



وزارت
صنایع و معادن
سازمان زمین شناسی و
اکتشافات معدنی کشور

معاونت اکتشاف

مدیریت پشتیبانی اکتشاف

گروه ژئوفیزیک

اکتشاف آهن به روش مغناطیس سنجی و *IP,RS*
در منطقه چاه پلنگ شمالی
استان اصفهان

توسط :

فیروز جعفری
سپیده صمیمی نمین

بهار ۱۳۸۹

فهرست مطالب

فصل اول	۴
" کلیات "	۴
۱-۱- مقدمه	۴
۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی	۴
۱-۳- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه	۵
فصل دوم	۹
((تئوری روشهای ژئوفیزیک))	۹
۱-۲- تئوری روش مغناطیس سنجی	۹
۱-۱-۲- روشهای تحلیل و تفسیر دادههای میدان مغناطیسی	۱۲
۲-۲- تئوری روش قطبش القایی (<i>Induced polarization (IP)</i>)	۱۳
۱-۲-۲- پلاریزاسیون غشایی یا <i>IP</i> غیر فلزی	۱۳
۲-۲-۲- پلاریزاسیون الکترودی <i>Over Voltage</i> یا پلاریزاسیون فلزی	۱۴
۳-۲- روشهای اندازه گیری	۱۵
۲-۴- آرایش های مورد استفاده	۱۶
۱-۴-۲- آرایش دایپل - دایپل (<i>Dipole - Dipole</i>)	۱۶
۲-۴-۲- آرایش قطبی - قطبی (<i>pole-pole</i>)	۱۷
فصل سوم	۱۹
((برداشتهای ژئوفیزیک))	۱۹
۱-۳- تجهیزات مورد استفاده	۱۹
۱-۱-۳- دستگاه اندازه گیری مغناطیس	۱۹
۲-۳- دستگاه اندازه گیری <i>IP, RS</i>	۲۰
۳-۳- مطالعات ژئوفیزیک و برداشت صحرائی	۲۳
فصل چهارم	۲۶
((بررسی نتایج))	۲۶
۱-۴- بررسی نتایج برداشت های مغناطیس سنجی	۲۶
۲-۴- بررسی آرایشهای دایپل - دایپل	۳۶
۱-۲-۴- بررسی آرایش دایپل - دایپل بر روی پروفیل شماره ۱	۳۶

۴-۲-۲- بررسی آرایش دایپل دایپل با فاصله الکترودی ۴۰ متر بر روی پروفیل شماره	
۴۱.....	۱
۴-۲-۳- بررسی آرایش دایپل دایپل بر روی پروفیل شماره ۲.....	۴۵
۴-۲-۴- بررسی آرایش دایپل دایپل بر روی پروفیل شماره ۳.....	۴۹
۴-۳-۱- بررسی آرایش پل- پل بر روی پروفیل شماره ۲.....	۵۳
۴-۳-۲- بررسی آرایش پل- پل بر روی پروفیل شماره ۳.....	۵۶
۴-۴- نتیجه گیری.....	۵۹
۴-۵- پیشنهادات.....	۶۰
تشکر و قدردانی.....	۶۱

فصل اول

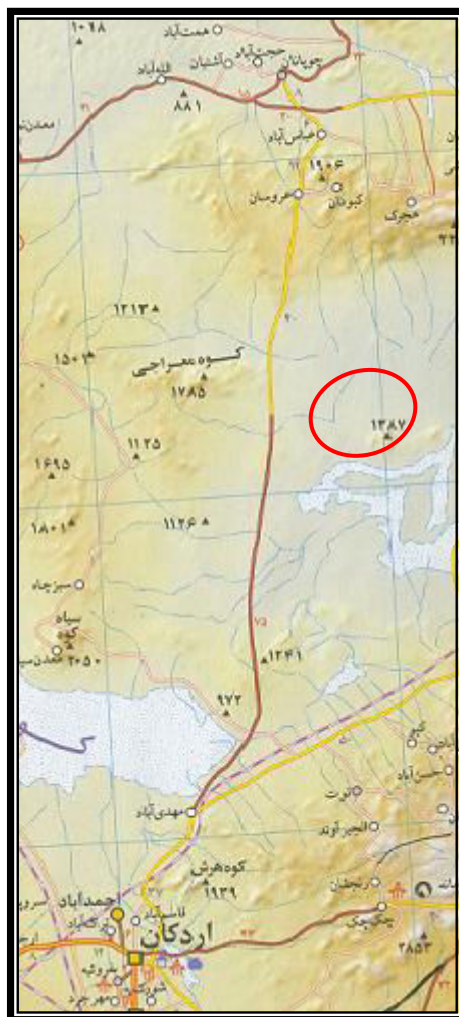
" کلیات "

۱-۱- مقدمه

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای انجام عملیات ژئوفیزیکی به روش مغناطیس سنجی و IP,RS در منطقه چاه پلنگ شمالی شهر اردکان استان اصفهان به منظور اکتشاف آهن، طی احکام شماره ۷۰۲۶ و ۵۸۹۰ در دو ماموریت ۱۵ روزه در شهریور و آبان ۱۳۸۸ اکیپی به سرپرستی فیروز جعفری و تکنسین ها ابراهیم ترک، حسین ایرانشاهی و فرامرز اله وردی به محل اجرای حکم اعزام نمود. در این ماموریت اندازه گیری پلاریزاسیون القایی و مقاومت ویژه در ۵۴۰ نقطه بر روی ۳ پروفیل با آرایش داپیل - داپیل و ۲ پروفیل با آرایش پل - پل و مجموعاً ۳۲۰۴ ایستگاه مغناطیس اندازه گیری شد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی

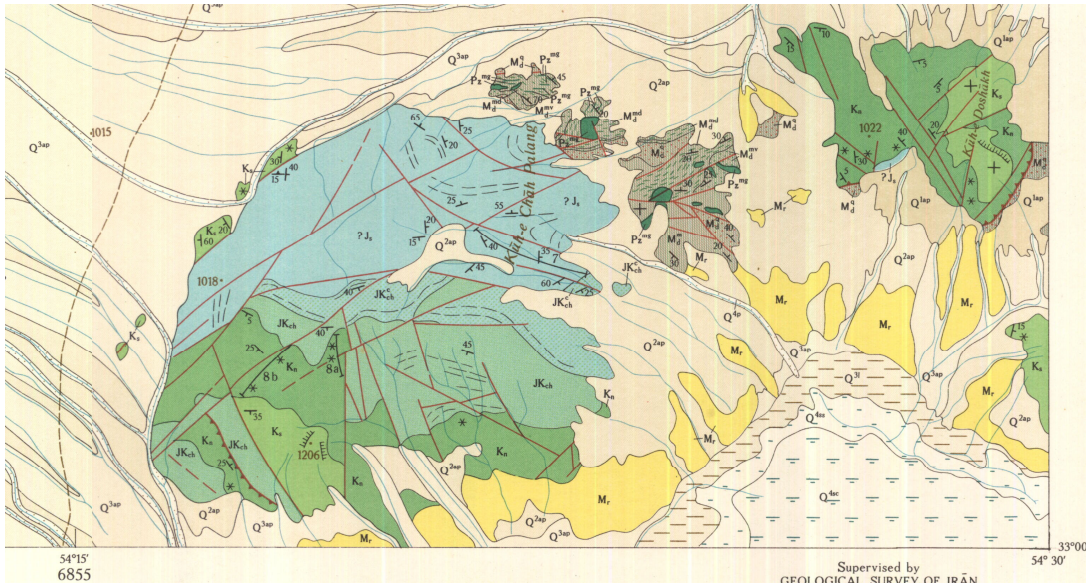
منطقه حدوداً در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرقی اردکان واقع شده و مختصات آن در طول جغرافیایی $۳۳^{\circ}۰۵'$ و عرض جغرافیایی $۵۴^{\circ}۲۳'۱۶''$ است. برای رسیدن به منطقه پس از طی ۱۱۰ کیلومتر از اردکان به سمت اصفهان در سمت راست با عبور از جاده خاکی به طول تقریبی ۱۵ کیلومتر به محدوده می رسیم. (شکل ۱)



شکل ۱- نقشه راه دسترسی به محدوده چاه پلنگ

۱-۳- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

کانسار آهن چاه پلنگ شمالی در فاصله ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی انارک واقع شده و محدوده آن مرکب از سنگهای آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده به سن پروتروزوئیک بالائی- پالئوزوئیک زیرین می باشد. کانسنگ آهن در نیمه بالائی این ترادف سنگی و همراه با سنگ درونگیر مرمری و دولومیتی حاوی سنگ های شیستی واقع شده است. ساختار منطقه در پیکر ناودیس کشیده ای با روند محوری تقریباً شرقی- غربی و پلانژ رو به شرق است که کانی سازی بصورت همخواب با لایه بندی و نزدیک به بخش محوری این ناودیس قرار گرفته است.



