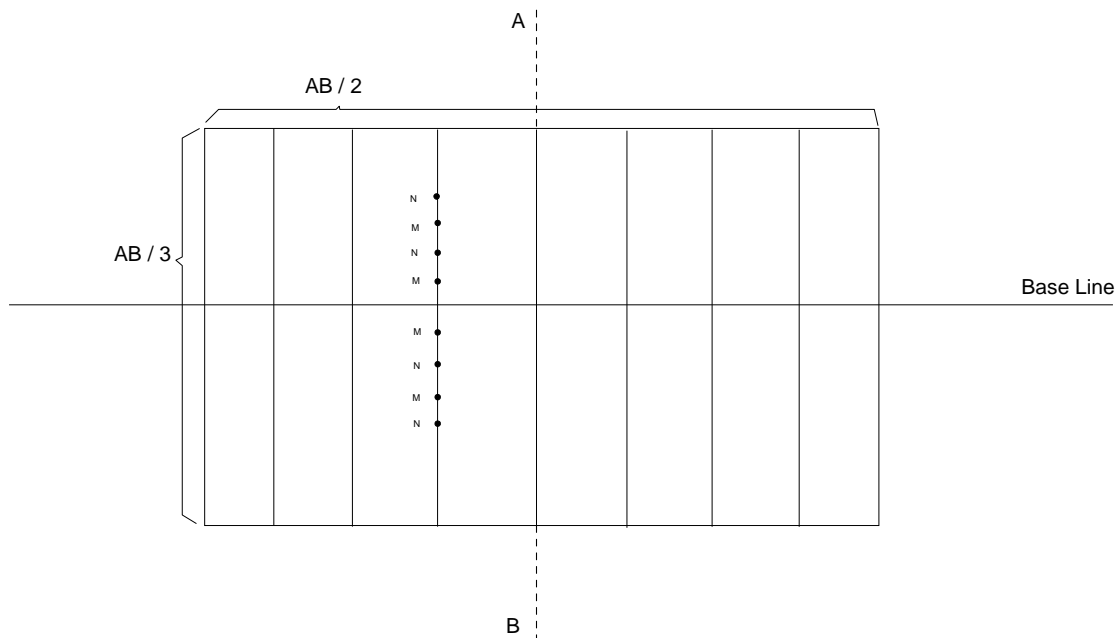
شد. این آرایش ها عبارتند از:

۱- آرایش مستطیلی

۲- آرایش دوقطبی-دوقطبی

## ۲-۵-۱- آرایش مستطیلی

همانطور که قبلاً اشاره شد در این نوع آرایش، خطی را بعنوان خط مبنا<sup>۷</sup> موازی با روند بی هنجاری یا برون زدگی ماده معدنی بر روی زمین در نظر می گیریم. سپس با توجه به عمق مورد مطالعه و تشکیلات زمین شناسی منطقه فاصله الکترودهای فرستنده ( $AB$ ) و همچنین با در نظر گرفتن موقعیت و ابعاد توده معدنی و پراکندگی آن فاصله الکترودهای گیرنده ( $MN$ ) را مشخص می شوند. مقدار  $IP$  و مقاومت ویژه ظاهری اندازه گیری شده به نقطه وسط  $MN$  نسبت داده می شود. شکل ۲-۴ وضعیت الکترودهای گیرنده، فرستنده و پروفیل ها را نشان می دهد.



شکل ۲-۴: آرایش مستطیلی

نقاط اندازه گیری در داخل مستطیلی است که مرکز آن منطبق با وسط  $AB$  بوده و ابعاد آن  $AB/3$  در جهت عمود بر خط مبنا و  $AB/2$  در امتداد خط مبنا می باشد. در این نوع آرایش فاصله  $AB$  ثابت بوده و فقط الکترودهای  $MN$  متحرک می باشند و همچنین در طول عملیات شدت جریان ثابت

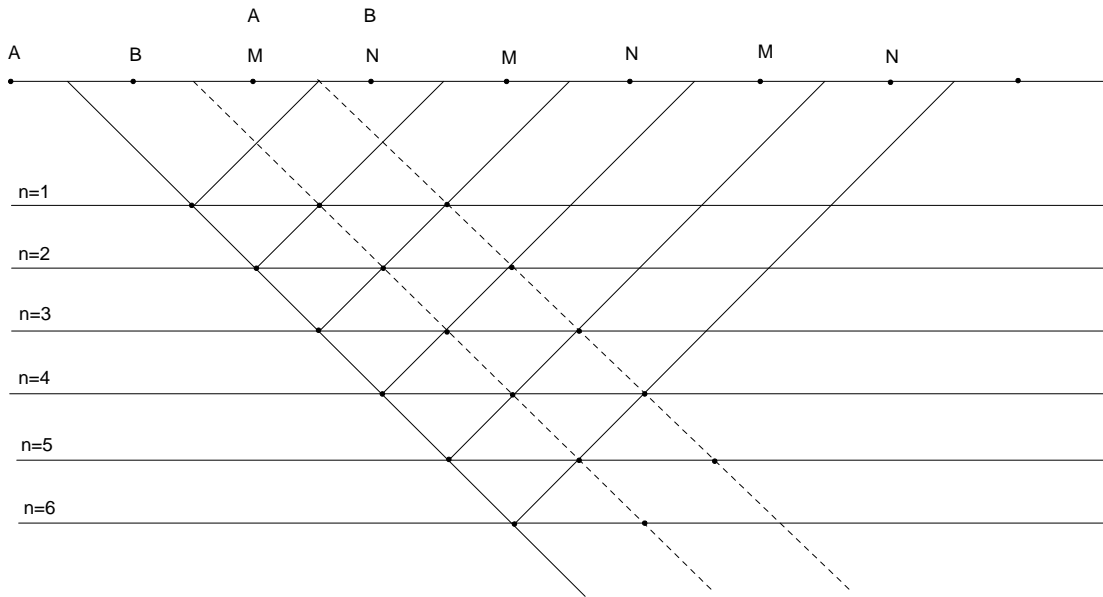
<sup>7</sup> Base Line

نگه داشته می شود. با استفاده از این روش می توان تغییرات جانبی بی هنجاری ها را از یک عمق ثابت تا به سطح بررسی نمود.

## ۲-۵-۲- آرایش دوقطبی - دوقطبی

از این نوع آرایش برای مطالعه و بررسی تغییرات و گسترش بی هنجاری در عمق و بدست آوردن شبه مقطعی از مقادیر  $IP$  و مقاومت ویژه ظاهری در محل یک پروفیل استفاده می شود. در این نوع آرایش هر چهار الکتروود  $A, B, M, N$  در امتداد یک پروفیل قرار داشته و عملاً فاصله الکتروودهای فرستند مساوی فاصله الکتروودهای گیرنده و برابر مقدار ثابت  $a$  می باشد ( $AB=MN=a$ ). در هر اندازه گیری الکتروودهای  $AB$  ثابت بوده و الکتروودهای  $MN$  در امتداد پروفیل حرکت می کنند.

فاصله بین نزدیکترین الکتروودهای جریان و پتانسیل برابر  $na$  می باشد ( $n=1,2,3,\dots$ ) و عمق هر اندازه گیری برابر  $(n+1)a/2$  خواهد بود. عدد اندازه گیری شده به نقطه ای در محل تلاقی دو خط با زاویه  $45^\circ$  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 بارپذیری و مقاومت ویژه ظاهری در امتداد یک پروفیل بدست خواهد آمد (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵: آرایش دوقطبی - دوقطبی

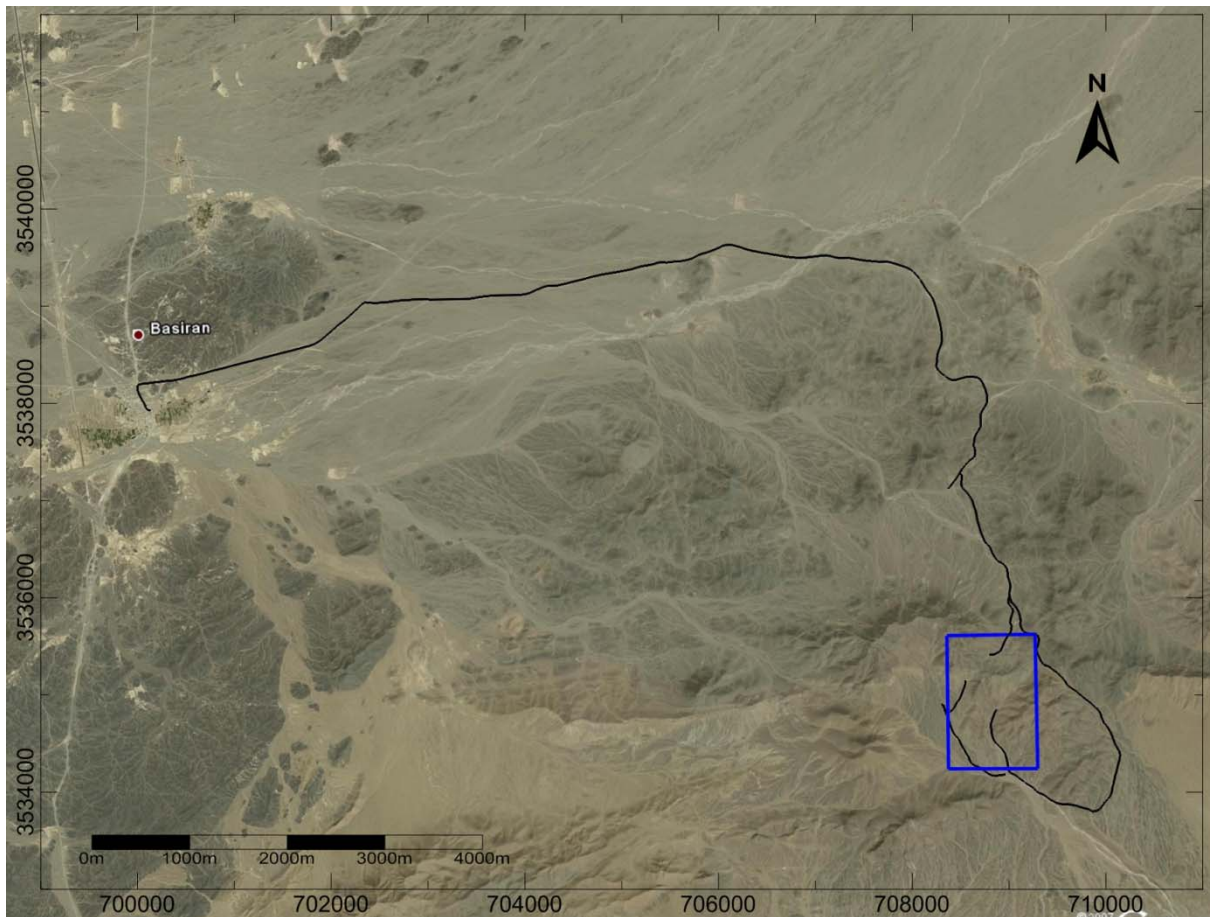
## ۲-۶- نحوه انجام عملیات صحرائی در منطقه

به منظور تعیین گسترش جانبی محدوده‌های بی‌هنجار، ابتدا منطقه مورد مطالعه تحت پوشش ۷ آرایش مستطیلی  $AB=800m$  با فواصل ایستگاهی ۲۰ متر و پروفیل‌هایی با فواصل ۵۰ متر، قرار گرفت. به منظور برداشت داده‌ها با استفاده از آرایش مستطیلی، ابتدا خط مبنا با توجه به روند کانی سازی اصلی منطقه با امتداد شمالی جنوبی در نظر گرفته شد. سپس پروفیل‌ها عمود بر این خط یعنی با امتداد شرقی غربی در منطقه پیاده شد. بدین ترتیب ایستگاه‌های صفر هر پروفیل بر روی خط مبنا قرار گرفته اند و ایستگاه‌های غربی با علامت منفی و ایستگاه‌های شرقی با علامت مثبت (مثلاً ۴۰ غربی با ۴۰- نشان داده می‌شود) مشخص شده اند. پروفیل صفر در نقطه صفر- صفر انتخاب و پروفیل‌های شمالی آن با علامت مثبت و پروفیل‌های جنوبی با علامت منفی مشخص شده اند. پس از تعیین نواحی بی‌هنجار با استفاده از آرایش مستطیلی به منظور بررسی گسترش عمقی بی‌هنجاری‌های حاصل از آرایش مستطیلی، ۵ پروفیل دوقطبی - دوقطبی با مشخصات  $AB=20, 40, 60 m$  و با پش ۲۰ متری بر روی نواحی بی‌هنجار نقشه آرایش مستطیلی برداشت شد. لازم به ذکر است که برخی از

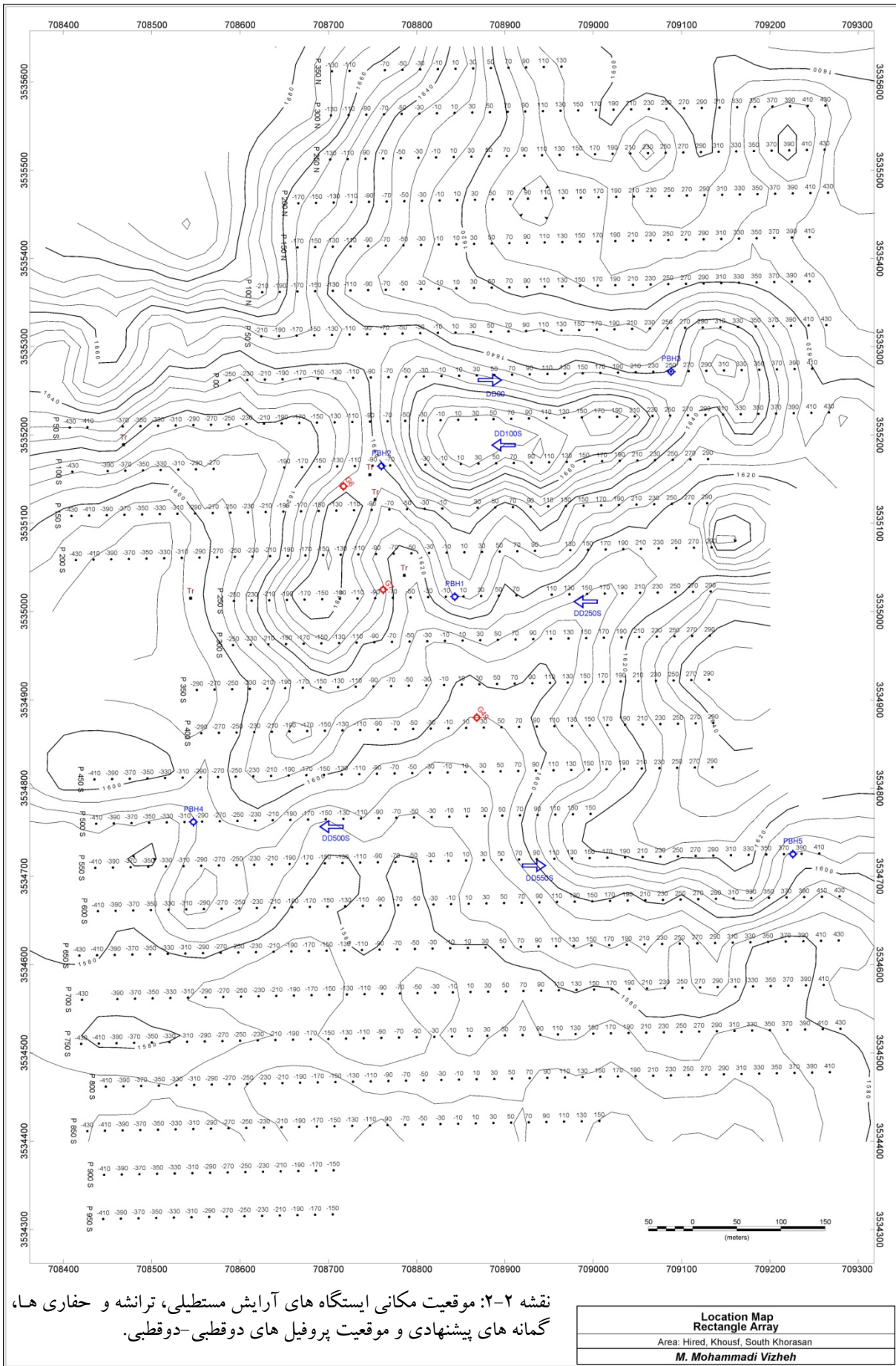
پروفیل‌های برداشت شده با دو فاصله الکترودی مورد پیمایش قرار گرفته اند. این عمل به منظور حفظ قدرت تفکیک در نزدیک سطح و همچنین دستیابی به اطلاعات مربوط به اعماق بیشتر با حفظ قدرت سیگنال مربوطه صورت گرفته است. کلیه نقاط ایستگاهی توسط *GPS* تعیین موقعیت و با سنگ چین علامت گذاری شده اند. همچنین ارتفاع آنها جهت تهیه نقشه توپوگرافی و همچنین تصحیح توپوگرافی مقاطع دوقطبی - دوقطبی، برداشت شده است. موقعیت محدوده برداشت و راه‌های دسترسی به آن در عکس هوایی منطقه در نقشه ۱-۲ آورده شده است. همچنین در تصویر ۱-۲ موقعیت و امتداد تقریبی پروفیل‌ها در محدوده مورد مطالعه به نمایش درآمده است.