L E G E N D

QUATERNARY	Q ^{4a}	Q ^{4b}	Q ^{4c}	Q ^{4d}	Q ^{4e} - Proluvial pebble gravel, clayey sand. Q ^{4f} - Takyr (clay flat), clayey sand. Kavar: Q ^{4g} - Salinized clayey sand. Q ^{4h} - Salinized sandy clay. Q ⁴ⁱ - Lake clay. Q ^{4j} - Eolian sand	Recent sediments
	Q ^{3ap}	Q ^{3bp}	Q ^{3cp}	Q ^{3dp}	Q ^{3ap} - Low dasht alluvial-proluvial pebble gravel, sand, conglomerate. Q ^{3b} - Lake sand and clay. Q ^{3c} - Eolian sand	Young sediments
	Q ^{2ap}	Q ^{2bp}	Q ^{2cp}	Q ^{2dp}	Q ^{2ap} - Middle dasht alluvial-proluvial pebble gravel, clayey sand, conglomerate. Q ^{2b} - Lake sand with gravel	Old sediments
	Q ^{1ap}	Q ^{1bp}	Q ^{1cp}	Q ^{1dp}	High dasht alluvial-proluvial pebble gravel and sand (often with gypsum), conglomerate, gravelly sandstone	Oldest sediments
	PLIOCENE	Pi				Conglomerate, often unconsolidated, sandstone
MIOCENE	M ₁				Upper red formation. Clay, often with gypsum, marl, sandstone; conglomerate at the base	
	OM ₁ ¹				QOM FORMATION. Marl, interbeds of sandstone and gravelstone	
OLIGOCENE	O ₁ ¹				Conglomerate, marl with gypsum, sandstone, siltstone	
	O ₁ ²				Sandstone, marl, conglomerate	
	O ₁ ³				Boulder conglomerate, sandstone, lenses of gravelstone	
	O ₁ ⁴					
Eocene	E ₁ ¹				Dacite, rare andesite, their tuffs, conglomerate, often tuffaceous; basal conglomerate	
	E ₁ ²				Andesite and dacite, their tuffs, some trachyte	
	E ₁ ³				Andesite, trachyandesite, andesite-basalt, rare interbeds and lenses of tuff, sandstone, siltstone, limestone	
DANIAN	D ₁ ¹				Tuffaceous conglomerate, gravelstone and sandstone, tuff, conglomerate at the base	
	D ₁ ²					
SENOGAMBIAN-TURONIAN	K ₁				Farrokhi formation. Marl, limestone, sandstone	
	K ₂				Haltoman formation. Limestone with rudists, some sandy limestone, sandstone, conglomerate	
ALBIAN	K ₃				Marl, limestone	
	K ₄				Organic-detrital limestone, sandy limestone, calcareous sandstone, conglomerate	
APTIAN	K ₅				Bäzyb formation. Marl, sandy limestone, sandstone, limestone	
	K ₆				Shah Kib formation. Orbitolina limestone with interbeds of argillaceous limestone and marl; in places sandstone and conglomerate at the base	
NEOCOMMIAN	K ₇				Noqreh formation. Calcareous sandstone, sandy limestone, conglomerate in lower part, some limestone and marl	
	K ₈				Vari-coloured shale, siltstone and sandstone, often with ripple marks	
JURASSIC	JK ₁				Chah Palang formation	
	JK ₂				Conglomerate, gravelstone, sandstone	
	J ₁				SHEMSHAK FORMATION. Clay slate, often carbonaceous, with interlayers of siltstone, sandstone, locally slightly metamorphosed; basal conglomerate	

TRIASSIC	UPPER					
	LOWER	P ₁ ¹				Dolomite, conglomerate at the base
PERMIAN	UPPER	P ₁				JAMÄL FORMATION. Limestone, dolomite, some sandy limestone
	LOWER					
CARBONIFEROUS	UPPER	CP ¹				Limestone
	MIDDLE	C ₁				SARDAR FORMATION. Sandstone, marly slate, some shale
	LOWER	DC ₁				SHISHTU FORMATION. Marly slate, clay slate, limestone
DEVONIAN	UPPER	D ₁				BAHRÄM LIMESTONE. Limestone, some marly slate, phyllite, conglomerate at the base
	MIDDLE	D ₂				SIBZÄR DOLOMITE. Dolomite, some limestone, metasandstone, carbonate slate
	LOWER	D ₃				PÄDEHÄ FORMATION. Metasandstone, dolomite, quartzite
SILURIAN	UPPER	S ₁				NIUR FORMATION. Crystalline limestone, phyllite
	LOWER	O ₁ ¹				Phyllite, metasandstone, crystalline limestone, dolomite, metagrelstone and metasandstone at the base
ORDOVICIAN	UPPER	O ₁ ²				Metavolcanic rocks
	LOWER	CO ₁				Metasandstone, phyllite, dolomite, some marmorized limestone (probably equivalent to ZÄIGUN FORMATION, LÄLIN SANDSTONE and MILA GROUP)
CAMBRIAN	UPPER	Ca ₁				Dolomite, phyllite, talc schist (probably equivalent to BÄRUT FORMATION)
	LOWER	Ca ₂				Dolomite, marmorized and/or dolomitized limestone
UPPER PROTEROZOIC						Dolomite, metasandstone, phyllite

INTRUSIVE ROCKS		SUBVOLCANIC ROCKS	
E ₁ ¹	Granite, granite porphyry, granodiorite	b	Eocene-Oligocene basalt
E ₁ ²	Monzonite, quartz monzonite, quartz syenite	a	Andesite, andesite-dacite (ad), diorite porphyrite (dp)
E ₁ ³	Diorite, monzodiorite, monzogabbro	da	Dacite
P ₁ ¹	Paleozoic metagabbro, amphibolite		
sr	Serpentine of unknown age		

شکل شماره ۲ - نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

کانی سازی شامل ۳ زون کانه دار می باشد، زون های اول و دوم در پهلوی شرقی کانسار و زون سوم در پهلوی غربی کانسار واقع شده اند.

۱- زون اصلی یا زون اول در پیکر دو تپه کشیده و پیوسته با روند شرقی- غربی و ابعاد ۳۰۰ در ۷۰ متر بوده و افق کانه دار به موازات راستای تپه و با شیب رو به شمال، بر بلندای آن واقع شده است. این تپه بطور کامل از قطعات کانسنگ هماتی- مانیتی پوشیده شده و تنها در بخش شمالی آن مقادیری شیست رخنمون دارد. اطراف تپه نیز در اشغال نهشته های آبرفتی عهد حاضر می باشد. یک ترانشه طویل شمالی - جنوبی عمود بر روند کانی سازی بر روی آن دیده می شود.

۲- زون دوم که در فاصله ۸۰۰ متری جنوب غربی زون اصلی واقع شده است، توسط تعدادی تنه عدسی شکل باریک و صفحه ای شکل با شیب رو به شمال در سطح شناسایی میشود. بخشهای شمالی زون کانه دار در اشغال میکروگابروهای دگرگونه و بخشهای جنوبی آن نیز مرکب از مرمرهای توده ای میباشد. چندین دایک دیا بازی با روند شمال شرقی - جنوب غربی نیز در محل دیده میشود. یک ترانشه طویل با روند تقریبی شمالی - جنوبی نیز بر روی زون کانه دار حفر شده است. عدسی های کانه دار در این زون، بطور عمده مرکب از منیتیت و کمی هماتیت بوده و وزن مخصوص آنها حکایت از عیار بالای آهن در کانسنگ دارد.

۳- زون سوم در پهلوی غربی کانسار و در فاصله دو کیلومتری غرب زون دوم واقع بوده و شامل دو تنه باریک از کانسنگ حاوی هماتیت و مارتیت میباشد. کانسنگ اولیه منیتیتی توسط مقادیری پیریت و آرسنوپیریت همراهی میشود. زون کانه دار سوم نیز حاوی مقادیری منگنز در پیکر کانه های پیرولوژیت و منگانو سیدریت است. (اقتباس از گزارش زمین شناسی منطقه)



تصویر شماره ۱ - ترانشه بزرگ آهن دار (دید از شمال به جنوب)



تصویر شماره ۲- نمونه کانسنگ آهن در کنار ترانشه اصلی

فصل دوم

((تئوری روشهای ژئوفیزیک))

در این فصل تئوری روشهای ژئوفیزیکی بکاررفته در منطقه اکتشافی زیر توضیح داده می شود.

۲-۱- تئوری روش مغناطیس سنجی

مطالعه مغناطیس زمین، قدیمیترین شاخه ژئوفیزیک است. برای نخستین بار گیلبرت نشان داد که میدان مغناطیسی زمین راستایی عموماً شمالی - جنوبی در نزدیکی محور چرخشی زمین دارد. از آن زمان تاکنون پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه ساخت دستگاهها و تفسیر اندازه‌گیری‌های این روش بدست آمده است. در روشهای مغناطیسی معمولاً میدان کلی یا مولفه قائم اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به اینکه میدان مغناطیسی دارای دو قطب و نیز راستا می‌باشد، لذا تفسیر نقشه‌های مربوطه پیچیده‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد. از طرف دیگر، در مقایسه با اغلب روش‌های ژئوفیزیکی، اندازه‌گیری‌های صحرائی در این روش، ارزان و ساده است و عملاً نیازی به اعمال تصحیحات پیچیده و طولانی در قرائت‌ها نیست. میدان مغناطیسی زمین تا آنجا که به اکتشاف ژئوفیزیکی مربوط است، از سه قسمت تشکیل شده است:

- ۱- میدان اصلی، که هر چند با زمان ثابت نیست، نسبتاً به آرامی تغییر می‌کند و منشاء آن داخلی است و حدود ۹۰ درصد میدان مغناطیسی زمین را تشکیل می‌دهد.
- ۲- میدان خارجی، جزء کوچکی از میدان اصلی است که منشاء آن خارج از زمین می‌باشد و نسبتاً سریع تغییر می‌کند، تغییری که بخشی از آن دوره‌ای و بخشی اتفاقی (تصادفی) است (مربوط به تغییرات روزانه و سالیانه خورشید و روزانه ماه می‌باشد).