پس از برداشت، داده‌ها به فرمت نرم‌افزار *Res2Dinv* در آمده و توسط آن مدل‌سازی شده‌اند. مساحت کل محدوده مورد مطالعه به طور تقریبی  $1300 \times 850$  متر مربع می‌باشد. ایستگاه‌های برداشت و موقعیت پروفیل‌های دوقطبی - دوقطبی و همچنین موقعیت برخی از ترانسه‌ها و نقاط حفاری انجام شده (مثلاً *G7*) و پیشنهادی (مثلاً *PBH3*) بر روی نقشه توپوگرافی (نقشه شماره ۲-۲) آورده شده است.





نقشه ۱-۲: موقعیت محدوده مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن در عکس هوایی (عکس از نرم افزار Google Earth Pro).



نقشه ۲-۲: موقعیت مکانی ایستگاه های آرایش مستطیلی، ترانشه و حفاری ها، گمانه های پیشنهادی و موقعیت پروفیل های دوقطبی-دوقطبی.

**Location Map  
Rectangle Array**  
Area: Hired, Khouf, South Khorasan  
**M. Mohammadi Vizheh**

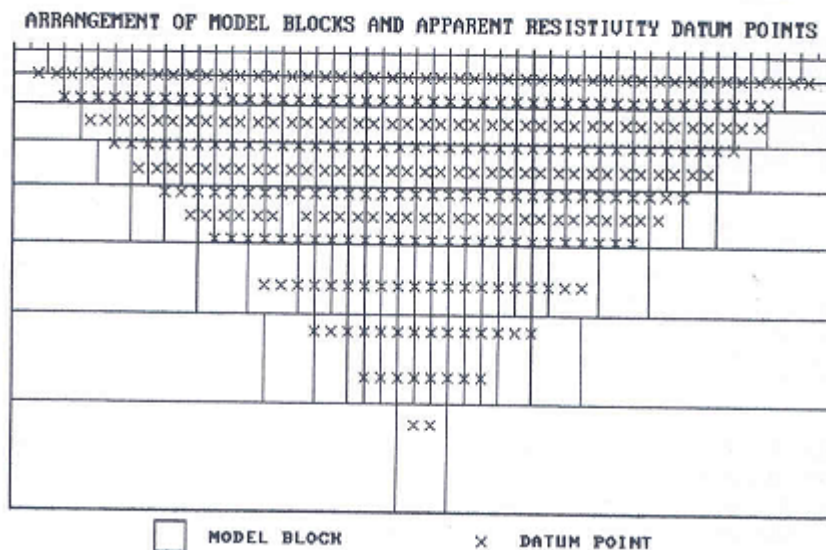


تصویر ۱-۲: موقعیت تقریبی پروفیل‌های برداشت در آرایش مستطیلی محدوده مورد مطالعه (دید تقریبی: از جنوب به شمال).

## ۲-۷- نحوه پردازش داده‌ها و مدل سازی

مدل مقاومت ویژه دو بعدی حاصل از برداشتهای صحرائی با استفاده از نرم افزار *Res2Dinv* محاسبه و ترسیم می گردد. مدل دوبعدی استفاده شده بوسیله این برنامه شامل یک تعداد بلوک مستطیلی شکل است (شکل شماره ۲-۶).

از این نرم افزار می توان برای مدل سازی آرایه‌های قطبی - قطبی، دو قطبی - دو قطبی، دو قطبی - دو قطبی، و نر و شلومبرژه استفاده کرد. علاوه بر آرایه‌های معمول، این برنامه حتی از آرایه‌های غیرمتعارف نیز پشتیبانی می کند. با استفاده از این نرم افزار می توان شبه مقاطعی با بیش از ۱۰۰۰۰ الکتروود و ۲۱۰۰۰ نقطه داده را در یک زمان واحد، بر روی کامپیوتری با *RAM* یک گیگا بایت پردازش نمود.



شکل ۲-۶: موقعیت قرارگیری بلوک‌های مورد استفاده در مدل نسبت به نقاط برداشت در شبه مقطع

در این روش با تغییر مقاومت ویژه بلوک‌ها، اساساً سعی می شود اختلاف بین مقاومت ویژه ظاهری محاسبه شده و اندازه گیری شده را کاهش دهد. این اختلاف بوسیله خطای جذر متوسط مربعات *RMS* ارائه می شود. با این وجود مدلی با کمترین خطای *RMS* ممکن می تواند بعضی وقتها تغییرات غیرواقعی و بزرگتری را

در مقادیر مقاومت ویژه مدل نشان دهد و همیشه ممکن نیست بهترین مدل از نظر زمین شناسی باشد. در حالت عمومی بهترین روش انتخاب مدل، انتخاب در الگوریتم‌هایی است که خطای  $RMS$  بطور قابل توجهی تغییر نمی‌کند. این حالت بین تکرارهای ۳ تا ۵ اتفاق می‌افتد.

از قابلیت‌های دیگر این نرم افزار می‌توان به اعمال تصحیحات توپوگرافی بر روی داده‌ها همزمان با معکوس سازی داده‌ها اشاره نمود. این کار با داشتن نقاط ارتفاعی ایستگاه‌های برداشت امکان پذیر است.

## ۲-۸- تجهیزات مورد استفاده

دستگاه اندازه گیری  $IP&RS$  که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است ساخت شرکت  $IRIS$  فرانسه می‌باشد که مشخصات آن به شرح ذیل می‌باشد.

- موتور ژنراتور بنزینی جهت تولید برق ۲۲۰ ولت ۵۰ هرتز.
- دستگاه تقویت کننده، یکسو کننده و فرستنده جریان مدل  $VIP$  ساخت کشور فرانسه، این دستگاه قادر است برق ۲۲۰ ولت حاصل از موتور در دو حوزه فرکانسی و زمانی (بسته به دستگاه گیرنده) را تا حداکثر ۱۵۰۰ ولت افزایش دهد. در این مطالعه از این دستگاه در حالت  $Time Domain$  استفاده شد. این دستگاه به گونه‌ای تنظیم گردیده که جریان الکتریسیته را به فاصله زمانی مساوی هر ۲ ثانیه به الکترودهای جریان  $A, B$  فرستاده و قطع نماید. مدت ارسال جریان نیز ۲ ثانیه می‌باشد. در هر بار ارسال جریان، جهت جریان نیز از داخل دستگاه عوض می‌شود. علاوه بر این، میزان شدت جریان برقرار شده بین الکترودهای  $A$  و  $B$  نیز توسط صفحه دیجیتالی موجود بر روی دستگاه با دقت میلی آمپر نشان داده می‌شود که در محاسبه مقاومت ویژه ظاهری مورد استفاده قرار می‌گیرد.



تصویر ۲-۲: مجموعه موتور ژنراتور، ترانسسمیتر و رسیور به همراه سیمهای فرستنده جریان



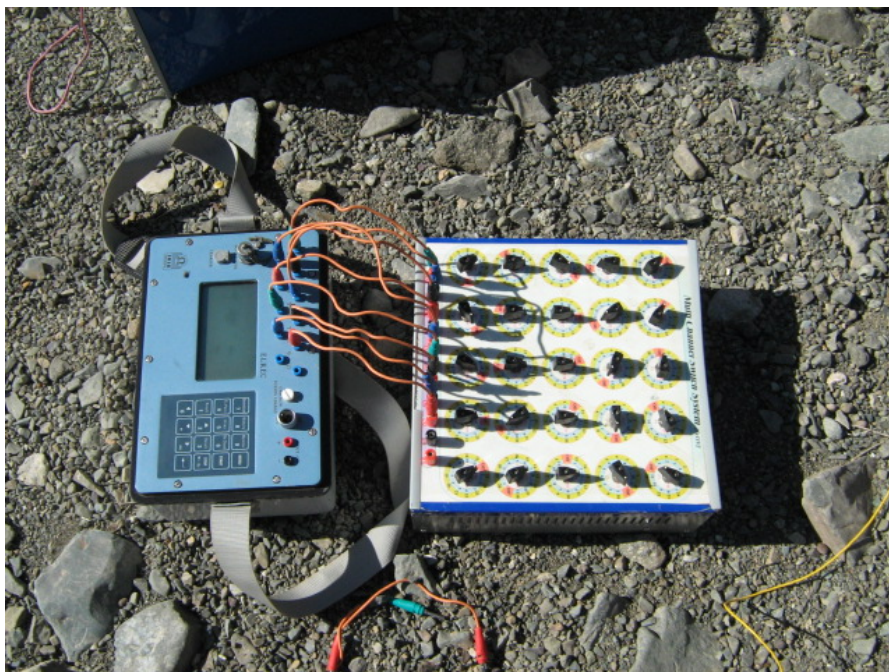
تصویر شماره ۲-۳: ترانسسمیتر VIP ساخت شرکت IRIS فرانسه

• دستگاه گیرنده (رسیور) مدل *ELREC-10* ساخت شرکت *IRIS* با دقت  $0.01$  میلی ولت بر ولت است.

این دستگاه قادر است مساحت زیر منحنی میرای ولتاژ در زمان های  $T1, T2$  را در  $20$  پنجره مختلف اندازه گیری نماید و در نتیجه امکان پردازش اسپکترال را میسر می سازد.

از مهمترین مشخصات این دستگاه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

اندازه گیری همزمان  $10$  ایستگاه به طور همزمان، محاسبه ضریب  $K$  بطور خودکار با توجه به موقعیت الکترودهای فرستنده و گیرنده، محاسبه مقاومت ویژه ظاهری که بطور خودکار با توجه به مقدار شدت جریان الکتریکی برحسب میلی آمپر کنترل می شود، میزان اتصال الکتریکی الکترودها با زمین، اندازه گیری مثبت تمام پارامترها شامل موقعیت هر ایستگاه، مقاومت الکترودها، میزان پتانسیل خودزا، اختلاف پتانسیل، بارپذیری ظاهری، میزان انحراف معیار ( $S.D$ )، میزان مقاومت ویژه ظاهری، تعداد اندازه گیری ها، بارپذیری واقعی، و امکان مشاهده نופه ها بر روی هر یک از الکترودها هنگام اندازه گیری و داشتن حافظه و امکان ذخیره سازی تمامی اطلاعات و تخلیه اطلاعات از گیرنده به کامپیوتر از طریق خروجی  $USB$  با نرم افزار تخلیه مخصوص دستگاه.



تصویر ۲-۴: گیرنده (رسیور) *ELREC-10* ساخت شرکت *IRIS* فرانسه به همراه سویچ باکس ساخت سازمان زمین شناسی کشور (گروه ژئوفیزیک).

## فصل سوم

### بررسی نتایج

با توجه به حضور کانی سازی طلا همراه با سولفیدهای فلزی در این ناحیه، انتظار می‌رود که نواحی کانه‌زا خود را در نقشه‌های  $IP$  با مقدار عددی بالا و طیف رنگی نارنجی تا بنفش نشان دهند. موقعیت آنها در برخی موارد در نقشه  $RS$  متناظر با نواحی با مقاومت الکتریکی کم (طیف رنگی آبی) می‌باشد. در همه نقشه‌های مقاومت ویژه الکتریکی و بارپذیری، طیف رنگی آبی تا بنفش به ترتیب برای مقاومت‌های ویژه الکتریکی کم به زیاد و بارپذیری کم به زیاد استفاده شده است. همچنین به منظور مقایسه پروفیل‌های دوقطبی-دوقطبی با یکدیگر، شبه مقاطع و مقطع حاصل از مدل سازی وارون مقاومت ویژه و بارپذیری آنها با مقیاس عددی و طیف رنگی مشابه به نقشه در آمده‌اند. نقشه‌های مقاومت ویژه الکتریکی و بارپذیری مربوط به آرایش مستطیلی در متن گزارش در قطع  $A4$  و درانتهای گزارش در قطع  $A3$  پیوست شده‌اند.

پس از بررسی نقشه‌های آرایش مستطیلی و مشخص کردن نواحی بی‌هنجار، برای بررسی‌های عمقی و پیشنهاد نقاط حفاری بر روی بی‌هنجاری‌ها، چند پروفیل دوقطبی-دوقطبی با مشخصات زیر برداشت شد، که به ترتیب به بررسی آنها پرداخته می‌شود.



شماره	نام پروفیل	محدوده برداشت	فاصله الکترودی	پرش AB	پرش MN	شماره نقشه
۱	DD250S	150E 290W	۴۰ متر	۲۰ متر	۲۰ متر	۳-۳
۲	DD100S	50E 330W	۲۰ و ۴۰ متر	۲۰ متر	۲۰ متر	۴-۳
۳	DD0	470E 70E	۶۰ متر	۲۰ متر	۲۰ متر	۵-۳
۴	DD500S	150W 550W	۴۰ و ۶۰ متر	۲۰ متر	۲۰ متر	۶-۳
۵	DD550E	520E 90E	۴۰ و ۶۰ متر	۲۰ متر	۲۰ متر	۷-۳

### ۳-۱- بررسی نتایج در آرایش مستطیلی

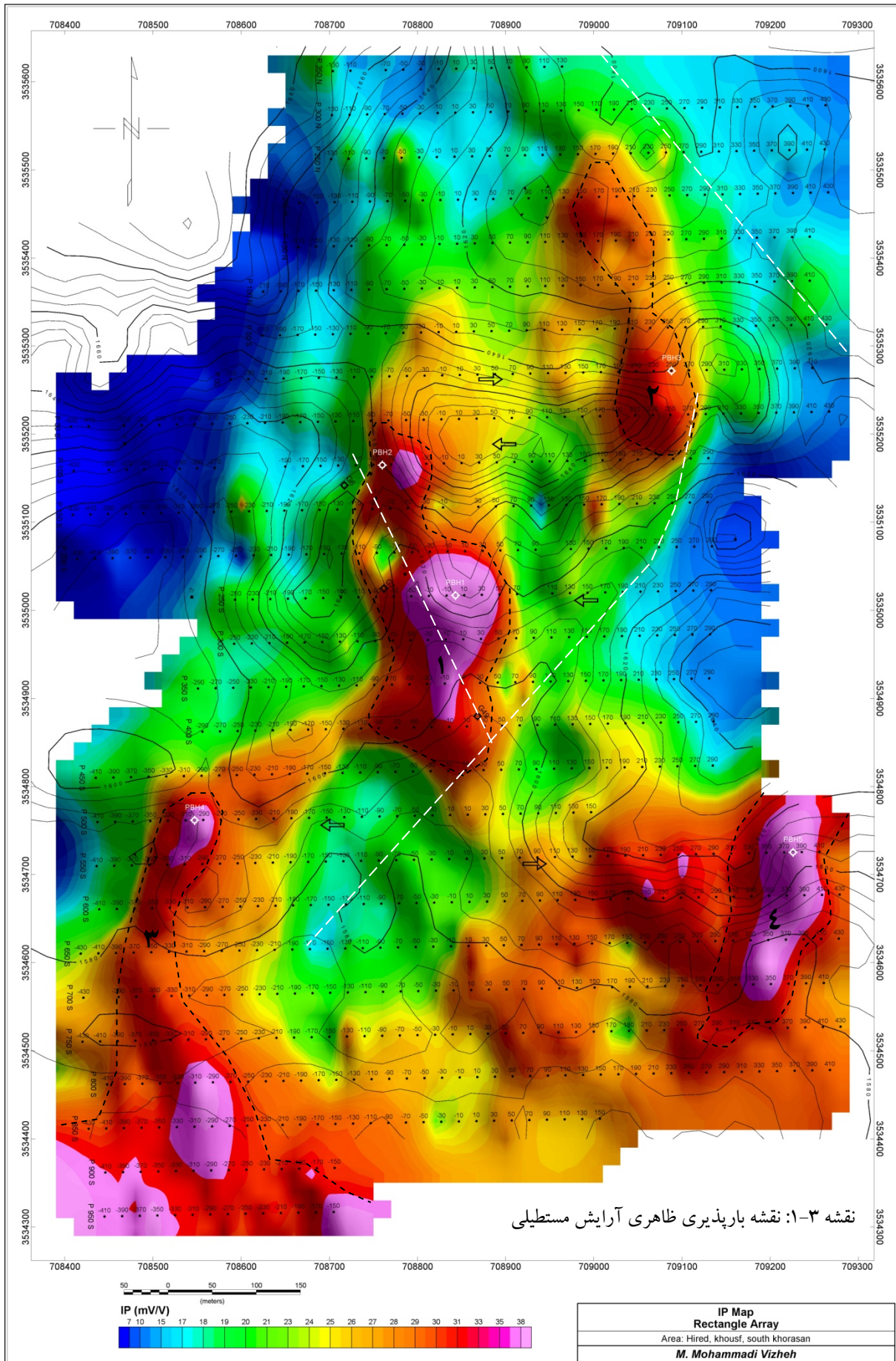
در این مطالعه نواحی مورد بررسی توسط ۷ آرایش مستطیلی با مشخصات  $AB=800\text{ m}$  و فواصل پروفیلی ۵۰ متر و فواصل ایستگاهی ۲۰ متری ( $MN=20\text{ m}$ ) مورد پیمایش قرار گرفته و پارامترهای بارپذیری ظاهری و مقاومت ویژه ظاهری اندازه گیری شده است. در ادامه مقادیر اندازه گیری شده در نقشه‌های مقاومت ویژه و بارپذیری به صورت جداگانه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

#### ۳-۱-۱- نقشه بارپذیری آرایش مستطیلی

نقشه بارپذیری ظاهری محدوده مورد مطالعه با استفاده از آرایش مستطیلی در نقشه ۳-۱ آورده شده است. همانطور که در این نقشه دیده می‌شود، نواحی با بارپذیری بالاتر با طیف رنگی قرمز تا بنفش از دیگر نواحی متمایز شده اند. در این محدوده حداقل مقدار عددی بارپذیری ۲ و حداکثر مقدار عددی آن ۵۰ میلی ولت بر ولت می‌باشد. در این نقشه چند ناحیه بی‌هنجار قابل تشخیص است که بر روی نقشه از شماره ۱ تا ۴ نامگذاری شده اند. با توجه به نوع کانی سازی در منطقه که حاوی سولفیدهای فلزی در نواحی کانه زا است، نواحی با بارپذیری بالا را می‌توان از پتانسیل بالایی برای کانی سازی برخوردار دانست. بی‌هنجاری شماره ۱ در مرکز نقشه بارپذیری آرایش مستطیلی در فاصله پروفیل‌های ۵۰ تا ۴۵۰ جنوبی و در فاصله ایستگاه‌های ۱۱۰ غربی تا ۷۰

شرقی قابل مشاهده است. همانطور که از پربندهای توپوگرافی این محدوده در نقشه ۳-۱ قابل تشخیص است، این بی هنجاری در حاشیه یک آبراهه گسلی تقریباً شمالی-جنوبی واقع شده است. ترانسه‌های شماره ۱۵، ۱۷ و ۱۸ در امتداد این آبراهه و بر روی زون کوارتز-تورمالین که حاوی کانی سازی سولفیدی است، طراحی شده اند. همچنین گمانه‌های اکتشافی  $G6$ ،  $G7$  و  $G49$  که در حوالی این ناحیه بوده و موقعیت آنها در نقشه ۳-۱ آورده شده است، همگی حضور کانی سازی سولفیدی در این ناحیه را تأیید کرده اند. بی هنجاری شماره ۲ در فاصله پروفیل‌های ۱۰۰ جنوبی تا ۲۰۰ شمالی و در فاصله ایستگاه‌های ۱۵۰ تا ۲۷۰ شرقی قابل تشخیص است. با توجه به شواهد صحرایی و پربندهای توپوگرافی، به نظر می‌رسد که این بی هنجاری نیز در امتداد یک شکستگی و گسلش واقع شده باشد. این مسأله تا حدی در نقشه مقاومت ویژه ظاهری آرایش مستطیلی در نقشه ۳-۲، قابل تشخیص است. لازم به ذکر است که زون‌های گسلش و همبری‌های احتمالی با خط چین سفید در نقشه‌های ۳-۱ و ۳-۲ مشخص شده اند. این نواحی با استفاده از نقشه مقاومت ویژه و توپوگرافی محدوده، شواهد صحرایی و اطلاعات زمین شناسی منطقه مشخص شده اند. هر چند که نواحی اطراف گسل‌ها و شکستگی‌ها به دلیل خرد شدگی و احتمال حضور کانی‌های رسی می‌توانند مقادیر بالای بارپذیری را سبب شوند ولی علت عمده این امر را می‌توان ناشی از کانی سازی در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها دانست. لازم به ذکر است که در این ناحیه و در سطح زمین شواهدی از حضور کانی سازی سولفیدی که در سطح تبدیل به اکسید شده اند، مشاهده می‌شود. بی هنجاری شماره ۳ در فاصله پروفیل‌های ۴۵۰ تا ۹۵۰ جنوبی قابل تشخیص است. این بی هنجاری در شمال آن در فاصله ایستگاه‌های ۲۵۰ تا ۳۷۰ غربی دیده می‌شود و در سمت جنوب، در مناطق پست تر و بر روی آبرفت‌های عصر حاضر منطقه از گستردگی بیشتری برخوردار است. این بی هنجاری در شمال آن و در حوالی پروفیل ۵۰۰ جنوبی در سطح زمین در حاشیه همبری توده نفوذی با توف‌ها و شیل‌های سیلیسی واقع شده است. نظیر چنین مشاهداتی برای بی هنجاری شماره ۲ نیز قابل تشخیص است. با توجه به حضور کانی سازی در حاشیه توده

نفوذی، این بی هنجاری را نیز می توان از پتانسیل مناسبی برای کانی سازی برخوردار دانست. همانطور که در نقشه ۱-۳ دیده می شود، این بی هنجاری به سمت جنوب غرب منطقه مورد مطالعه و بر روی آبرفت ها گسترش می یابد. هر چند که گسترش نواحی کانه زا در عمق می تواند مسبب گسترش بی هنجاری شماره ۳ در جنوب غرب نقشه ۱-۳ باشد ولی نباید نقش رسوبات حاوی سولفید را که از ارتفاعات منطقه به سمت پایین دست حمل شده اند را نادیده گرفت. از این رو این مسأله بایستی با اطلاعات زمین شناسی تطبیق داده شود. بی هنجاری شماره ۴ در جنوب شرقی محدوده مورد مطالعه و در فاصله پروفیل های ۷۵۰ تا ۵۵۰ جنوبی و مابین ایستگاه های ۳۱۰ تا ۴۱۰ شرقی قابل تشخیص است. این بی هنجاری بر خلاف ۳ بی هنجاری دیگر در توف ها و شیل های سیلیسی مشاهده می شود. در سطح زمین و در این ناحیه اثری از توده نفوذی گرانیتی که با کانی سازی مرتبط باشد قابل تشخیص نیست. همچنین این بی هنجاری منطبق بر یک آبراهه در این ناحیه است. با توجه به مشاهده موارد مشابه از حضور کانی سازی دور از توده نفوذی و در مناطق خرد شده و گسلش ها، این بی هنجاری را نیز می توان از پتانسیل کانی سازی برخوردار دانست.



نقشه ۱-۳: نقشه بارپذیری ظاهری آرایش مستطیلی

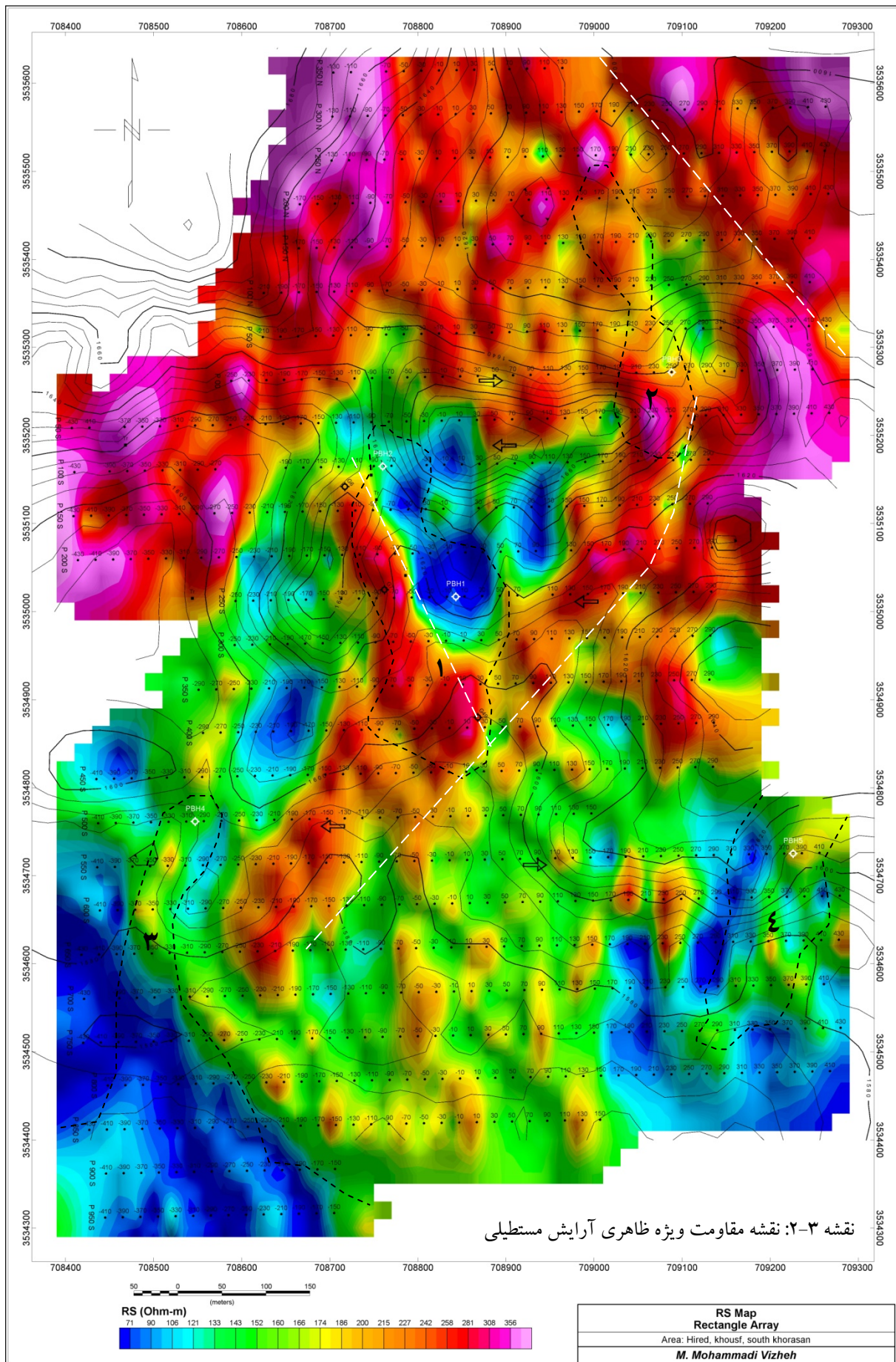
### ۳-۱-۲- بررسی نقشه مقاومت ویژه آرایش مستطیلی

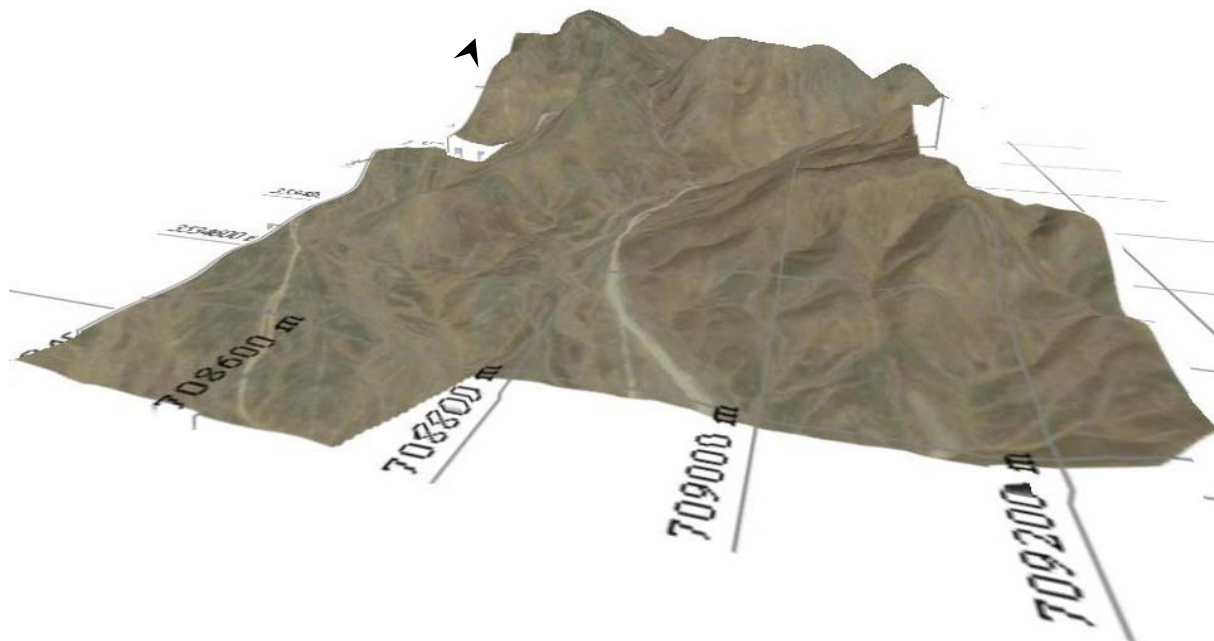
نقشه مقاومت ویژه ظاهری این محدوده با استفاده از آرایش مستطیلی در نقشه ۳-۲ به نمایش در آمده است. محدوده تغییرات عددی مقاومت ویژه ظاهری مابین ۲۴ تا ۶۰۴ می باشد. نواحی با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) که در شمال غرب منطقه مورد مطالعه دیده می شوند، منطبق بر کنگلومرای دگرگون شده است. این واحد بخش اعظم ارتفاعات کوه سیه کمر را تشکیل می دهد و دامنه جنوب شرقی آن در شمال غرب محدوده مورد مطالعه واقع است. در این نقشه موقعیت همبری و گسل های احتمالی با خط چین سفید رنگ مشخص شده است. ناحیه با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی قرمز تا بنفش) در شمال شرق محدوده مورد مطالعه از بارپذیری پایینی (طیف رنگی آبی) برخوردار است. این ناحیه منطبق بر واحد آندزیت دگرسان شده است. این واحد توسط یک زون گسله (گسل FI که به صورت ناحیه حاشور زده در نقشه ۱-۱ مشخص شده است). از واحد گرانیته و گرانودیوریت نفوذی، کنگلومرای دگرگون شده و شیل های سیلیسی جدا می شود. خط چین سفید رنگ در شمال شرق نقشه های ۱-۳ و ۲-۳ این ناحیه گسلش را نشان می دهد. علاوه بر این، موقعیت بی هنجاری های بارپذیری، در نقشه آرایش مستطیلی مقاومت ویژه به نمایش در آمده است. همانطور که مشاهده می شود، بی هنجاری شماره ۱ بارپذیری منطبق بر مرز ناحیه با مقاومت ویژه پایین و بالا است. این ناحیه منطبق بر مرز گسل احتمالی است که در نقشه های ۱-۳ و ۲-۳ به نمایش در آمده است. همچنین این بی هنجاری در نقشه زمین شناسی منطبق بر زون کوارتز-تورمالین است که حاوی کانی سازی سولفیدی است. بی هنجاری شماره ۲ منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه متوسط (طیف رنگی سبز تا نارنجی) است. به نظر می رسد این بی هنجاری نیز مرتبط با زون گسله ای باشد که با خط چین نشان داده شده است. این بی هنجاری همچنین منطبق بر مرز توده نفوذی گرانیته و گرانودیوریتی با واحد شیل های سیلیسی و توف ها می باشد. بی هنجاری شماره ۳ در فاصله پروفیل های ۵۰۰ تا ۶۰۰ جنوبی منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه متوسط (طیف رنگی سبز تا زرد) می باشد. به نظر می رسد بی هنجاری با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی زرد) که به صورت یک باند باریک در فاصله

پروفیل های ۳۵۰ تا ۶۰۰ جنوبی دیده می شود، بی ارتباط با بی هنجاری با بارپذیری بالا در این ناحیه نباشد. همانطور که دیده می شود، این بی هنجاری در جنوب منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه پایین (طیف رنگی آبی) است. نواحی با مقاومت ویژه پایین در جنوب غربی نقشه ۳-۲ منطبق بر رسوبات کوارترنر می باشند. لازم به ذکر است که شواهدی از کانی سازی در فاصله پروفیل های ۶۰۰ تا ۶۵۰ جنوبی و در فاصله ایستگاه های ۳۶۰ تا ۳۸۰ غربی قابل مشاهده است. بی هنجاری شماره ۴ منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه پایین تا متوسط (طیف رنگی آبی تا سبز) است. این بی هنجاری منطبق بر شیل های سیلیسی و توف ها می باشد.