۳- تغییرات میدان اصلی، معمولاً ولی نه همیشه خیلی کوچکتر از میدان اصلی است، نسبتاً با زمان و مکان ثابت است و در اثر بی‌هنجاری‌های مغناطیسی محلی در نزدیکی سطح پوسته زمین بوجود می‌آید. این تغییرات هدف‌های ژئوفیزیک اکتشافی را تشکیل می‌دهد.

اگر جسمی در میدان زمین F قرار بگیرد در این صورت یک میدان به نام J (مغناطیدگی القایی)^۱ به داخل جسم القاء می‌شود. که خواهیم داشت:

$$J = KF$$

که K ضریب مغناطیس‌پذیری^۲ (خودپذیری مغناطیسی) می‌باشد. اجسام بر حسب ضریب K به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱. $K < 0$ ، پارامغناطیس. معمولترین مواد دیامغناطیس زمین، گرافیت، ژئیس، مرمَر، کوارتز و نمک می‌باشند.

۲. $K > 0$ ، پارامغناطیس. عناصری مانند نیکل و کلسیم و ... این اثر با دما کاهش می‌یابد.

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

خودپذیری مغناطیسی، متغیری مهم در مغناطیس است و همان نقشی را داراست که چگالی در تفسیرهای گرانی دارد. هر چند تغییرات بزرگی در مقادیر K ، حتی برای یک سنگ بخصوص وجود دارد و لبپوشی وسیعی بین نوع‌های مختلف مشاهده می‌شود، سنگ‌های رسوبی پایین‌ترین و سنگ‌های آذرین اصلی بالاترین میانگین خودپذیری را دارا می‌باشند. در هر مورد خودپذیری تنها به مقدار کانی‌های فری مغناطیس موجود بستگی دارد که عمدتاً مانیتیت و بعضی اوقات ایلمنیت یا پروتیت می‌باشند (سنگ‌هایی نظیر گابرو، پروکسنیت، بازالت و آندزیت دارای خاصیت مغناطیسی بالا هستند).

¹ . Induced Magnetization

² . Susceptibility

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

پارامتر اندازه گیری خاصیت مغناطیس سنگ ها خودپذیری مغناطیسی است که بر حسب واحدهای emu^3 در جدول ذیل برای تعدادی از کانی ها ارائه گردیده است.

نوع	میانگین خودپذیری $\times 10^6$	نوع	میانگین خودپذیری $\times 10^6$
هماتیت	۵۵۰	کرومیت	۶۰۰
مانیتیت	۵۰۰۰۰۰	لیمونیت	۲۲۰
زغال سنگ	-۱	کوارتز	-۱

جدول شماره ۱- میانگین خودپذیری بعضی از کانیها

دستگاه های اندازه گیری در این روش به سه دسته واریومترهای مغناطیسی، مغناطیس سنج فلاکس گیت (دروازه شار)، مغناطیس سنج شتاب هسته ای و بخار روبیدیم تقسیم بندی شده اند. پیشرفته ترین و جدیدترین نوع مغناطیس سنج مدل Smartmag ساخت شرکت Scintrex کشور کانادا است که با استفاده از بخار سزیم کار می کند. این دستگاه دارای حساسیت بسیار بالا و در حد $۰/۰۱$ گامامی باشد و برای کشف بی هنجاری های باستان شناسی کاربرد فراوانی دارد. واحد اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی، گاما یا همان نانوتسلا است. مغناطیس سنج های با حساسیت و ظرافت کمتر برای عملیات معدنی بسیار مناسب تر است

^۱ واحدهای emu : واحدهای الکترومغناطیسی CGS می باشد.

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

به منظور آماده‌سازی داده‌ها ابتدا همه مختصات‌ها با استفاده از GPS دستی بر روی هر پروفیل برداشت می‌شود. سپس نقشه‌ها همگی در این مختصات و توسط نرم افزار GEOSOFT تحلیل می‌شود. جهت تفسیر بهتر داده‌های برداشت شده، از روش‌های مختلف تحلیلی و ترسیمی استفاده می‌شود. به عنوان مثال روش ادامه فراسو^۴ بمنظور کاهش اثر نویزهای سطحی و نمایش بهتر بی‌هنجاری‌های عمیقتر مناسب است در حالیکه نقشه‌های مشتق جهت آشکارسازی هر چه بیشتر بی‌هنجاری‌های سطحی مناسب هستند. نقشه‌های مشتق اول و دوم، میزان نسبت تغییرات بی‌هنجاری و شدت تغییرات بی‌هنجاری را به عمق نمایش می‌دهد. بدین ترتیب بی‌هنجاری‌های سطحی که تغییرات شدیدتری دارند، نمایان‌تر خواهند شد؛ ضمن آنکه احتمال عمیق بودن یا ادامه چنین بی‌هنجاری‌هایی در عمق منفی نیست و به همین منظور نقشه‌های ادامه فراسو تهیه می‌گردد. به صورت ساده می‌توان چنین فرض کرد که گیرنده^۵ دستگاه مغناطیس‌سنج در ارتفاعی بالاتر از سطح فعلی اندازه‌گیری نموده است. نقشه کاهش به قطب نیز به منظور تعیین بهتر محل بی‌هنجاری با توجه به موقعیت جغرافیایی و با در دست داشتن مقادیر *declination, inclination* در منطقه و انجام تصحیح بدست می‌آید.

⁴ Upward Continuation

⁵ Sensor

۲-۲- تئوری روش قطبش القایی (IP) Induced polarization

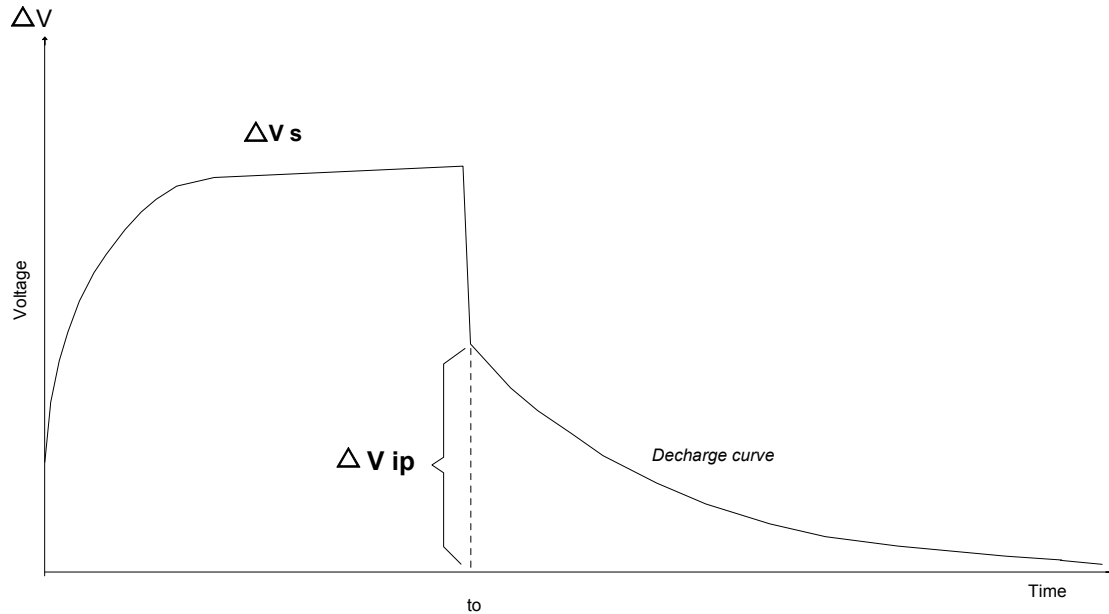
اول بار در اواخر دهه ۱۹۴۰ روش قطبش یا پلاریزاسیون القایی برای اکتشاف توده های کانسنگی بالاخص برای سولفیدهای پراکنده (دیسیمینه) مورد استفاده قرار گرفت. در دهه ۱۹۶۰ از این روش بطور گسترده در اکتشافات ژئوفیزیک معدنی زمین پایه استفاده شده است. کنراد شلامبرگر اولین فردی بود که وجود پدیده پلاریزاسیون القایی 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 الکترو شیمیایی ذخیره می شود. این عمل معمولاً به دو طریق صورت می گیرد.