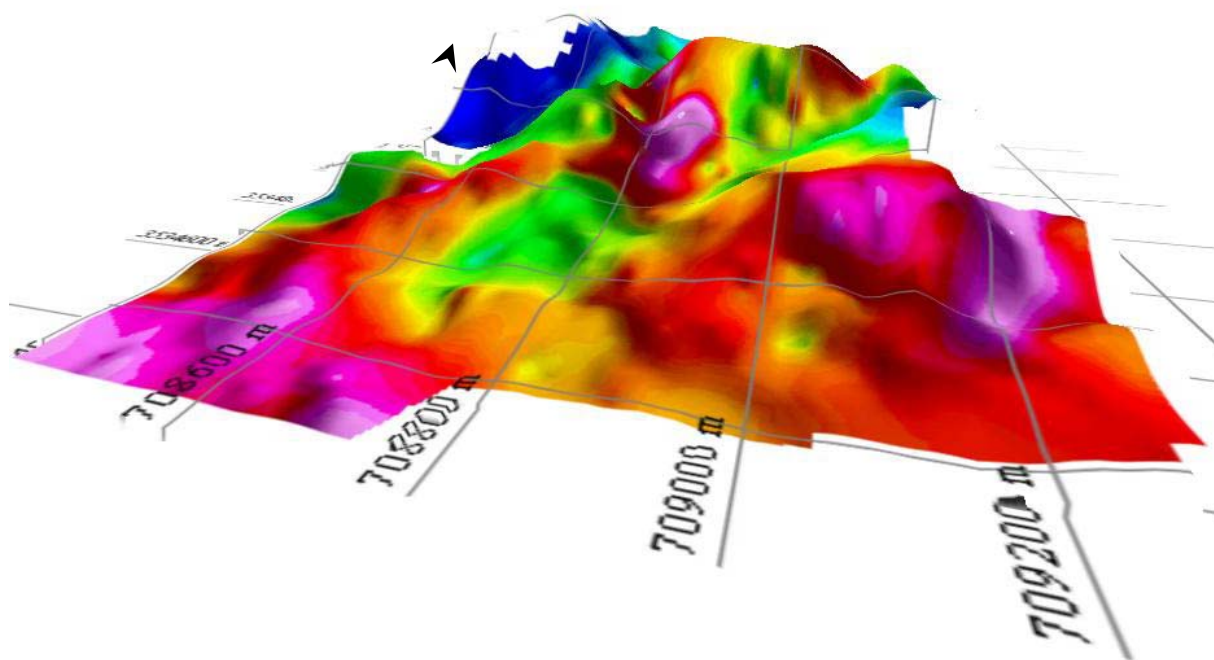
در تصاویر ۳-۱ تا ۳-۸ عکس هوایی، نقشه بارپذیری ظاهری آرایش مستطیلی، نقشه زمین شناسی و نقشه مقاومت ویژه ظاهری محدوده مورد مطالعه به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت آورده شده است. از هر یک از این نقشه ها دو تصویر در زوایای مختلف تهیه شده است. جهت شمال در این نقشه ها با فلش مشخص شده است. برای تهیه این تصاویر به منظور دید بهتر، توپوگرافی محدوده با ضریب ۲ به نمایش درآمده است. تهیه چنین تصاویری در به دست آوردن دید کلی از محدوده مورد مطالعه و عوارض موجود نسبت به بی- هنجاری های ژئوفیزیک بسیار مؤثر است. این نقشه ها از گویایی بالایی به منظور تفسیر نتایج ژئوالکتریک برخوردارند و تفسیرهایی که ذکر شد به راحتی در این نقشه ها قابل پیگیری هستند.

برای بررسی های عمقی و پیشنهاد نقاط حفاری بر روی بی هنجاری های مشخص شده، چند پروفیل دوقطبی-دوقطبی، که در ادامه به بررسی آنها پرداخته می شود، برداشت شده است.



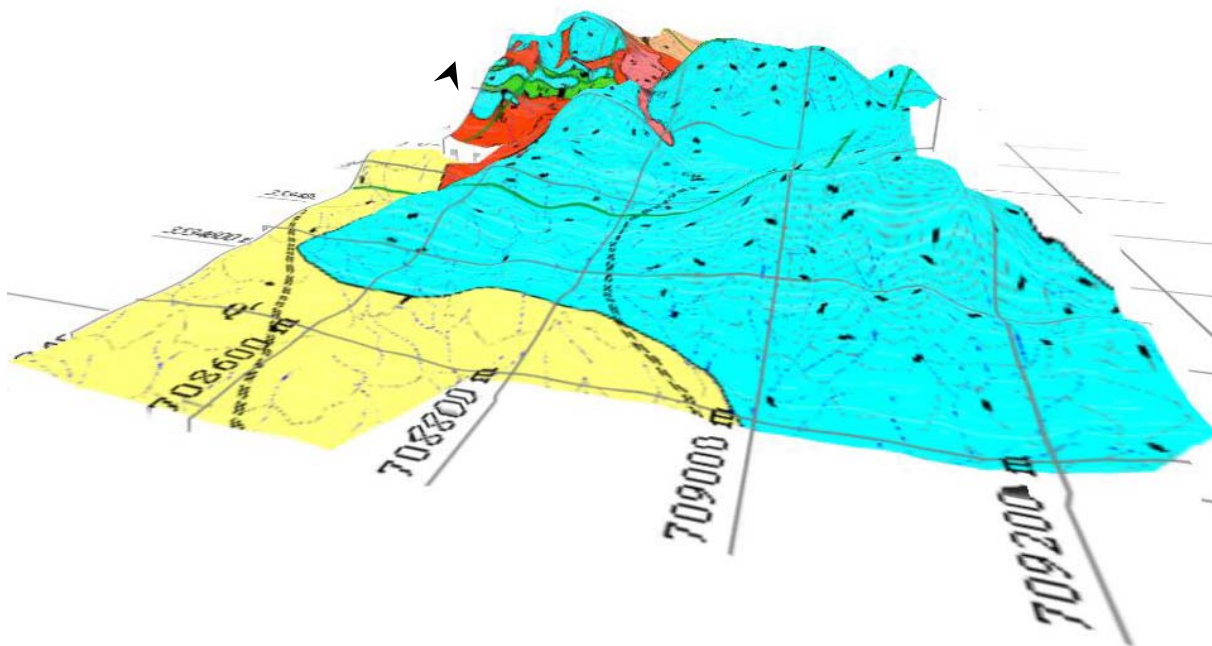


تصویر ۱-۳: عکس هوایی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب شرق به شمال غرب).

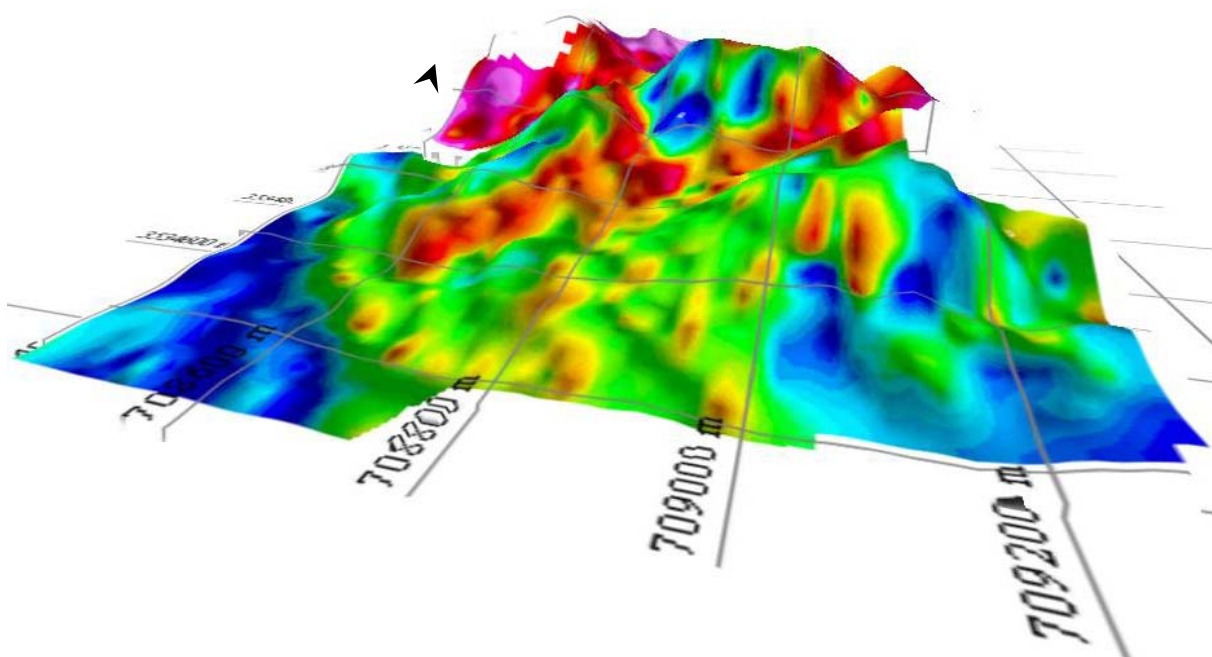


تصویر ۲-۳: نقشه بارپذیری ظاهری آرایش مستطیلی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب شرق به شمال غرب).

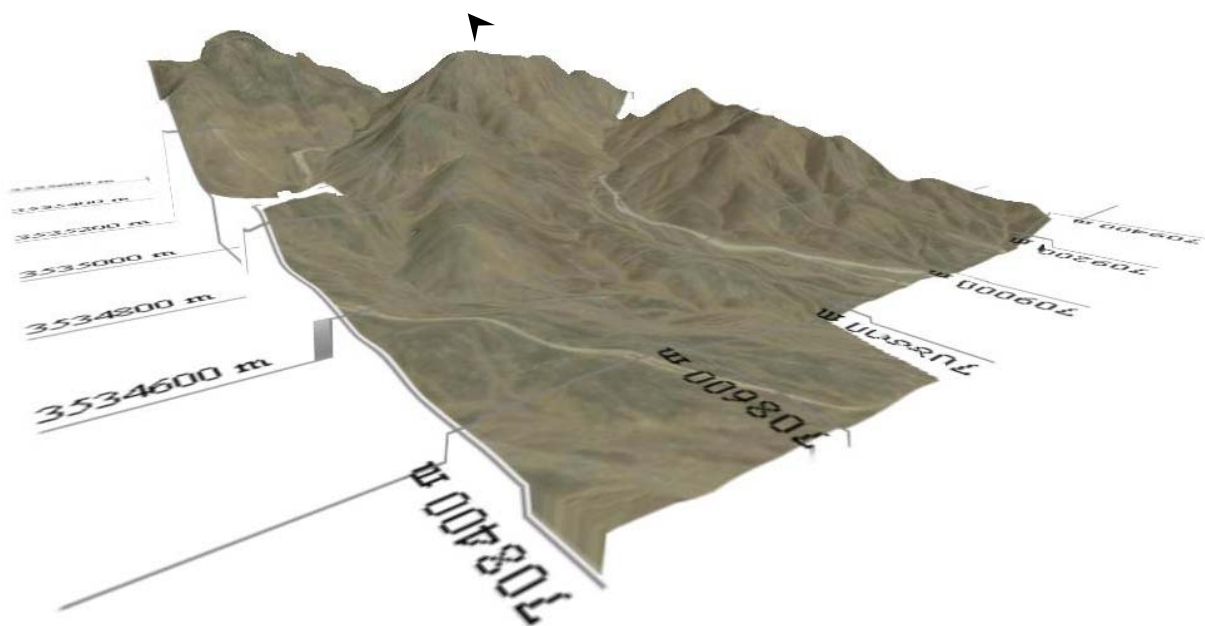




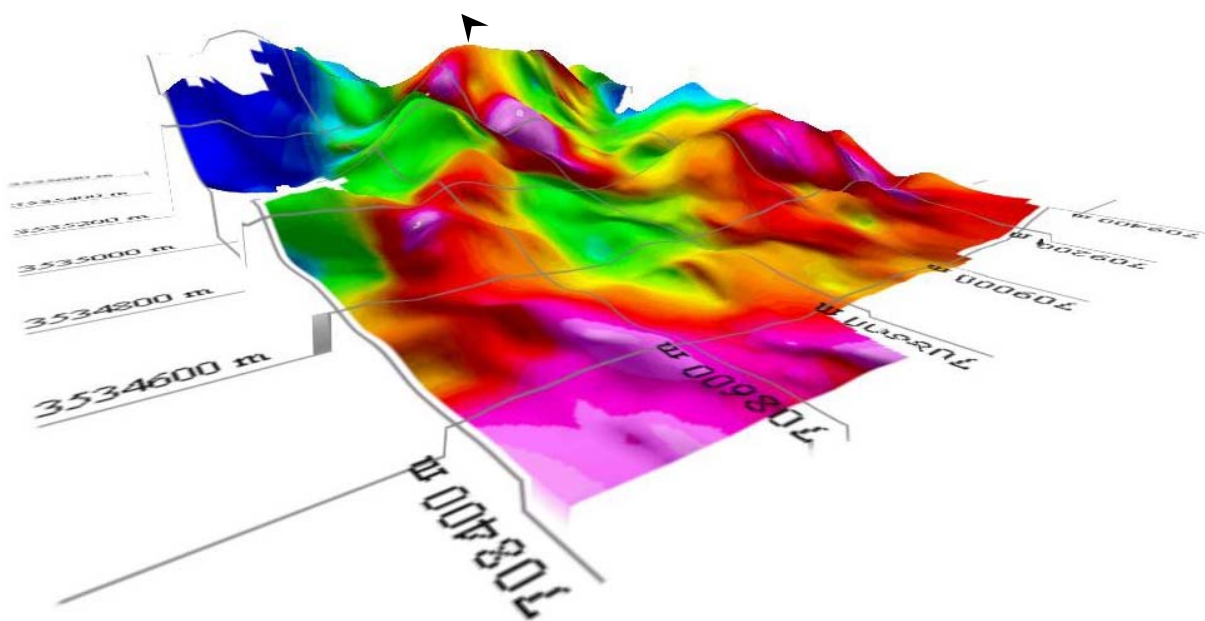
تصویر ۳-۳: نقشه زمین شناسی معدنی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب شرق به شمال غرب).



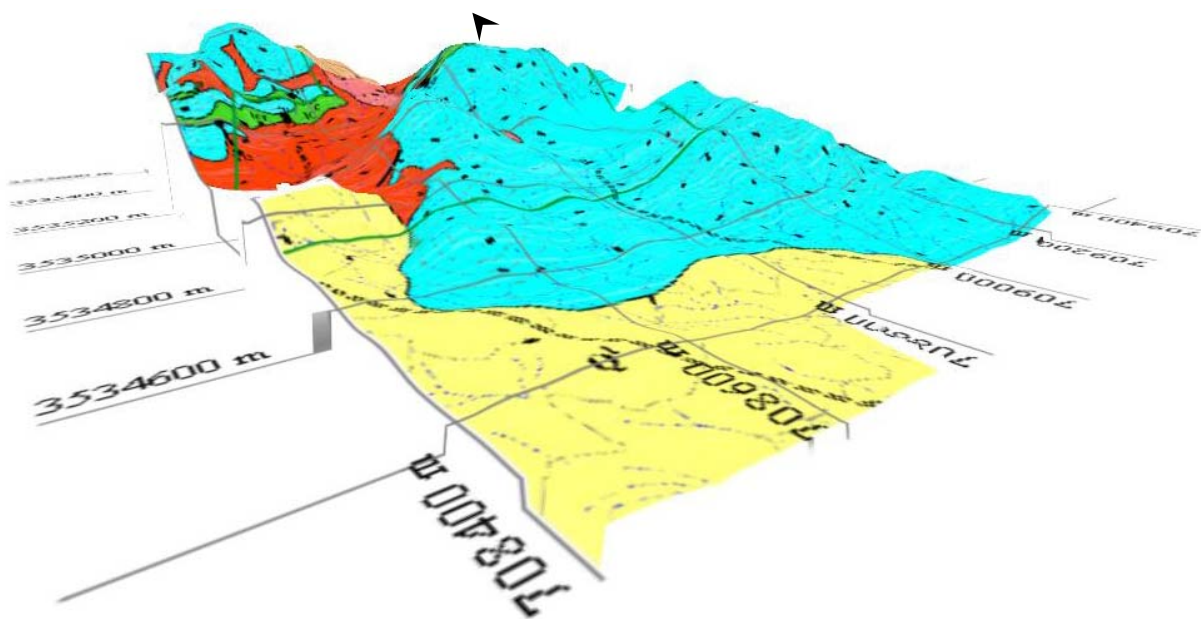
تصویر ۳-۴: نقشه مقاومت ویژه ظاهری آرایش مستطیلی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب شرق به شمال غرب).



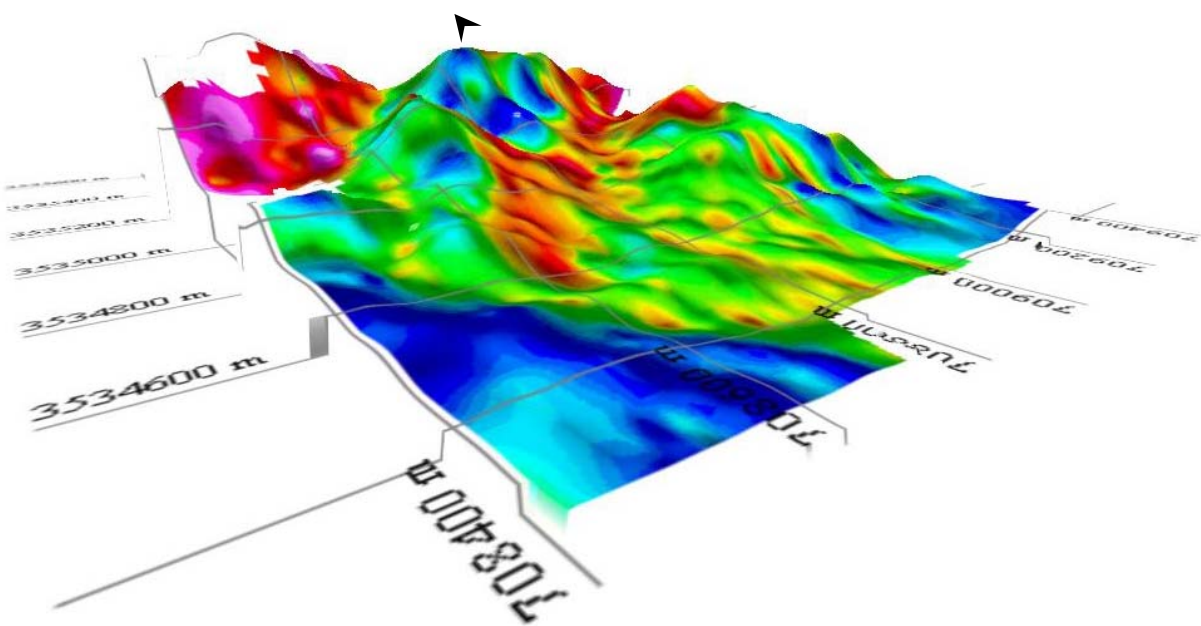
تصویر ۳-۵: عکس هوایی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب غرب به شمال شرق).



تصویر ۳-۶: نقشه بارپذیری ظاهری آرایش مستطیلی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب غرب به شمال شرق).



تصویر ۳-۷: نقشه زمین شناسی معدنی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب غرب به شمال شرق).



تصویر ۳-۸: نقشه مقاومت ویژه ظاهری آرایش مستطیلی به همراه توپوگرافی ۳ بعدی محدوده برداشت (دید از جنوب غرب به شمال شرق).

### ۳-۲- بررسی مقطع DD-250S

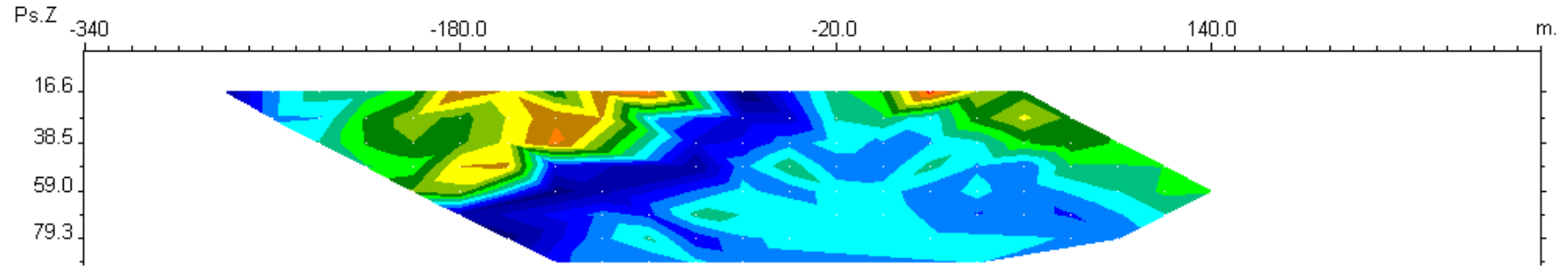
به منظور بررسی عمقی و ردیابی بی هنجاری شماره ۱ در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳، یک آرایش دوقطبی - دوقطبی با فواصل ایستگاهی ۴۰ متر و با پرش ۲۰ متری ( $AB=MN=40$ ;  $Leap=20m$ ) بر روی پروفیل ۲۵۰ جنوبی برداشت شده که موقعیت آن در نقشه ۲-۲ با واژه DD250S مشخص شده است. مقاطع مدل‌سازی شده *IP & RS* مربوطه با نرم‌افزار *Res2Dinv* تهیه شده و در نقشه‌های شماره ۳-۳-الف تا ۳-۳-ج آورده شده است. در نقشه‌های ۳-۳-الف و ۳-۳-ب به ترتیب شبه مقطع و مقطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل‌سازی وارون (معکوس) مربوط به این پروفیل، نشان داده شده است. علاوه بر این مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل‌سازی وارون این پروفیل با اعمال تصحیح توپوگرافی در نقشه ۳-۳-ج آورده شده است. حداقل و حداکثر مقدار عددی بارپذیری و مقاومت ویژه به ترتیب ۵/۳ تا ۴۱/۱ میلی ولت بر ولت و ۱۶ تا ۳۴۱۷ اهم متر می‌باشد.

در نقشه *IP* محدوده بی هنجاری با طیف رنگی قرمز تا بنفش از دیگر نواحی متمایز شده است. این بی هنجاری که در فاصله ایستگاه‌های ۴۰ غربی تا ۴۰ شرقی واقع شده و از عمق تقریبی ۱۰ تا ۷۰ متری گسترش یافته است، منطبق بر بی هنجاری با مقاومت ویژه متوسط (۱۱۶ تا ۱۴۹۲ اهم متر) می‌باشد. این بی هنجاری در حاشیه بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین دیده می‌شود. به نظر می‌رسد بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین (پایین‌تر از ۱۱۶ اهم متر) که در سطح زمین در فاصله ایستگاه‌های ۶۰ تا ۱۰ غربی دیده می‌شود و با شیب نزدیک به قائم در عمق گسترش یافته است، منطبق بر مسیر گسل احتمالی در این ناحیه است. مسیر زون گسل خورده احتمالی با خط چین در نقشه ۳-۳-ج به نمایش درآمده است. نواحی با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی زرد تا بنفش) که در ارتفاعات جانبی زون گسل خورده احتمالی در نقشه ۳-۳-ج دیده می‌شوند، منطبق بر شیل‌های سیلیسی شده است که در ارتفاعات اطراف آبراهه گسلی رخنمون یافته‌اند. در نقشه *IP* یک بی هنجاری با بارپذیری بالا در

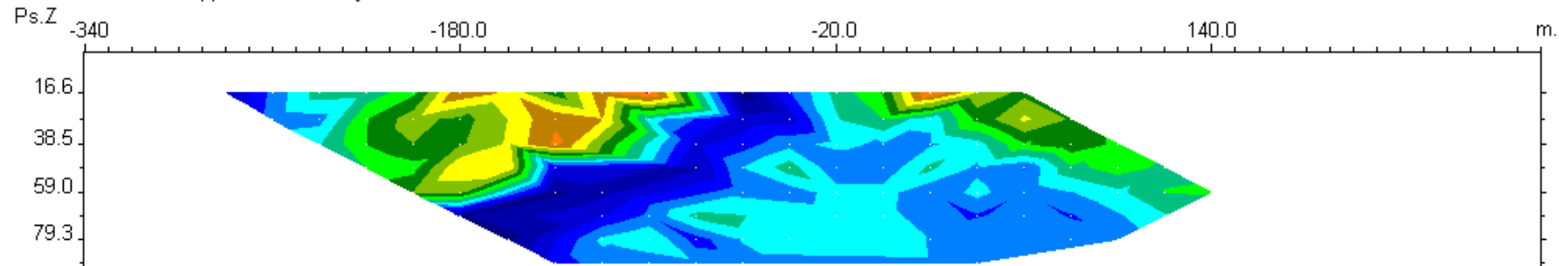
فاصله ایستگاه‌های ۴۰ تا ۷۰ غربی در عمق تقریبی ۹۰ متری دیده می‌شود که تا عمق ۱۰۰ متری محدود نشده است. هرچند که صحت مناطقی که در حاشیه مقاطع مدل سازی شده واقع شده اند، کمتر از نواحی مرکزی است ولی احتمال گسترش این بی هنجاری در عمق دور از انتظار نیست. گمانه G7 در نزدیکی ایستگاه ۸۰ غربی این پروفیل حفاری شده و کانی سازی سولفیدی در اعماق مختلف را در این ناحیه تأیید کرده است. با توجه به نوع کانی سازی در این ناحیه این منطقه را می‌توان از پتانسیل بالایی برای کانی سازی برخوردار دانست.

با توجه به موارد ذکر شده فوق گمانه اکتشافی بنابر نقشه بارپذیری به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد (زاویه حفاری نسبت به قائم می‌باشد):

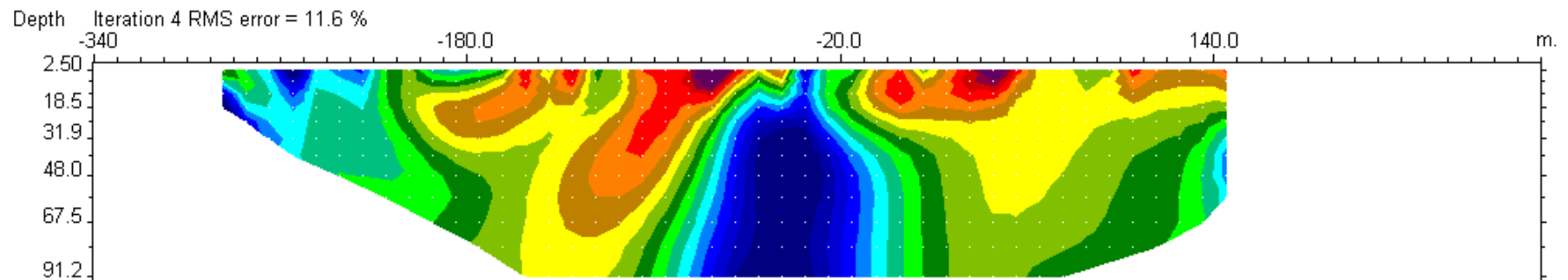
نام	$X(UTM)$	$Y(UTM)$	ایستگاه	عمق حفاری	آزیموت (درجه)	زاویه (درجه)
<b>PBH1</b>	۷۰۸۸۴۳	۳۵۳۵۰۱۷	۰	۱۱۰ متر	۲۶۹	۲۰



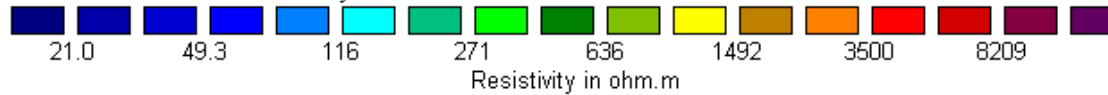
Measured Apparent Resistivity Pseudosection



Calculated Apparent Resistivity Pseudosection

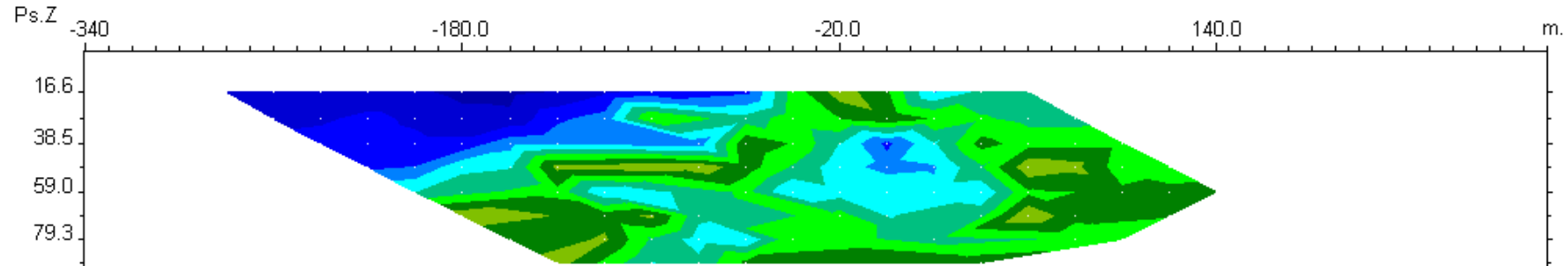


Inverse Model Resistivity Section

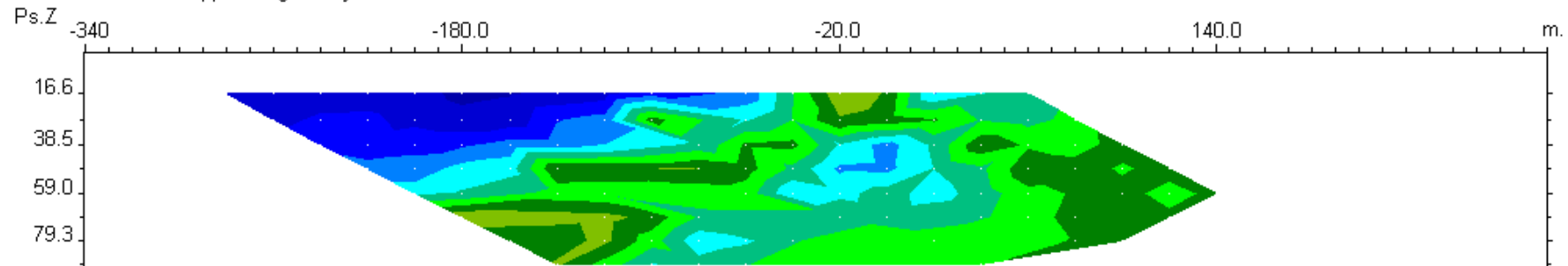


Unit electrode spacing is 10.0 m.

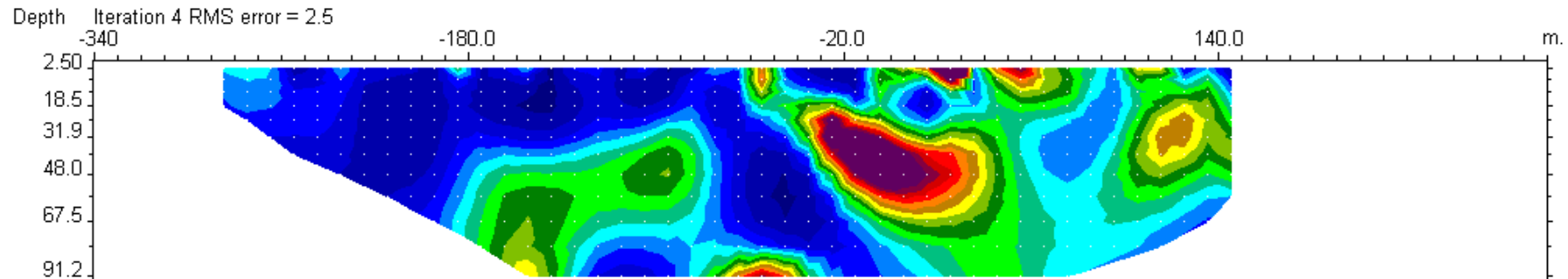
نقشه ۳-۳-الف: شبه مقاطع و مقطع حاصل از مدل سازی داده های مقاومت ویژه برای پروفیل ۲۵۰ جنوبی (DD250S).



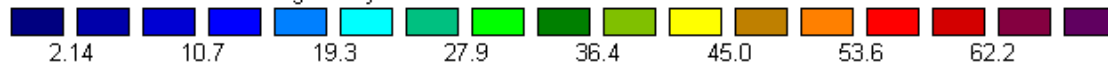
Measured App. Chargeability Pseudosection



Calculated App. Chargeability Pseudosection



Inverse Model Chargeability Section

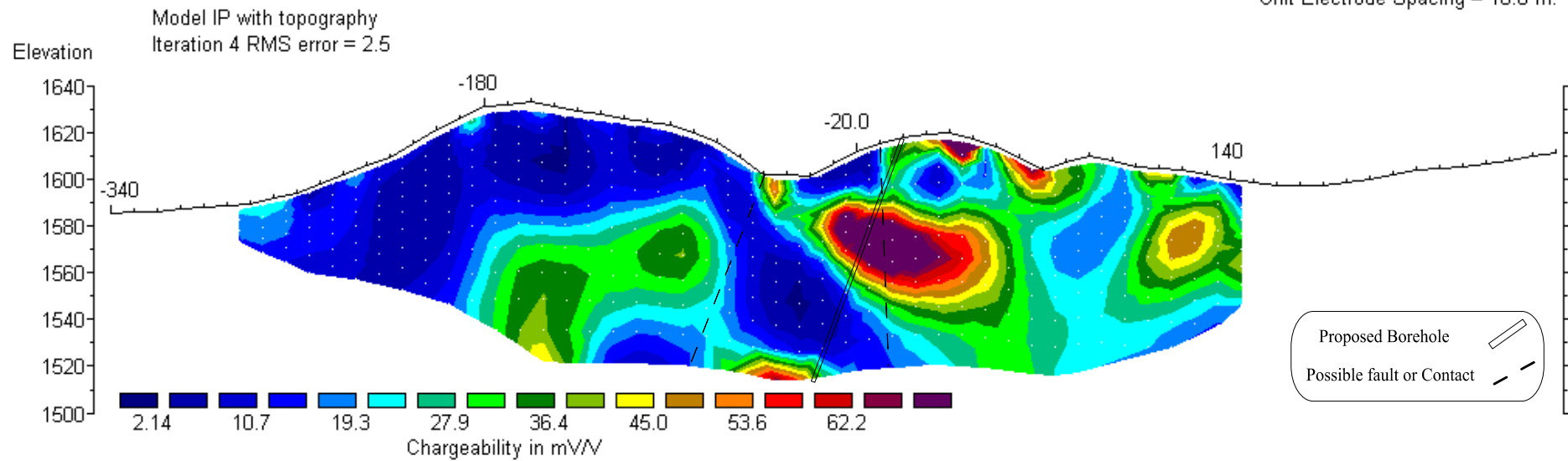
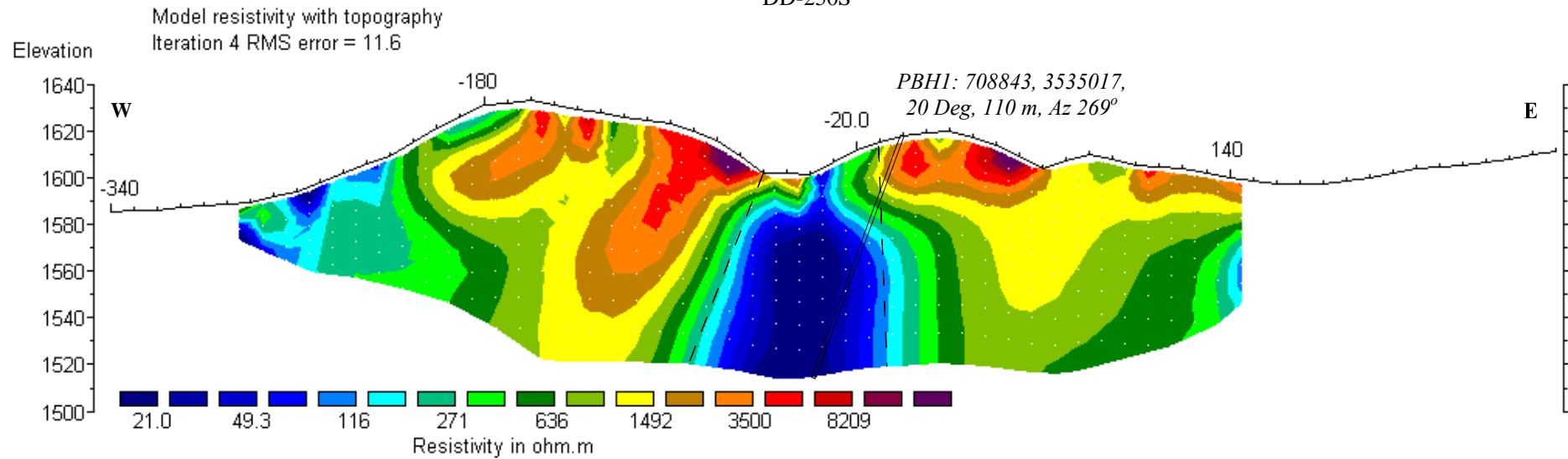


Chargeability in mV/V

Unit electrode spacing is 10.0 m.