۲-۲-۱- پلاریزاسیون غشایی یا IP غیر فلزی

در این روش عبور جریان الکتریکی توسط الکترولیت های موجود در خلل و فرج سنگها صورت می گیرد. این نوع IP در زمین های رسی دیده می شود و بدین جهت در مورد اکتشاف آب و نواحی رسی این روش نیز می تواند کمک شایانی انجام دهد. علت این نوع IP را می توان چنین توجیه کرد که سطح کانیهای رسی دارای بار منفی است و در نتیجه بارهای مثبت را جذب می کند. لذا بعد از گسترش جریان بارهای مثبت جابجا می شوند و پس از قطع جریان به وضع اولیه خود برمی گردد که نتیجه این عمل پدیده IP می باشد. (شکل ۳)

۲-۲-۲ - پلاریزاسیون الکترودی *Over Voltage* یا پلاریزاسیون فلزی

در این روش عبور جریان الکتریکی توسط کانیهای فلزی در سنگها بصورت الکترونیکی صورت می گیرد. البته در این حالت ممکن است همزمان عبور جریان الکتریکی توسط الکترولیتهای موجود در خلل و فرج آنها نیز صورت پذیرد. هرگاه جریان الکتریکی فرستاده به داخل زمین بطور ناگهانی قطع شود. یونها به آهستگی پراکنده شده و بسوی تعادل پیش می رود که سبب پیدایش ولتاژ ضعیف و رو به زوال IP می شود. 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. هرچه ماده معدنی هادی تر و درصد آن بیشتر و پراکنده تر (دیسیمینه تر) در متن سنگ میزبان باشد IP بزرگتر خواهد بود، زیرا در این حالت سطح تماس جهت تبادل الکترونی-یونی به حداکثر خواهد رسید. اما در مورد بعضی از عوامل مانند مقاومت سنگ دربرگیرنده و غیره بطور قطع نمی توان اظهار نظر کرد. زیرا با تجربه ای که در عملیات زمینی بدست آمده در بعضی موارد با مقایسه نقشه های مقاومت ظاهری و شارژیبلیتته مشخص می شود نواحی که دارای IP قوی است دارای مقاومت ظاهری زیاد هم میباشد و با بررسی سر زمین معلوم شده که وجود ماده معدنی با سیلیسی شدن سنگهای درونگیر همراه است.



شکل ۳- تغییرات ولتاژ قبل و بعد از قطع جریان نسبت به زمان

۲-۳- روشهای اندازه گیری

اولین راه اندازه گیری ولتاژ رو به زوال IP درحوزه زمان (Time-Domain) می باشد که خود به اشکال گوناگون صورت می گیرد که بستگی به نوع دستگاههای اندازه گیری دارد. یکی از روشهای اندازه گیری شارژپذیری ظاهری براساس نسبت $\Delta V_{IP}/V_s$ می باشد. در این روش کمیت ΔV_{IP} را 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. تا اثر جریان الکترومگنتیک 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 نویز برسد.

دومین راه اندازه گیری، اندازه گیری شارژپذیری ظاهری درحوزه فرکانس (Frequency Domain) است که در این روش تغییرات مقاومت ویژه ظاهری در فرکانسهای مختلف اندازه گیری می گردد. چون 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 این مقاومت مازاد با افزایش فرکانس جریان تزریقی مرتباً کم می شود زیرا افزایش فرکانس سبب کم شدن مقدار ولتاژ IP می شود. معمولاً درسنگهایی که تقریباً فاقد کانیهای هادی هستند IP خیلی کم ایجاد می شود و در نتیجه اثر ازدیاد فرکانس در کاهش pa در حدود $0/1$ می باشد.

درسنگهایی که کانیهای هادی به مقدار قابل ملاحظه ای حضور دارند مقدار IP حاصله نسبتاً زیاد و در نتیجه به ازای هر ده برابر که برفرکانس جریان تزریقی افزوده شود pa به اندازه 10% تا 20% کاهش نشان می دهد. اندازه گیری های حوزه فرکانسی نسبت به حوزه زمانی دارای دو مزیت است که نسبت سیگنال به نویز در آنها بیشتر است و دیگری ساده و سبک بودن تجهیزات. برتری اندازه گیری های حوزه زمانی نسبت به حوزه فرکانسی سرعت بیشتر اندازه گیری ها و صرفه جویی در زمان است.

۲-۴- آرایش های مورد استفاده

۲-۴-۱- آرایش دایپل - دایپل (*Dipole - Dipole*)

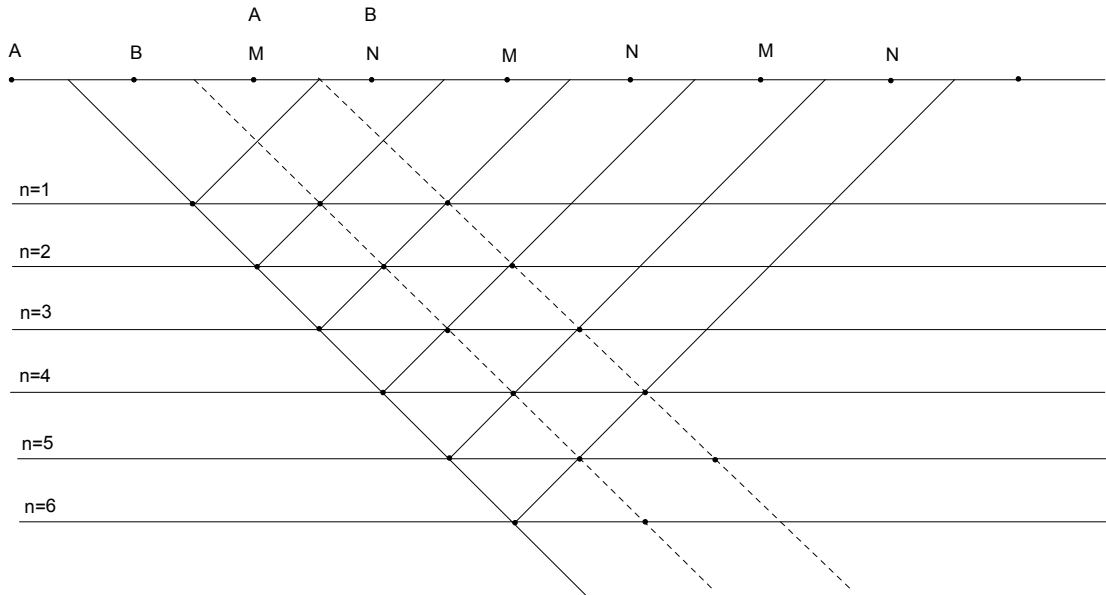
از این نوع آرایش برای مطالعه و بررسی تغییرات و گسترش بی هنجاری در عمق و به دست آوردن شبه مقطعی از IP و مقاومت ویژه ظاهری در مسیر یک پروفیل استفاده می شود. در این نوع آرایش هر چهار الکترود A, B, M, N در امتداد یک پروفیل قرار داشته و عملاً فاصله الکترودهای فرستند AB مساوی فاصله الکترودهای گیرنده MN، $AB=MN=a$ بوده و در هر اندازه گیری الکترودهای AB ثابت بوده و الکترودهای MN در امتداد پروفیل حرکت می کند، در نتیجه اندازه گیری برای عمق های مختلف انجام می گیرد.

فاصله بین نزدیکترین الکترودهای جریان پتانسیل برابر na می باشد ($n=1,2,3,\dots$) و عمق هر اندازه گیری برابر $(n+1)a/2$ خواهد بود و عدد اندازه گیری شده برای نقطه ای به محل تلاقی دو خط با زاویه 45° 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 شارژپذیری و مقاومت ویژه ظاهری در امتداد یک پروفیل بدست

خواهد آمد



شکل ۴- آرایش دو قطبی - دو قطبی

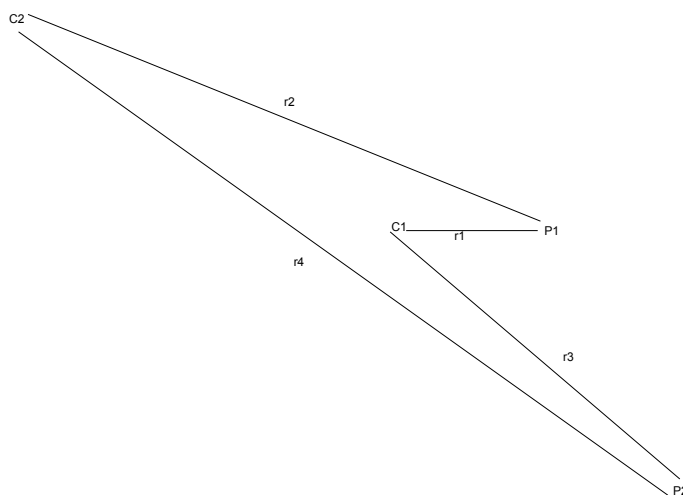
۲-۴-۲- آرایش قطبی - قطبی (pole-pole)

در تئوری آرایش قطبی - قطبی فقط دو الکتروود در نزدیکی هم قرار میگیرد یک الکتروود جریان و یک الکتروود پتانسیل و دو الکتروود دیگر در بینهایت قرار میگیرد که کمترین اثر را بر روی آرایش داشته باشد. در حالت کلی توصیه میشود که فاصله این دو الکتروودهای $c1, p1$ ده و ترجیحا ۲۰ برابر انتخاب شود. در بعضی موارد که فاصله الکتروودهای $c1, p1$ بسیار زیاد است این حداقل ها برای تمام اندازه گیری ها رعایت نمی شود. این قضیه میتواند منجر به پیچیدن بیهنجاری بر روی مدل حاصل از معکوس سازی در هنگام مدل سازی شود. این مشکل با استفاده از روش محاسبه معمول ضریب k در آرایش قطبی - قطبی

بوجود می آید و اگر ضریب k با استفاده از روش کلی محاسبه ضریب k بر حسب فاصله الکترودها محاسبه شود این مشکل حل خواهد شد.