نقشه ۳-۳-ب: شبه مقاطع و مقطع حاصل از مدل سازی داده های بارپذیری برای پروفیل ۲۵۰ جنوبی (DD250S).

DD-250S



نقشه ۳-۳-ج: مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون با اعمال تصحیح توپوگرافی برای پروفیل ۲۵۰ جنوبی (DD250S).



### ۳-۳- بررسی مقطع DD-100S

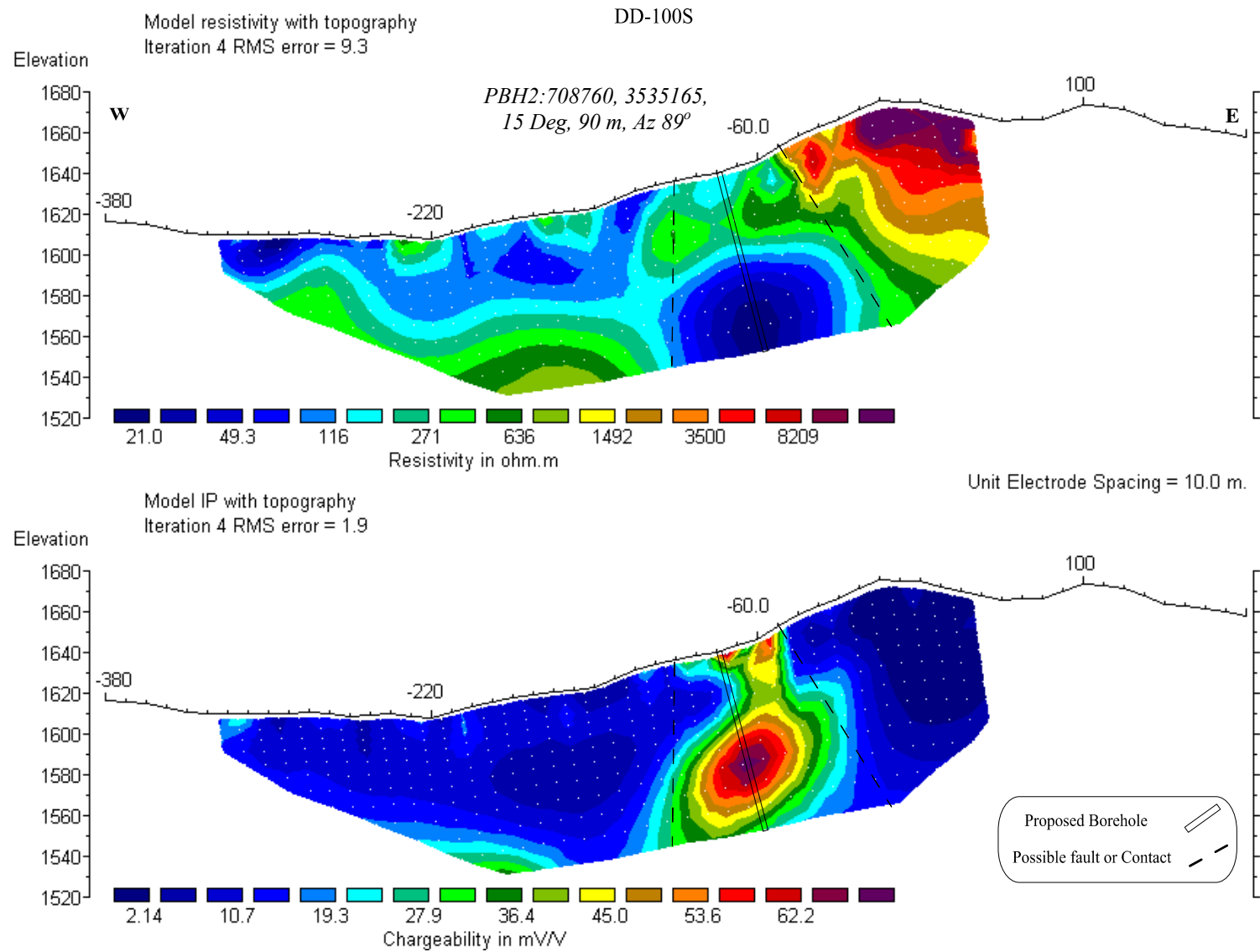
به منظور بررسی عمقی و ردیابی بی هنجاری شماره ۱ در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳، علاوه بر پروفیل ۲۵۰ جنوبی دو آرایش دوقطبی-دوقطبی با فواصل ایستگاهی ۲۰ و ۴۰ متر و با پرش ۲۰ متری ( $AB=MN=20, 40$ )  $DD100S$   $Leap=20m$  بر روی پروفیل ۱۰۰ جنوبی برداشت شد. موقعیت این پروفیل در نقشه ۲-۲ با واژه  $DD100S$  مشخص شده است. مقاطع دوبعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون این پروفیل با اعمال تصحیح توپوگرافی که توسط نرم افزار  $Res2Dinv$  تهیه شده در نقشه ۳-۴ آورده شده است. حداقل و حداکثر مقدار عددی بارپذیری و مقاومت ویژه به ترتیب  $4/6$  تا  $48$  میلی ولت بر ولت و  $34$  تا  $3260$  اهم متر می‌باشد. در نقشه  $IP$  محدوده بی هنجاری با طیف رنگی قرمز تا بنفش از دیگر نواحی متمایز شده است. این بی هنجاری که در فاصله ایستگاه‌های ۲۰ تا ۱۰۰ غربی واقع شده و از سطح تا عمق تقریبی ۱۰۰ متری گسترش یافته است، از انطباق خوبی با بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین (پایین تر از  $116$  اهم متر) برخوردار می‌باشد. ترانسه شماره ۱۵ که به فاصله کمی از ایستگاه ۸۰ غربی این پروفیل واقع است، حضور کانی سازی در این ناحیه را تأیید کرده است. با توجه به نوع کانی سازی سولفیدی در این ناحیه (شامل آرسنوپیریت، پیریت، پیروتیت، کالکوپیریت و به مقدار کمتر گالن و اسفالریت) این ناحیه را می‌توان از پتانسیل بالایی برای کانی سازی برخوردار دانست.

در نقشه  $RS$  ناحیه گسل خورده احتمالی با خط چین مشخص شده است. نظیر چنین مشاهداتی در نقشه ۳-۳ ج مربوط به پروفیل ۲۵۰ جنوبی نیز دیده می‌شود. امتداد بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین در این پروفیل و پروفیل ۲۵۰ جنوبی، منطبق بر مسیر آبراهه گسلی است که از این ناحیه می‌گذرد. مسیر این گسل با امتداد تقریبی شمالی-جنوبی در فاصله پروفیل‌های ۱۵۰ تا ۴۰۰ جنوبی با خط چین سفید رنگ در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳ مشخص شده است. ناحیه با مقاومت ویژه بالا (طیف رنگی زرد تا بنفش) که در فاصله ایستگاهی ۵۰ غربی تا ۵۰

شرقی به چشم می خورد، منطبق بر شیل های سیلیسی است که در این نواحی رخنمون یافته اند. ناحیه با مقاومت ویژه پایین (کمتر از ۲۷۱ اهم متر) که از ابتدای پروفیل تا ایستگاه ۱۰۰ غربی مشاهده می شود، منطبق بر واحد گرانیتی و گرانودیوریتی نفوذی در این ناحیه است. توده نفوذی در این نواحی به شدت هوازده و خرد شده است و این مسأله سبب شده است که در مقایسه با توف ها و شیل های سیلیسی از مقاومت ویژه پایین تری برخوردار باشد.

با توجه به موارد ذکر شده فوق گمانه اکتشافی بنابر نقشه بارپذیری به شرح زیر پیشنهاد می گردد (زاویه حفاری نسبت به قائم می باشد):

نام	$X(UTM)$	$Y(UTM)$	ایستگاه	عمق حفاری	آزیموت (درجه)	زاویه (درجه)
<b>PBH2</b>	۷۰۸۷۶۰	۳۵۳۵۱۶۵	۸۰ غربی	۹۰ متر	۸۹	۱۵



نقشه ۳-۴: مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون با اعمال تصحیح توپوگرافی برای پروفیل ۱۰۰ جنوبی (DD100S).

### ۳-۴- بررسی مقطع DD-00

به منظور بررسی عمقی و ردیابی بی هنجاری شماره ۲ در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳، یک آرایش دوقطبی - دوقطبی با فواصل ایستگاهی ۶۰ متر و با پرش ۲۰ متری ( $AB=MN=60$ ;  $Leap=20m$ ) بر روی پروفیل ۰ برداشت شد. موقعیت این پروفیل در نقشه‌های ۲-۲ با واژه DD00 مشخص شده است. مقاطع مدل‌سازی شده  $IP$  &  $RS$  مربوطه با نرم‌افزار  $Res2Dinv$  تهیه شده و در نقشه‌های شماره ۳-۵-الف تا ۳-۵-ج آورده شده است. در نقشه‌های ۳-۵-الف و ۳-۵-ب به ترتیب شبه مقاطع و مقطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون (معکوس) مربوط به این پروفیل، نشان داده شده است. علاوه بر این مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون این پروفیل با اعمال تصحیح توپوگرافی در نقشه ۳-۵-ج آورده شده است. حداقل و حداکثر مقدار عددی بارپذیری و مقاومت ویژه به ترتیب ۵/۳ تا ۴۵ میلی ولت بر ولت و ۴۸ تا ۲۴۲۸ اهم متر می‌باشد.

در نقشه  $IP$ ، محدوده بی هنجاری با طیف رنگی سبز تا نارنجی از دیگر نواحی متمایز شده است. بی - هنجاری با بارپذیری بالا که در فاصله ایستگاهی ۲۲۰ تا ۲۸۰ شرقی و از سطح تا عمق دیده می‌شود، اثر بی هنجاری شماره ۲ در نقشه ۱-۳ می‌باشد. این بی هنجاری منطبق بر بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین (پایین تر از ۱۱۶ اهم متر) در نقشه  $RS$  می‌باشد. این بی هنجاری در سطح زمین در حاشیه همبری توده نفوذی گرانیتی با واحد توف و شیل‌های سیلیسی می‌باشد. از طرفی شواهدی از حضور اکسیدهای فلزی در سطح زمین در این ناحیه به چشم می‌خورد. همچنین به نظر می‌رسد که فاصله ایستگاه‌های ۲۶۰ تا ۲۸۰ شرقی منطبق بر مسیر یک گسل احتمالی در این ناحیه باشد. این گسل احتمالی به صورت شماتیک با خط چین سفید در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳ به نمایش در آمده است. با توجه به مشاهده کانی سازی در حاشیه توده نفوذی و دور از آن در مناطق گسل خورده نظیر مناطق اطراف ترانسه‌های ۱۵، ۱۷ و ۱۸، این بی هنجاری را نیز می‌توان از پتانسیل مناسبی برای کانی

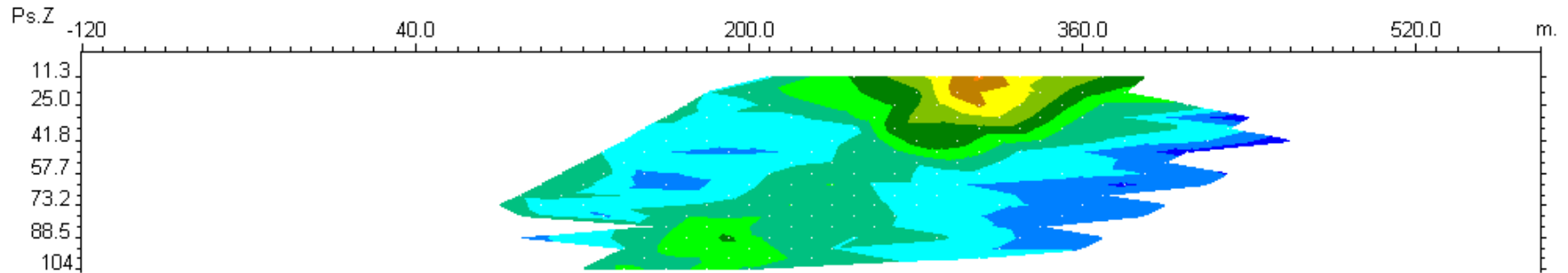
سازی سولفیدی برخوردار دانست. از این رو انتظار می رود که این ناحیه مشابه با کانی سازی نواحی اطراف گمانه های  $G6$ ،  $G7$  و  $G49$  باشد. همانطور که در شکل ۳-۵-ج دیده می شود، مقدار عددی بارپذیری در این پروفیل به نسبت کمتر از دو پروفیل قبلی است. این مسئله می تواند ناشی از عیار کمتر و یا پراکندگی کمتر کانی سازی سولفیدی در این ناحیه باشد. لازم به ذکر است که برای مقایسه مقاطع دوقطبی- دوقطبی این محدوده، از یک مقیاس رنگی مقاومت ویژه و بارپذیری برای ترسیم کلیه پروفیل ها استفاده شده است.

در فاصله ایستگاهی ۴۰۰ شرقی تا انتهای پروفیل، یک بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین (پایین تر از ۱۱۶ اهم متر) به چشم می خورد که منطبق بر نواحی با بارپذیری نسبتاً بالا (طیف رنگی سبز تا زرد) است. این بی- هنجاری منطبق بر قسمت کوچکی از زون گسله  $F1$  است که عمده کانی سازی طلا در دامنه شمالی کوه سیه کمر در آن شکل گرفته است. نواحی با مقاومت ویژه نسبتاً بالا (طیف رنگی سبز تا نارنجی) و بارپذیری پایین (طیف رنگی آبی) که در فاصله ایستگاهی ۲۷۰ تا ۴۰۰ شرقی دیده می شود، منطبق بر واحد توف و شیل های سیلیسی است که در این ناحیه رخنمون یافته اند. همانطور که از نقشه ۳-۵-ج مشاهده می شود، نواحی با بارپذیری بالا (طیف رنگی سبز تا نارنجی) از گستردگی قابل توجهی برخوردار بوده و در عمق گسترش یافته است. از این رو احتمال گسترش این بی هنجاری در اعماق بیشتر نیز دور از ذهن نیست.