برای خط برداشت با n الکترودها $n(n+1)/2$ ترکیب ایجاد میشود. به عنوان مثال برای خط برداشت با ۲۵ الکترودها ۳۰۰ ترکیب ایجاد خواهد شد. در عمل حداکثر فاصله بین الکترودهای p_1, c_1 بر اساس حداکثر عمق جستجوی مورد نیاز تعیین میشود. در بسیاری موارد این حداکثر فاصله بین ۶ تا ۱۰ برابر فاصله تک الکترودها تا خط برداشت است.

برای پرهیز از مقاومت ویژه منفی یا صفر بایستی فاصله الکترودهای c_2, p_2 حداقل $2/5$ برابر و ترجیحا ۳ برابر فاصله c_1, p_1 باشد. به عنوان مثال اگر فاصله الکترودهای ۱ متر است، فاصله c_1, p_1 بایستی ۱۰ متر باشد. در اینصورت الکترودهای c_2, p_2 بایستی حداقل در فاصله ۲۵ متری از خط برداشت قرار بگیرند. با کم شدن فاصله الکترودهای c_2, p_2 از خط برداشت عمق جستجو کاهش می یابد. با این حال آرایش قطبی - قطبی بیشترین نسبت عمق جستجو را نسبت به سایر آرایش ها داراست. به عبارتی اگر نسبت عمق جستجو در آرایش دوقطبی - دوقطبی $0/3$ برابر عمق اسمی جستجو باشد، در این روش عمق جستجو $0/9$ برابر عمق اسمی است.



شکل شماره ۵ - نمایی از آرایش قطبی - قطبی

فصل سوم

((برداشتهای ژئوفیزیک))

۳-۱- تجهیزات مورد استفاده

۳-۱-۱- دستگاه اندازه گیری مغناطیس

جهت انجام برداشتهای مغناطیس سنجی در محدوده مورد مطالعه از دو دستگاه مغناطیس سنج MP3 ساخت شرکت Scintrex کانادا استفاده شده است. یک دستگاه جهت ایستگاه *BASE* و دیگری جهت اندازه گیری استفاده شده است. دستگاه های MP3 در واقع مغناطیس سنجهای نوع پروتون میباشند که قابلیت ثبت داده هارا تا ۳۲ کیلوبایت داشته و میتوان با اتصال دو دستگاه *BASE* و اندازه گیری، تصحیحات روزانه را به سادگی و بطور خودکار انجام داد. دقت دستگاه تا ۰/۱ نانوتسلا بوده که در مقیاس مطالعات ما کافی است. با استفاده از این مدل دستگاه می توان اندازه گیری های گرادیان را نیز با سنسور مخصوص انجام داد. بطور کلی این دستگاهها در نوع خود بسیار سبک (۲ کیلوگرم) و دارای قابلیت حمل آسان و کاربری راحتی می باشد.



تصویر شماره ۳- دستگاه مغناطیس سنج MP3



تصویر شماره ۴- اندازه گیری با دستگاه مغناطیس سنج در منطقه

۲-۳- دستگاه اندازه گیری *IP, RS*

در این برداشت ها از دستگاه اندازه گیری *IP, RS* ساخت شرکت IRIS فرانسه استفاده شده است

کامل آن عبارت است از:

- 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. از این دستگاه در حالت (Time Domain) استفاده شد. این دستگاه به گونه ای 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 می باشد. در هر بار ارسال جریان، جهت جریان نیز از داخل دستگاه عوض می شود. در ضمن میزان شدت جریان برقرار شده بین الکترودهای A,B نیز توسط صفحه دیجیتالی موجود بر روی دستگاه با دقت میلی آمپر نشان داده می شود که در محاسبه مقاومت ویژه ظاهری مورد استفاده قرار می گیرد.

- دستگاه گیرنده (رسیور) مدل ELREC-10 ساخت شرکت IRIS با دقت ۰/۰۱ میلی ولت برولت است، این دستگاه قادر است مساحت زیر منحنی روبه زوال ولتاژ در زمانهای T1,T2 را در ۲۰ پنجره مختلف اندازه گیری نماید و در نتیجه امکان پردازش اسپکترا را میسر می سازد.



تصویر شماره ۵- مجموعه رسیور و ترانس میتر به همراه سویچ باکس و سیمهای فرستنده جریان



تصویر شماره ۶- ترانسمیتر VIP ساخت شرکت IRIS فرانسه



تصویر شماره ۷- انجام عملیات صحرائی

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

اندازه گیری همزمان ۱۰ ایستگاه باهم ، 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 میشود. اندازه گیری مثبت تمام پارامترها شامل موقعیت هر ایستگاه ، مقاومت الکترودها ، میزان پتانسیل خودزا ، اختلاف پتانسیل ، شارژپذیری ظاهری ، میزان انحراف معیار (S.D) ، میزان مقاومت ویژه ظاهری ، تعداد اندازه گیری ها ، شارژپذیری واقعی و امکان مشاهده نویزها بر روی هر یک از الکترودها هنگام اندازه گیری و داشتن حافظه وامکان ذخیره سازی تمامی اطلاعات .

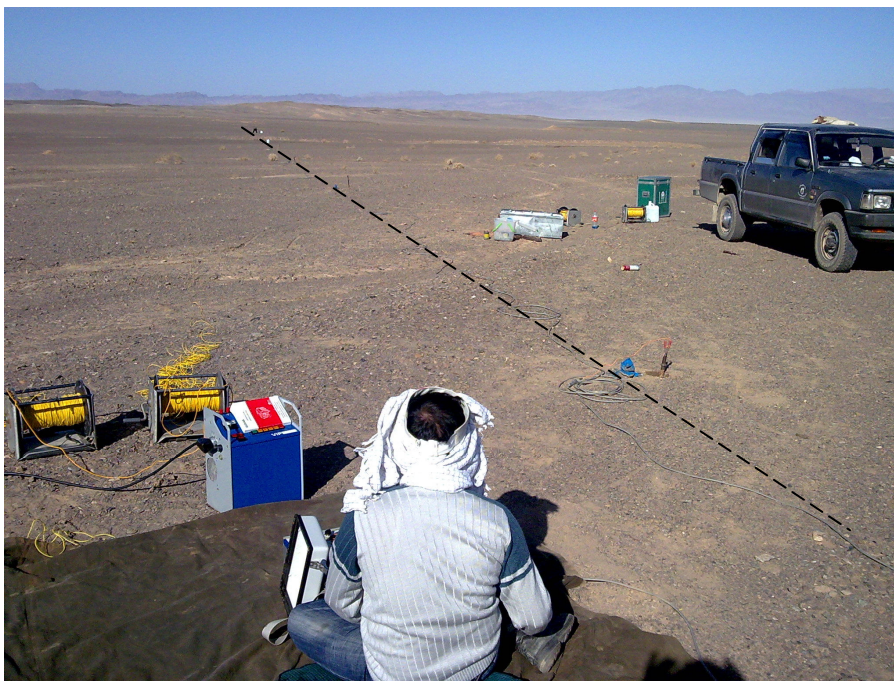
۳-۳- مطالعات ژئوفیزیک و برداشت صحرائی

پس از آنکه محدوده توسط زمین شناس منطقه جهت مطالعات ژئوفیزیک معرفی گردید برداشتهای مغناطیس سنجی در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول برداشتها با فاصله ایستگاه ۲۰ متر و فاصله پروفیل ۴۰ متر انجام شد. در مرحله دوم برداشتها با فاصله ایستگاه ۴۰ متر و فاصله پروفیل ۱۰۰ متر در شرق محدوده ادامه یافت. در کل ۲۴۰ هکتار با روش مغناطیس سنجی پوشش داده شده است. پس از انجام برداشتهای مغناطیس و بررسی نتایج آن در مرحله دوم برداشت آرایشهای دایپل - دایپل و پل - پل بر روی ۳ پروفیل به موازات هم به فاصله ۱۵۰ متر عمود بر محور بی هنجاری اصلی مغناطیس اجرا شد، که نتایج آن در ادامه آمده است.

مجموعاً ۳ پروفیل در محدوده برداشت شده است. پروفیل ها همگی دارای راستای شمالی - جنوبی میباشند. بر روی دایپل شماره ۲ یک برداشت پل - پل با فاصله الکترودی ۲۰ متر و بر روی پروفیل شماره ۳ یک برداشت پل - پل با فاصله الکترودی ۱۰ متر برداشت شده است.