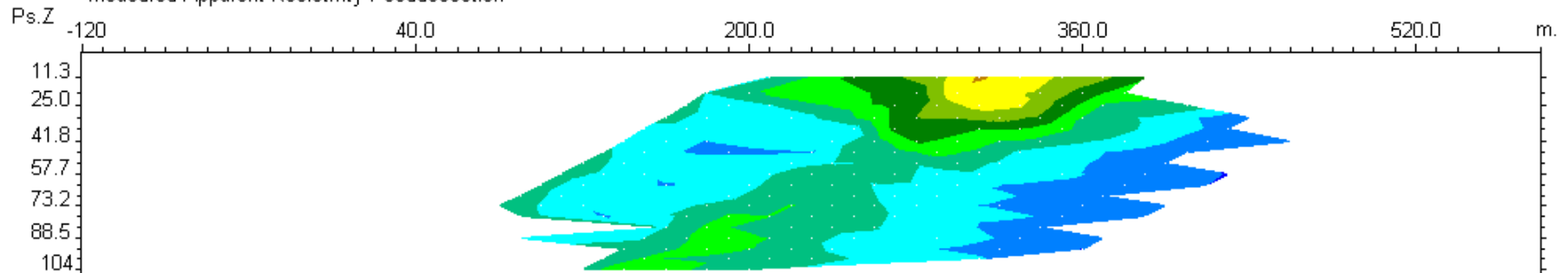
با توجه به موارد ذکر شده فوق گمانه اکتشافی بنابر نقشه بارپذیری به شرح زیر پیشنهاد می گردد

(زاویه حفاری نسبت به قائم می باشد):

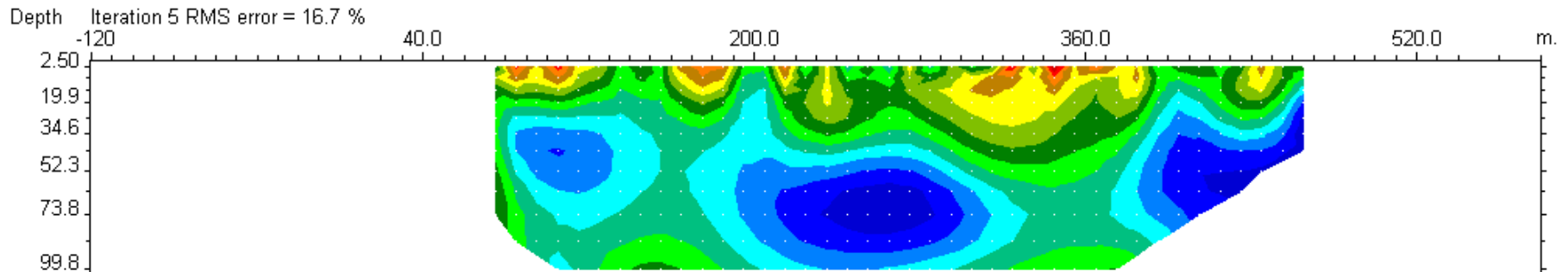
نام	$X(UTM)$	$Y(UTM)$	ایستگاه	عمق حفاری	آزیموت (درجه)	زاویه (درجه)
<b>PBH3</b>	۷۰۹۰۸۸	۳۵۳۵۲۷۲	۲۵۰ شرقی	۱۰۰ متر	۸۹	۰



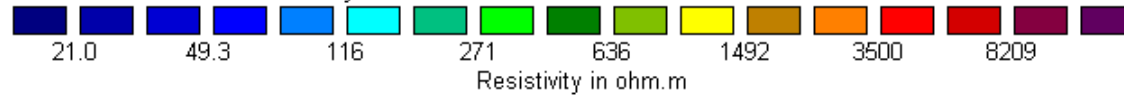
Measured Apparent Resistivity Pseudosection



Calculated Apparent Resistivity Pseudosection



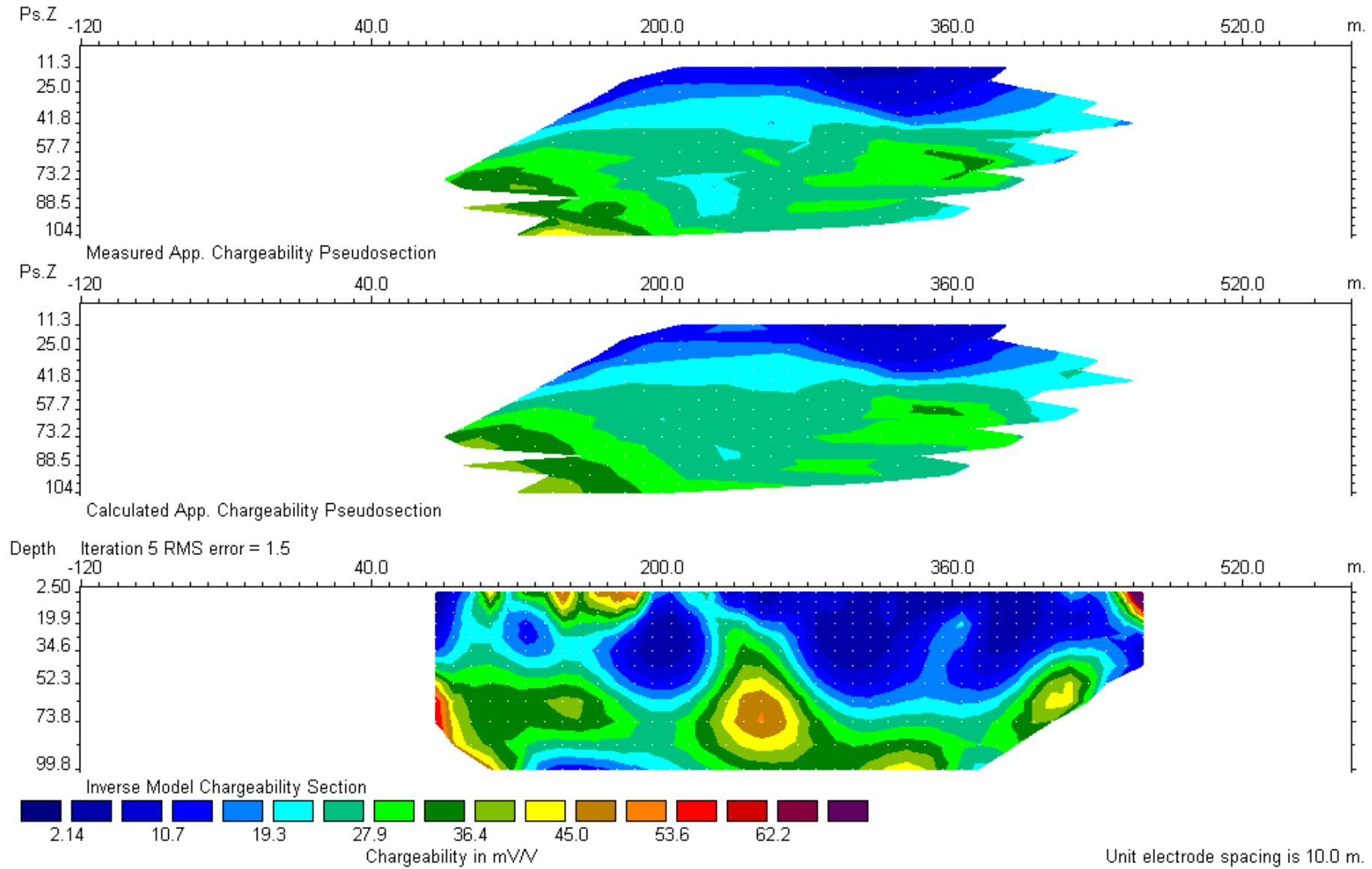
Inverse Model Resistivity Section



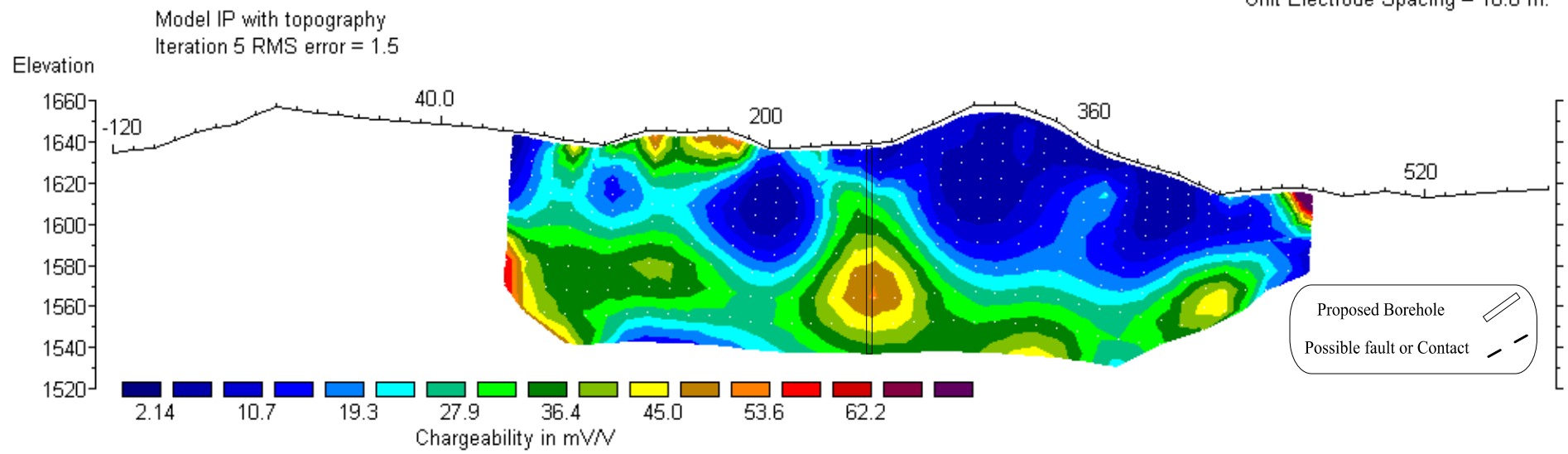
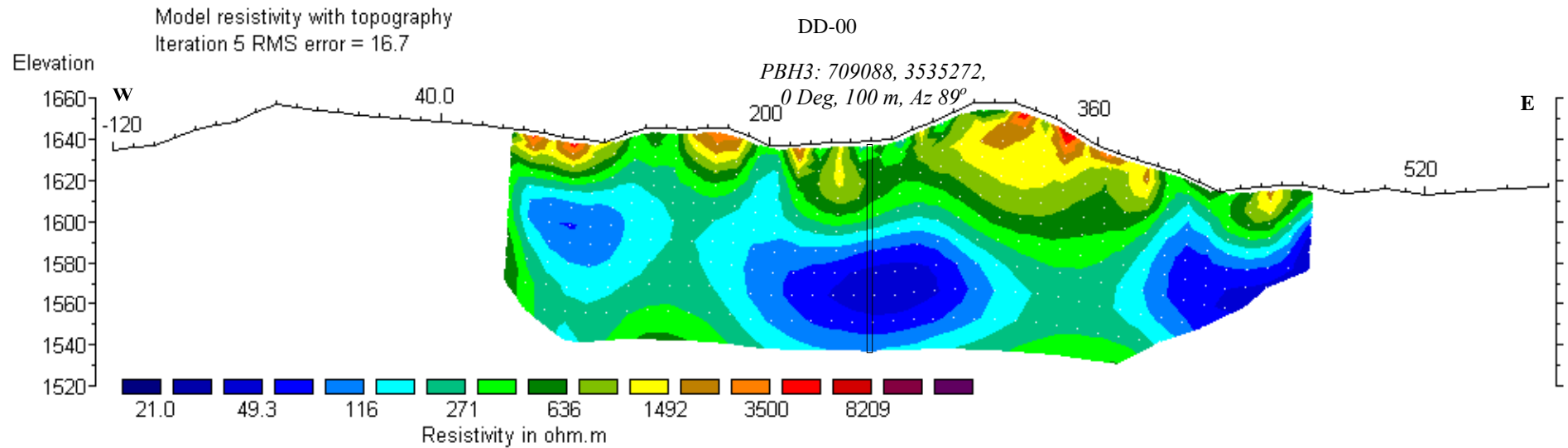
Resistivity in ohm.m

Unit electrode spacing is 10.0 m.

نقشه ۳-۵-الف: شبه مقاطع و مقطع حاصل از مدل سازی داده های مقاومت ویژه برای پروفیل (DD-00).



نقشه ۳-۵-ب: شبه مقاطع و مقطع حاصل از مدل سازی داده های بارپذیری برای پروفیل (DD-00).



نقشه ۳-۵-ج: مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون با اعمال تصحیح توپوگرافی برای پروفیل (DD-00).



### ۳-۵- بررسی مقطع DD-500S

به منظور بررسی عمقی و ردیابی بی هنجاری شماره ۳ در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳، دو آرایش دوقطبی- دوقطبی با فاصله ایستگاهی ۴۰ و ۶۰ متر و با پرش ۲۰ متری ( $AB=MN=40, 60; Leap=20m$ ) بر روی پروفیل ۵۰۰ جنوبی برداشت شد. موقعیت این پروفیل در نقشه ۲-۲ با واژه DD500S مشخص شده است. مقاطع دوبعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون این پروفیل با اعمال تصحیح توپوگرافی که توسط نرم افزار *Res2Dinv* تهیه شده در نقشه ۳-۶ آورده شده است. حداقل و حداکثر مقدار عددی بارپذیری و مقاومت ویژه به ترتیب ۴/۳ تا ۲۸/۸ میلی ولت بر ولت و ۲۵ تا ۱۰۳۶ اهم متر می‌باشد.

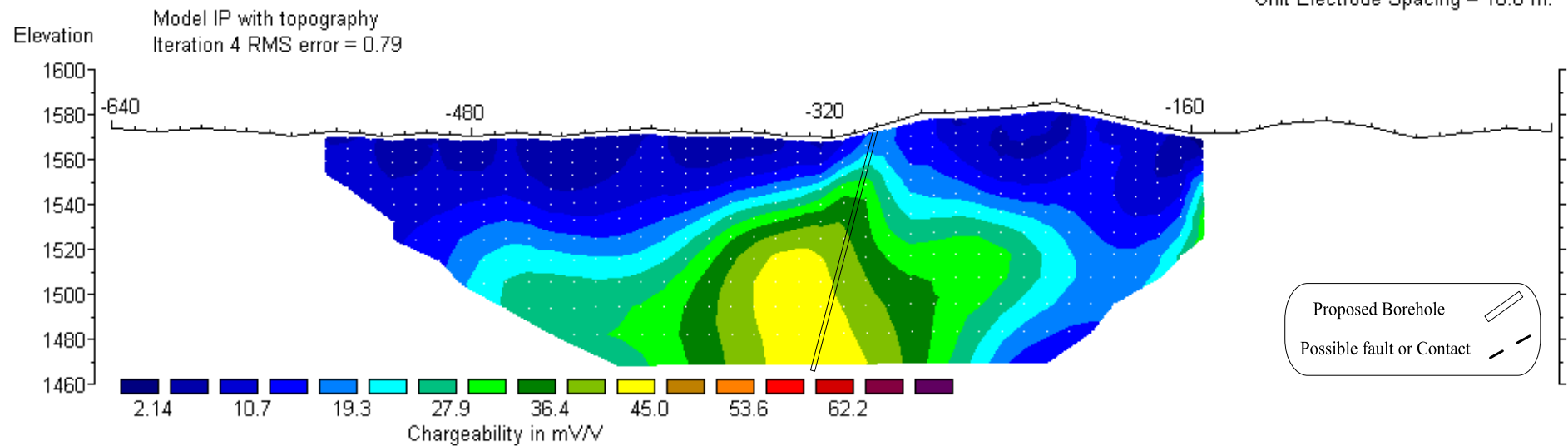
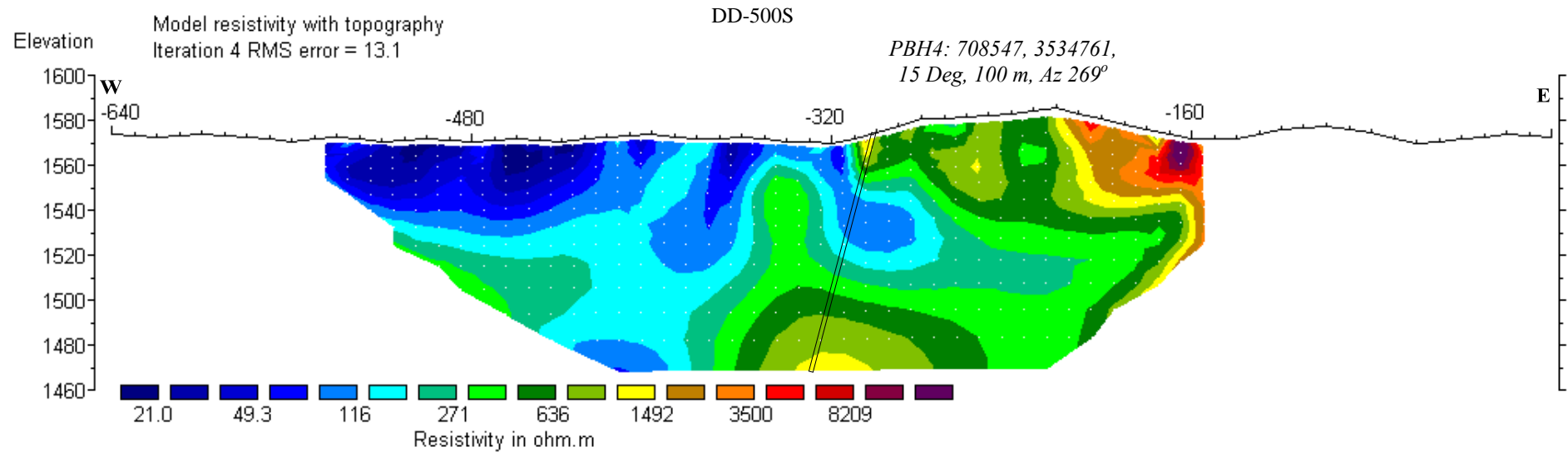
در نقشه *IP* محدوده بی هنجاری با طیف رنگی سبز تا زرد از دیگر نواحی متمایز شده است. همانطور که در مقطع ۳-۶ دیده می‌شود، برخلاف پروفیل‌هایی که تا کنون مورد بررسی قرار گرفت، در این مقطع بی- هنجاری با بارپذیری بالا منطبق بر بی هنجاری با مقاومت ویژه متوسط تا بالا (۲۷۰ تا ۱۵۰۰ اهم متر) می‌باشد. از آنجا که کانی سازی در زون‌های سیلیسی نیز در این ناحیه مشاهده شده است، می‌توان بی هنجاری با مقاومت ویژه بالا را در ارتباط با سیلیسی شدن نواحی کانه زا دانست. همانطور که در نقشه ۳-۶ مشاهده می‌شود، بی- هنجاری با بارپذیری بالا (طیف رنگی سبز تا زرد) در مقایسه با بی هنجاری‌های نقشه‌های ۳ مقطع قبلی (۳-۳ تا ۳-۵) از بارپذیری پایین تری برخوردار است. این مسئله می‌تواند ناشی از عیار کمتر و یا پراکندگی کمتر کانی سازی سولفیدی در این ناحیه باشد. بی هنجاری با بارپذیری بالا با فاصله اندکی از توده نفوذی گرانیتی و گرانودیوریتی و در توف‌ها و شیل‌های سیلیسی مشاهده می‌شود. با توجه به مشاهده کانی سازی سولفیدی در موارد مشابه، این ناحیه را نیز می‌توان از پتانسیل کانی سازی برخوردار دانست.