ارتفاع ایستگاه ها با استفاده از GPS دستی برداشت شده است. در ادامه به ترتیب نتایج بدست آمده

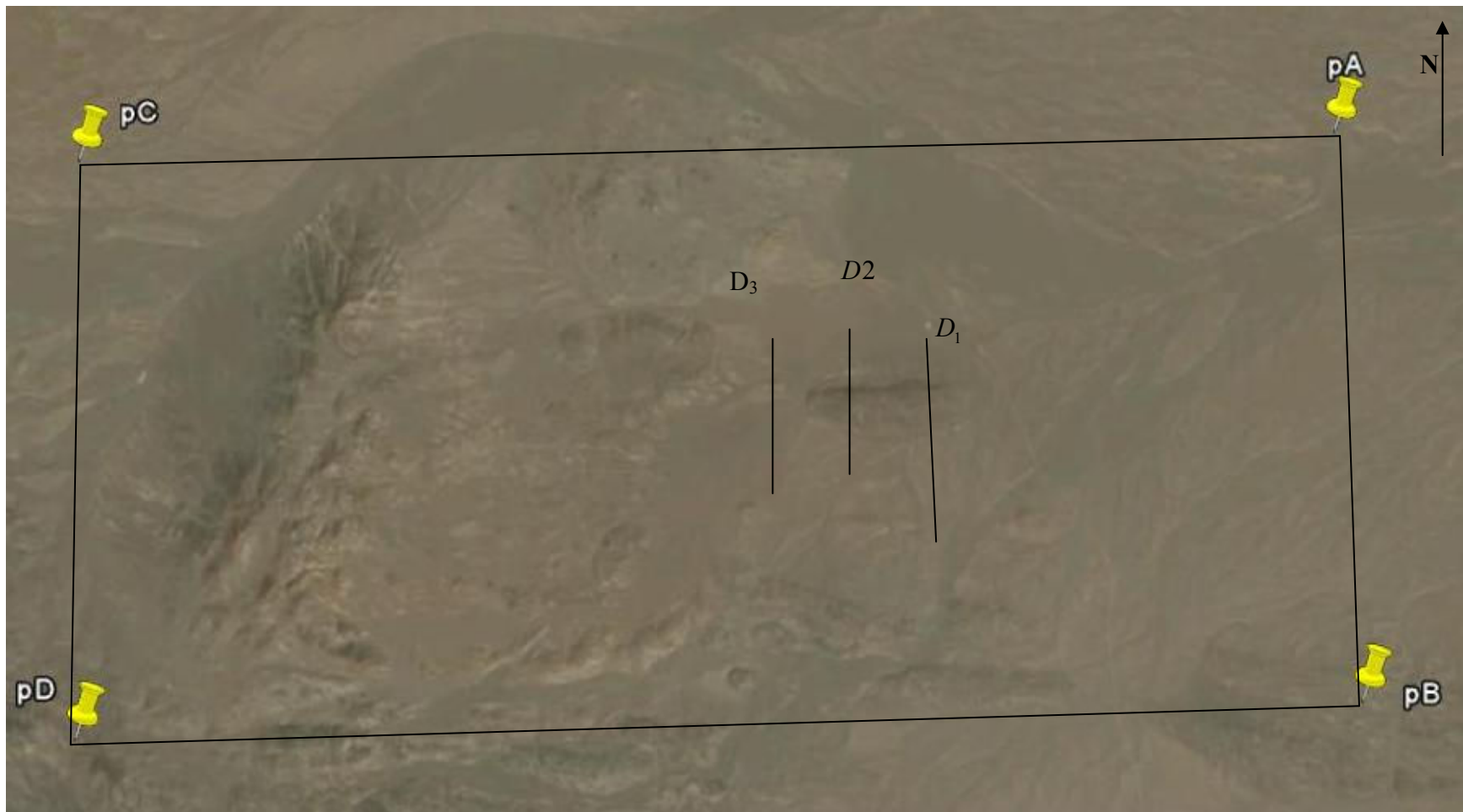
مورد تعبیر و تفسیر قرار گرفته و سپس مدل ها با اعمال تصحیح توپوگرافی ارائه شده است.



تصویر شماره ۸- نمایی از برداشت دایپل شماره ۳ (دید به جنوب)



تصویر شماره ۹- نمایی از برداشت دایپل ها (دید از جنوب غرب به شمال شرق)



تصویر شماره ۱۰ - مختصات چهار گوش برداشت های مغناطیس و موقعیت تقریبی پروفیل های D1, D2, D3

فصل چهارم

((بررسی نتایج))

۴-۱- بررسی نتایج برداشت های مغناطیس سنجی

در این منطقه مجموعاً ۳۲۰۴ ایستگاه برداشت شد. بیشترین شدت مغناطیس که در این محدوده برداشت شده ۵۲۶۵۴ گاما و کمترین مقدار آن ۴۴۶۸۲ گاما میباشد. مقدار مغناطیس کل در محدوده ۴۷۲۵۳ گاما، مقدار زاویه میل ۵۰/۹ و مقدار زاویه انحراف ۳/۳ بدست آمده است.

با توجه به نقشه شدت کل میدان مغناطیس (نقشه شماره ۱) که برای پوشش دادن بی هنجاری اصلی بطول ۵۰۰ متر در شرق تا پروفیل ۲۵۷۰۰۰ ادامه پیدا کرده، میتوان دید که بیهنجاری در شرق بسته شده و ادامه نداشته است. نقشه های بعدی بدون اضافه کردن این بخش از برداشتها ترسیم شده است. با نگاهی به این نقشه میتوان چندین محور بی هنجاری را جدا سازی کرد که با خطوط و منحنی های مشکی رنگ جدا شده است

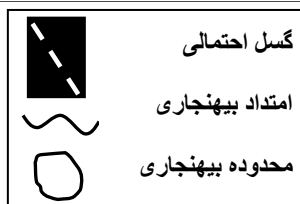
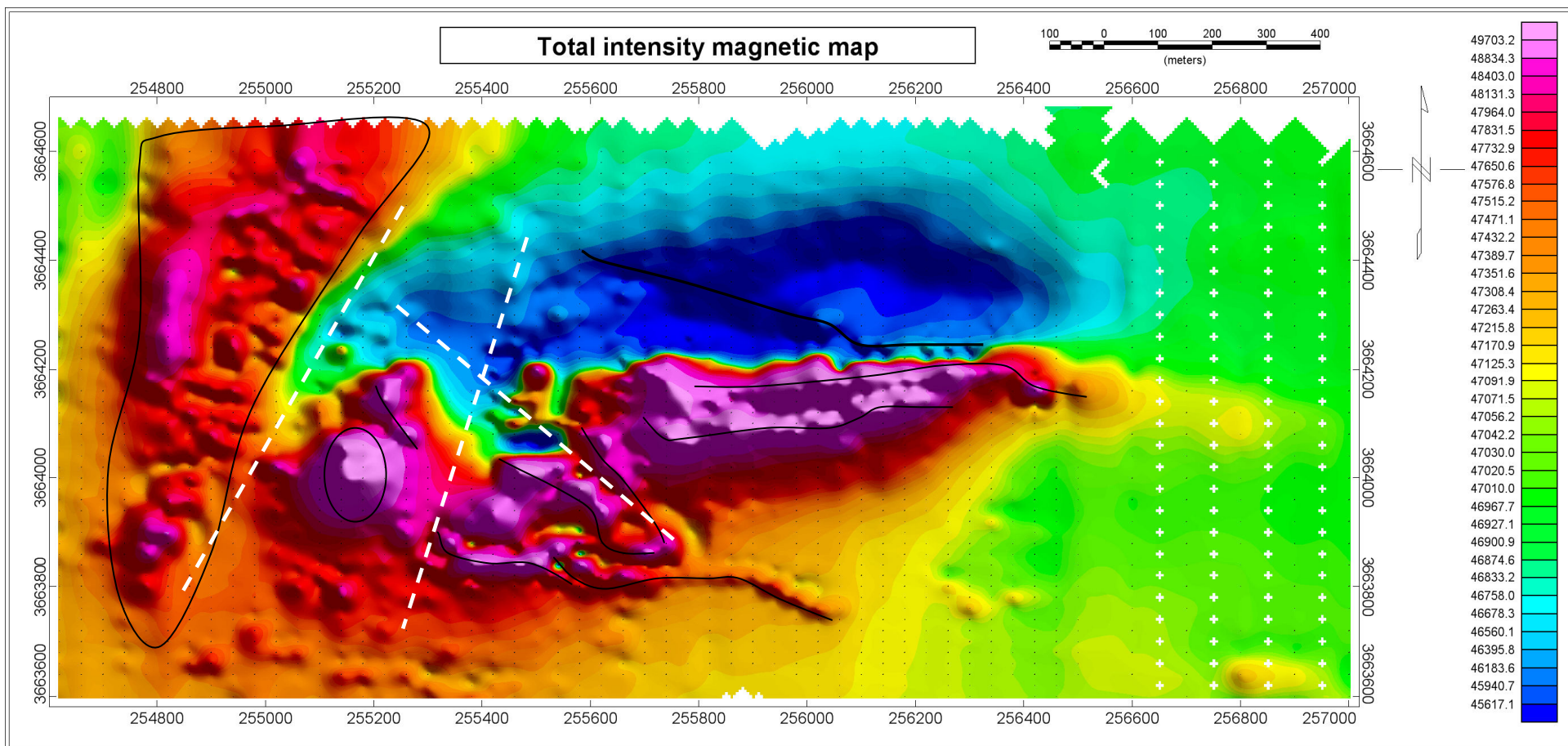
توده ای که بطور وسیع در غرب محدوده با رنگ قرمز جدا شده است با اینکه شدت میدان کل مقدار عددی بالایی بر روی آن نشان داده ولی با توجه به اینکه حالت دو قطبی نداشته و مشاهدات سر زمین نیز نشان از عدم وجود توده آهن حداقل بطور سطحی است احتمالاً مربوط به توده های بازیگ میباشد.

نکته جالب توجه در این نقشه بیهنجاری خطی شمالی است که در نقشه برگردان به قطب (نقشه شماره ۲) یا حتی در نقشه شدت کل نیز بسختی قابل جدا سازی است ولی با مشاهده پروفیل ها وجود آن لمس میشود (نمودار شماره ۲ صفحه ۳۵). در نمودار شماره ۲ که پروفیل ۲۵۵۹۸۰ برداشتهای مغناطیس را نشان می دهد، چهار بیهنجاری قابل تفکیک است که موقعیت آن با چهار فلش نمایش داده شده است نکته

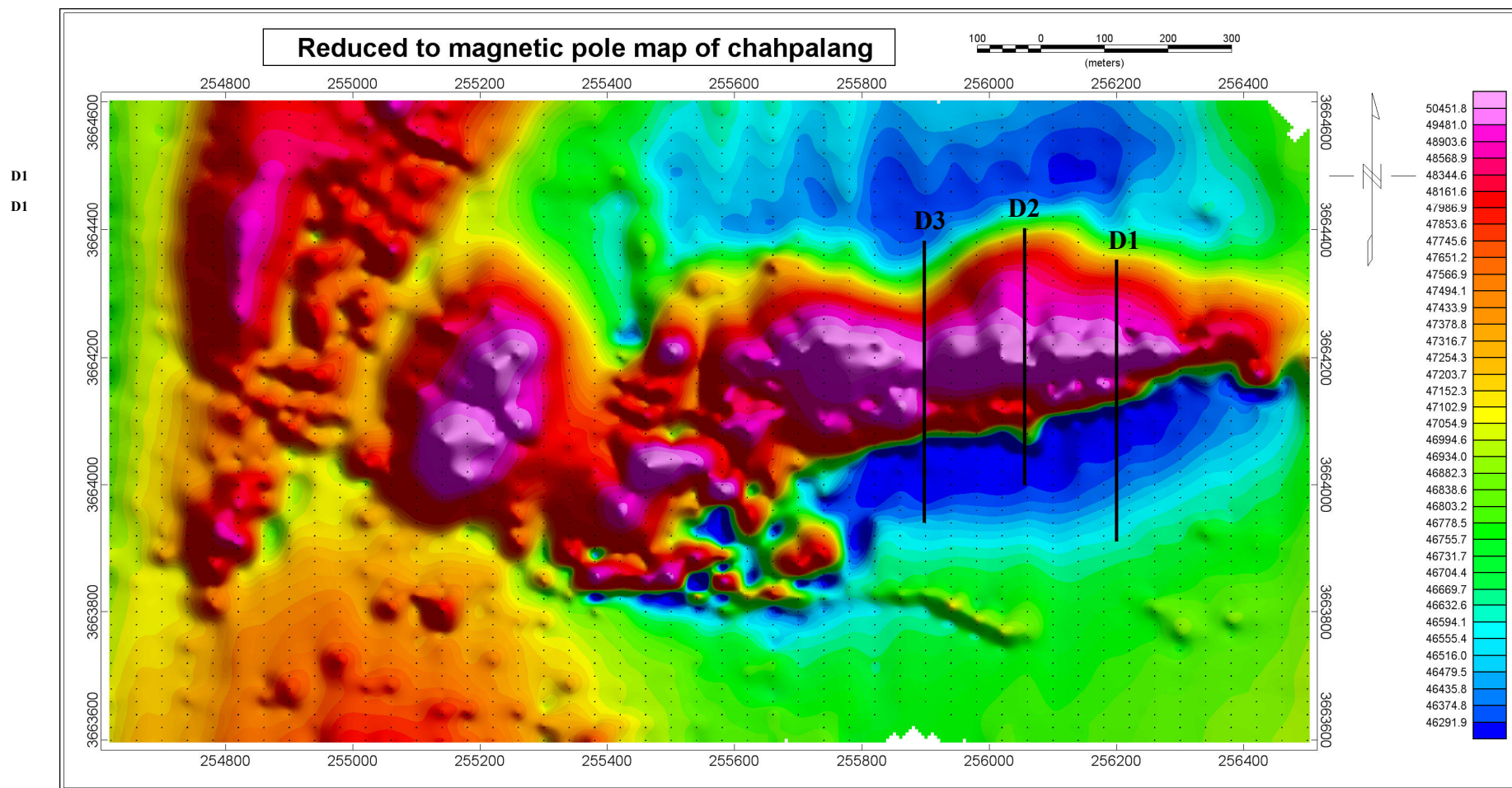
جالب توجه بیهنجاری سمت راست یا همان بی هنجاری شمالی می باشد که به دلیل قرار گرفتن در قسمت منفی بیهنجاری اصلی و عمق بیشتر اثر آن محدود شده است و به سادگی تشخیص داده نمی شود ولی بر روی این پروفیل می توان اثر آن را مشاهده نمود.

همچنین بر روی نقشه میتوان انفصالیهای نیز مشخص کرد که با خط چین سفید نمایش داده شده است. این انفصالیها ممکن است گسلهای محدوده را نشان دهد. بطور کلی مجموعه اصلی با قطب بزرگ آبی و قرمز جدا شده که در نقشه های ادامه فراسو چنانچه دیده میشود تا عمق بیش از ۱۰۰ متر نیز ادامه داشته است. بررسی نمودار طیف توان نیز عمق بیهنجاری را در عمق ۱۰۰ متر تایید میکند.

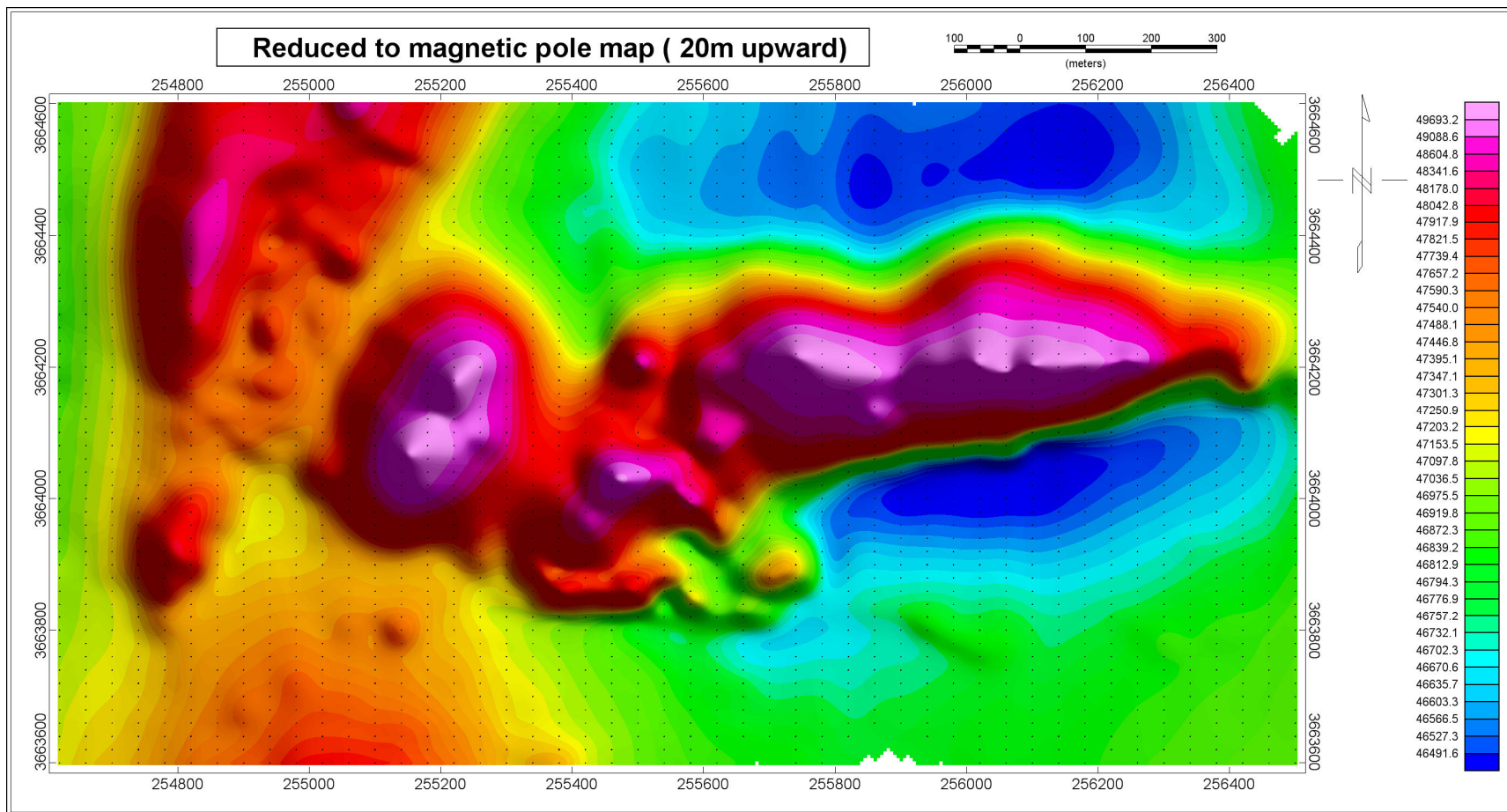
دو باریکه اصلی که محور آن بر روی $y = 3664200$ قرار دارد بیش از ۱۰۰۰ متر طول داشته و احتمالاً در شرق تا پروفیل ۲۵۶۹۰۰ به عمق ادامه یافته است. ولی بطور بارز در جهت شرقی - غربی از ۲۵۵۴۰۰ تا ۲۵۶۴۰۰ ادامه داشته و نزدیک به ۲۰۰ متر پهنا نشان میدهد که با در نظر گرفتن عمق ۱۰۰ متر می توان به حجم زیاد توده پی برد. البته باید در نظر داشت که همه این وسعت ممکن است مگنتیت خالص نباشد و ناخالصی و همچنین میان لایه هایی نیز همراهشان باشد. برای بررسی گسترش بی هنجاری در عمق سه پروفیل بر روی بی هنجاری اصلی انتخاب شده و برداشتهای RS , IP بر روی آن انجام گرفته که نتایج آن در ادامه ارائه شده است.