در نقشه RS ناحیه با مقاومت ویژه و بارپذیری پایین (طیف رنگی آبی)، از ابتدای پروفیل تا ایستگاه ۳۲۰ غربی از سطح زمین تا اعماق مختلف (بعضاً تا ۵۰ متری از سطح زمین) قابل تشخیص است. این ناحیه منطبق بر آبرفت‌های کوارترنر است که نواحی پست‌تر پروفیل بر روی آنها واقع شده است.

با توجه به موارد ذکر شده فوق گمانه اکتشافی بنابر نقشه بارپذیری به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد

(زاویه حفاری نسبت به قائم می‌باشد):

نام	$X(UTM)$	$Y(UTM)$	ایستگاه	عمق حفاری	آزیموت (درجه)	زاویه
<b>PBH4</b>	۷۰۸۵۴۷	۳۵۳۴۷۶۱	۳۰۰ غربی	۱۰۰ متر	۲۶۹	۱۵



نقشه ۳-۶: مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون با اعمال تصحیح توپوگرافی برای پروفیل ۵۰۰ جنوبی (DD-500S).

### ۳-۶- بررسی مقطع DD-550S

به منظور بررسی عمقی و ردیابی بی هنجاری شماره ۴ در نقشه‌های ۱-۳ و ۲-۳، دو آرایش دوقطبی - دوقطبی با فاصله ایستگاهی ۴۰ و ۶۰ متر و با پرش ۲۰ متری ( $AB=MN=40, 60; Leap=20m$ ) بر روی پروفیل ۵۵۰ جنوبی برداشت شد. موقعیت این پروفیل در نقشه ۲-۲ با واژه DD550S مشخص شده است. مقاطع دوبعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون این پروفیل با اعمال تصحیح توپوگرافی که توسط نرم افزار *Res2Dinv* تهیه شده در نقشه ۳-۷ آورده شده است. حداقل و حداکثر مقدار عددی بارپذیری و مقاومت ویژه به ترتیب ۲/۵ تا ۴۸/۱ میلی ولت بر ولت و ۳۲ تا ۸۲۹ اهم متر می‌باشد.

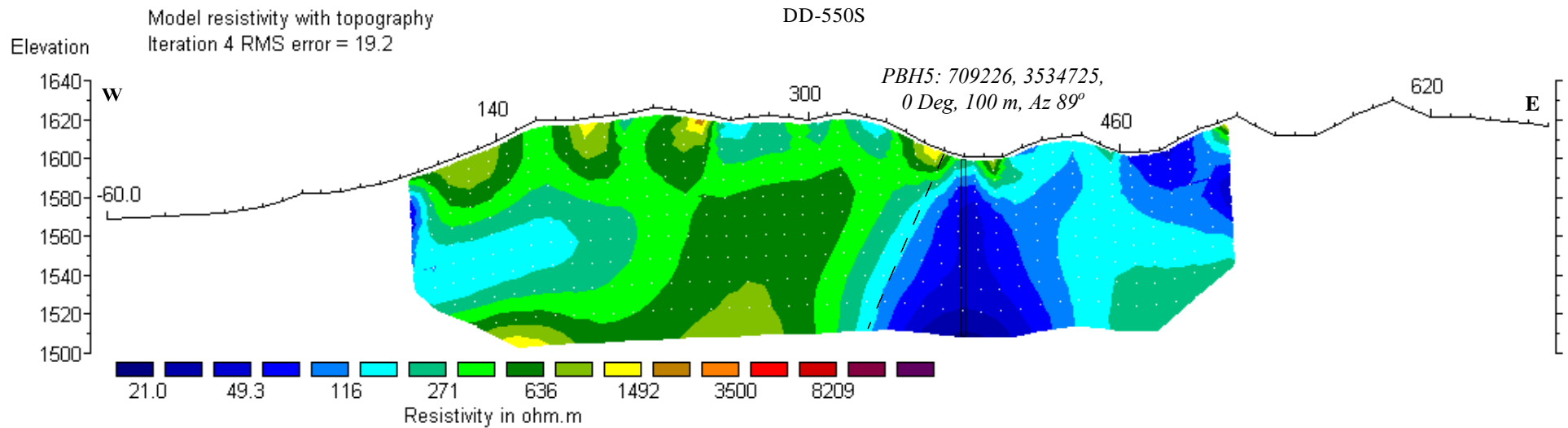
در نقشه *IP* محدوده بی هنجاری با طیف رنگی زرد تا بنفش از دیگر نواحی متمایز شده است. در این نقشه چند منطقه بی هنجاری با بارپذیری بالا قابل تشخیص است. یک بی هنجاری در فاصله ایستگاه‌های ۳۵۰ تا ۴۰۰ شرقی و از سطح تا عمق تقریبی ۶۰ متری قابل تشخیص است. همانطور که از نقشه *RS* این مقطع مشاهده می‌شود، این بی هنجاری منطبق بر یک بی هنجاری با مقاومت ویژه پایین (پایین تر از ۱۱۶ اهم متر) است. این بی هنجاری که در نزدیکی ایستگاه ۳۸۰ شرقی به سطح نزدیک شده، در اعماق زمین از گسترش بیشتری (بیش از ۸۰ متر) برخوردار بوده و در عمق محدود نشده است. از مقطع مقاومت ویژه نقشه ۳-۷ و همچنین شواهد صحرائی به نظر می‌رسد که این بی هنجاری نیز منطبق بر یک آبراهه گسلی در این ناحیه باشد. مسیر گسل و یا همبری احتمالی در نقشه ۳-۷ با خط چین مشخص شده است. برخلاف بی هنجاری‌های دیگر که در پروفیل‌های قبلی مورد بررسی قرار گرفت، اثری از توده نفوذی گرانیتی در سطح زمین و در حوالی این پروفیل قابل تشخیص نیست. ولی با توجه به مشاهده کانی سازی در نواحی گسله، این ناحیه را می‌توان از پتانسیل کانی سازی برخوردار دانست. یک بی هنجاری با بارپذیری بالا در فاصله ایستگاه‌های ۴۲۰ شرقی تا انتهای پروفیل و از سطح تا اعماق زمین در نقشه *IP* قابل تشخیص است. این بی هنجاری در حاشیه شبه مقاطع برداشتی این پروفیل واقع

است. از این رو در مقایسه با بی هنجاری ابتدایی از اولویت پایین تری برخوردار است. این بی هنجاری می تواند توسط بازبینی های زمین شناسی کنترل شود. بی هنجاری دیگری با بارپذیری بالا در فاصله ایستگاهی ۱۰۰ تا ۳۰۰ شرقی و در اعماق بیش از ۷۰ متر در نقشه IP قابل تشخیص است. این بی هنجاری که منطبق بر نواحی با مقاومت ویژه متوسط تا بالا (۶۳۶ تا ۱۵۰۰ اهم متر) است در عمق گسترش یافته است. در نقشه ۳-۱ نواحی با بارپذیری بالا در فاصله ایستگاهی ۱۵۰ تا ۴۱۰ شرقی این پروفیل نشان می دهد که این بی هنجاری از نواحی عمیق تر نشأت گرفته است. با توجه به مشاهده کانی سازی سولفیدی در اعماق بالا (نظیر گمانه G49) در صورت مثبت بودن نتایج حفاری پیشنهادی در این پروفیل، مطالعات تکمیلی به منظور بررسی نواحی عمیق تر در این ناحیه می تواند صورت پذیرد.

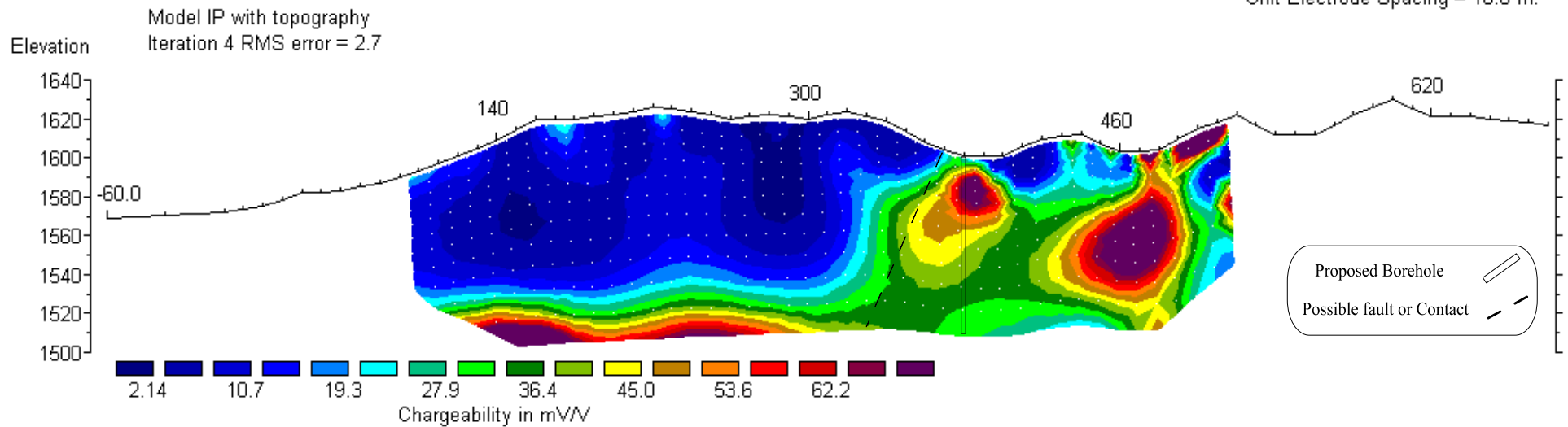
با توجه به موارد ذکر شده فوق گمانه اکتشافی بنابر نقشه بارپذیری و مقاومت ویژه به شرح زیر پیشنهاد

می گردد (زاویه حفاری نسبت به قائم می باشد):

نام	X(UTM)	Y(UTM)	ایستگاه	عمق حفاری	آزیموت (درجه)	زاویه (درجه)
PBH5	۷۰۹۲۲۶	۳۵۳۴۷۲۵	۳۸۰ شرقی	۱۰۰ متر	۲۶۹	۰



Unit Electrode Spacing = 10.0 m.



نقشه ۳-۷: مقاطع دو بعدی مقاومت ویژه و بارپذیری حاصل از مدل سازی وارون با اعمال تصحیح توپوگرافی برای پروفیل ۵۵۰ جنوبی (DD-550S).

## ۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

همانطور که از اندازه گیری‌های  $IP$  و  $RS$  در این منطقه مشاهده می‌شود، نواحی با بارپذیری بالا در مقاطع ژئوالکتریک از مقاومت ویژه پایینی برخوردارند. از طرفی به نظر می‌رسد عمده مناطق بی‌هنجار ژئوفیزیک منطبق بر مسیر زون‌های گسله و شکستگی‌ها باشد. چنین مشاهداتی در بررسی تمام مقاطع دوقطبی-دوقطبی به جز پروفیل ۵۰۰ جنوبی در این محدوده قابل تشخیص است. حضور کانی‌سازی سولفیدی به صورت پراکنده، رگه-رگچه‌ای و توده‌ای در گمانه‌ها و ترانسه‌های حوالی بی‌هنجاری شماره ۱ در نقشه ۳-۱ تأیید شده است. از این رو بی‌هنجاری‌های با بارپذیری بالا و مقاومت ویژه پایین را می‌توان به حضور کانی‌سازی سولفیدی در نواحی گسله و شکستگی‌ها نسبت داد. از طرفی تمام بی‌هنجاری‌های با بارپذیری بالا به جز بی‌هنجاری واقع در مقطع پروفیل ۵۵۰ جنوبی (نقشه ۳-۷)، در فاصله کمی از توده نفوذی گرانیتی و گرانودیوریتی دیده می‌شوند. توده نفوذی در این منطقه کانی‌سازی طلا را در سطح نسبتاً گسترده‌ای در زون‌های گسله و شکستگی‌ها سبب شده است. از این رو بی‌هنجاری‌های واقع در نقشه‌های ژئوفیزیک را می‌توان از پتانسیل مناسبی برای کانی‌سازی برخوردار دانست.

همانطور که از نقشه بارپذیری ظاهری آرایش مستطیلی در نقشه ۳-۱ مشاهده می‌شود، نواحی با بارپذیری بالا به سمت جنوب شرق و جنوب غرب محدوده مورد مطالعه گسترش می‌یابند. همچنین احتمال گسترش بی-هنجاری با بارپذیری بالا در اعماق بیشتر از ۱۰۰ متر در نقشه ۳-۷ دور از انتظار نیست. در صورت لزوم انجام مطالعات تکمیلی در این نواحی، منوط به مطابقت اطلاعات زمین‌شناسی با نتایج ژئوفیزیک و موفقیت حفاری‌های پیشنهادی بر روی پروفیل‌های ۵۰۰ و ۵۵۰ جنوبی است.

در نهایت با توجه به تفسیر مقاطع ژئوالکتریک، گمانه‌های زیر به ترتیب اولویت جهت بررسی بی-هنجاری‌های ژئوفیزیک پیشنهاد می‌گردد.

نام مقطع	زاویه (درجه)	آزیموت (درجه)	عمق حفاری	ایستگاه	$Y(UTM)$	$X(UTM)$	نام
<i>DD-250 S</i>	۲۰	۲۶۹	۱۱۰ متر	۰	۳۵۳۵۰۱۷	۷۰۸۸۴۳	<b>PBH1</b>
<i>DD-100 S</i>	۱۵	۸۹	۹۰ متر	۸۰ غربی	۳۵۳۵۱۶۵	۷۰۸۷۶۰	<b>PBH2</b>
<i>DD-00</i>	۰	۸۹	۱۰۰ متر	۲۵۰ شرقی	۳۵۳۵۲۷۲	۷۰۹۰۸۸	<b>PBH3</b>
<i>DD-500 S</i>	۱۵	۲۶۹	۱۰۰ متر	۳۰۰ غربی	۳۵۳۴۷۶۱	۷۰۸۵۴۷	<b>PBH4</b>
<i>DD-550 S</i>	۰	۸۹	۱۰۰ متر	۳۸۰ شرقی	۳۵۳۴۷۲۵	۷۰۹۲۲۶	<b>PBH5</b>

نقاط حفاری پیشنهادی در این بررسی بر اساس پارامترهای فیزیکی اندازه گیری شده می باشد. این زمین شناس منطقه است که با توجه به اطلاعات زمین شناسی و شواهد کانی سازی در سطح، نقاط حفاری پیشنهادی را تأیید می کند. در نهایت با اطلاع کارشناس ژئوفیزیک از نتایج حفاری، می توان در مورد محل حفاری های پیشنهادی و محل حفاری های بعدی تعدیل های مورد نظر را اعمال کرد.



## ۵- تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می دانم از آقای مهندس ابراهیم شاهین مدیریت پشتیبانی اکتشاف و مهندس علیرضا عامری رئیس گروه ژئوفیزیک بخاطر بازخوانی و ارائه راهنمایی های لازم در تهیه گزارش تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس عسکری زمین شناس منطقه و مهندس قنبری کارشناس ژئوفیزیک مرکز مشهد، سپاسگزاری می شود. در اجرای این مطالعه مهندس امین اسماعیل زاده به عنوان کارشناس و آقایان عباس باقری و ابراهیم ترک، تکنسین های گروه در عملیات برداشت صحرائی همکاری داشته اند که از ایشان نیز صمیمانه قدردانی می شود.