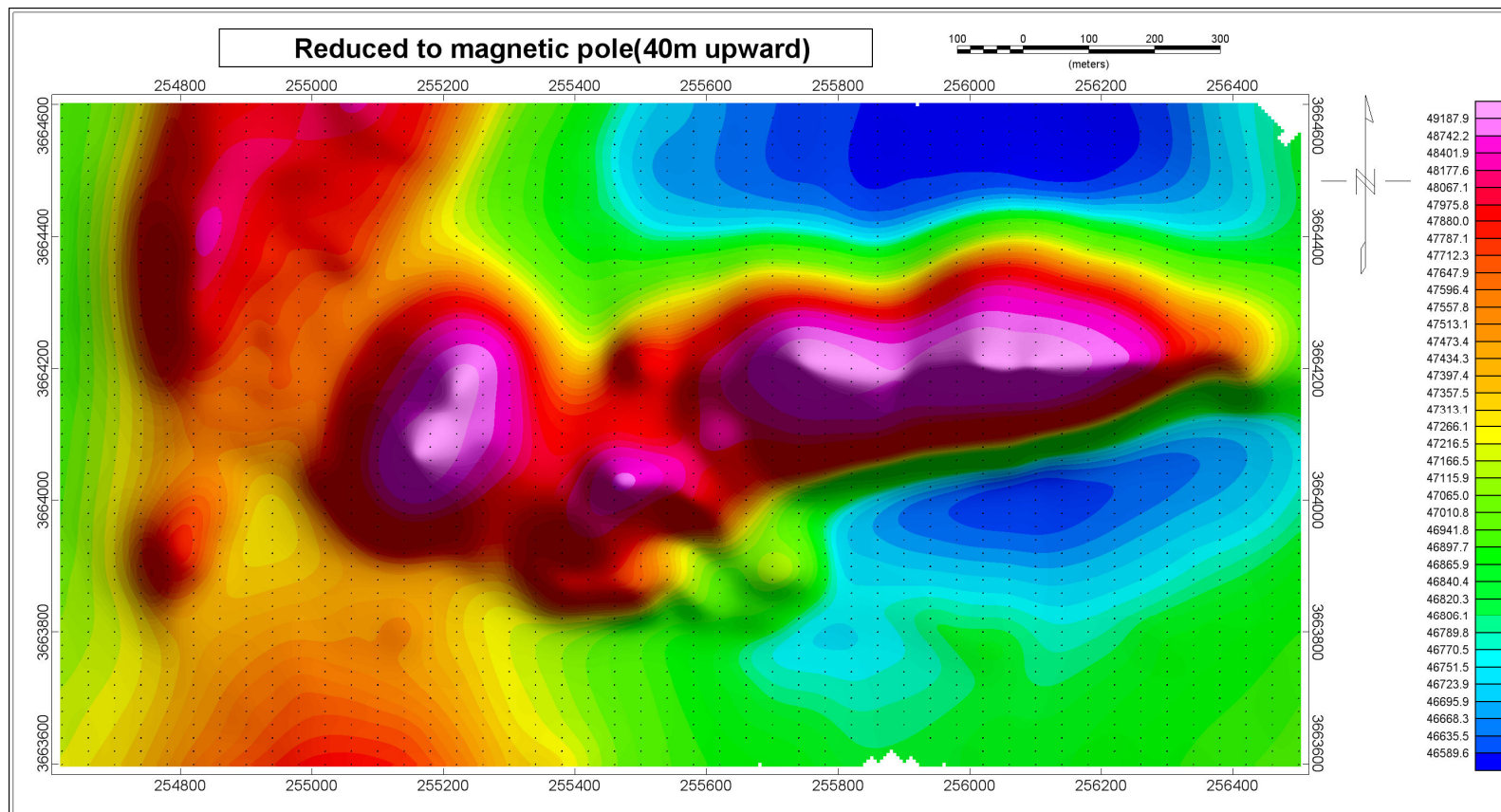
نقشه شماره ۱- نقشه شدت کل میدان مغناطیسی (بخشهای خالی با رنگ سفید به علت نبود داده ایجاد شده است)



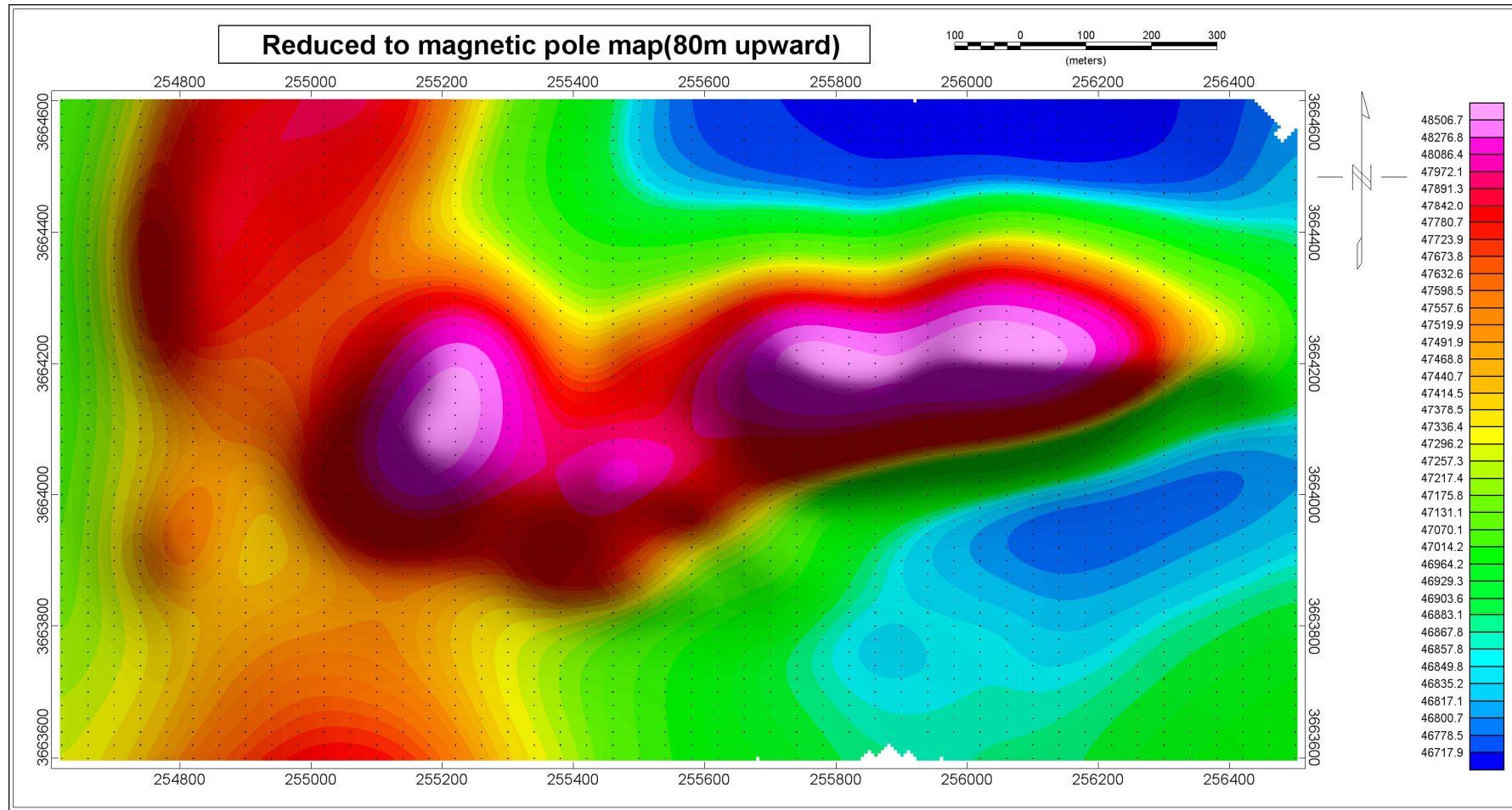
نقشه شماره ۲- نقشه برگردان به قطب (D1,D2,D3 امتداد پروفیلها را نشان می دهد)



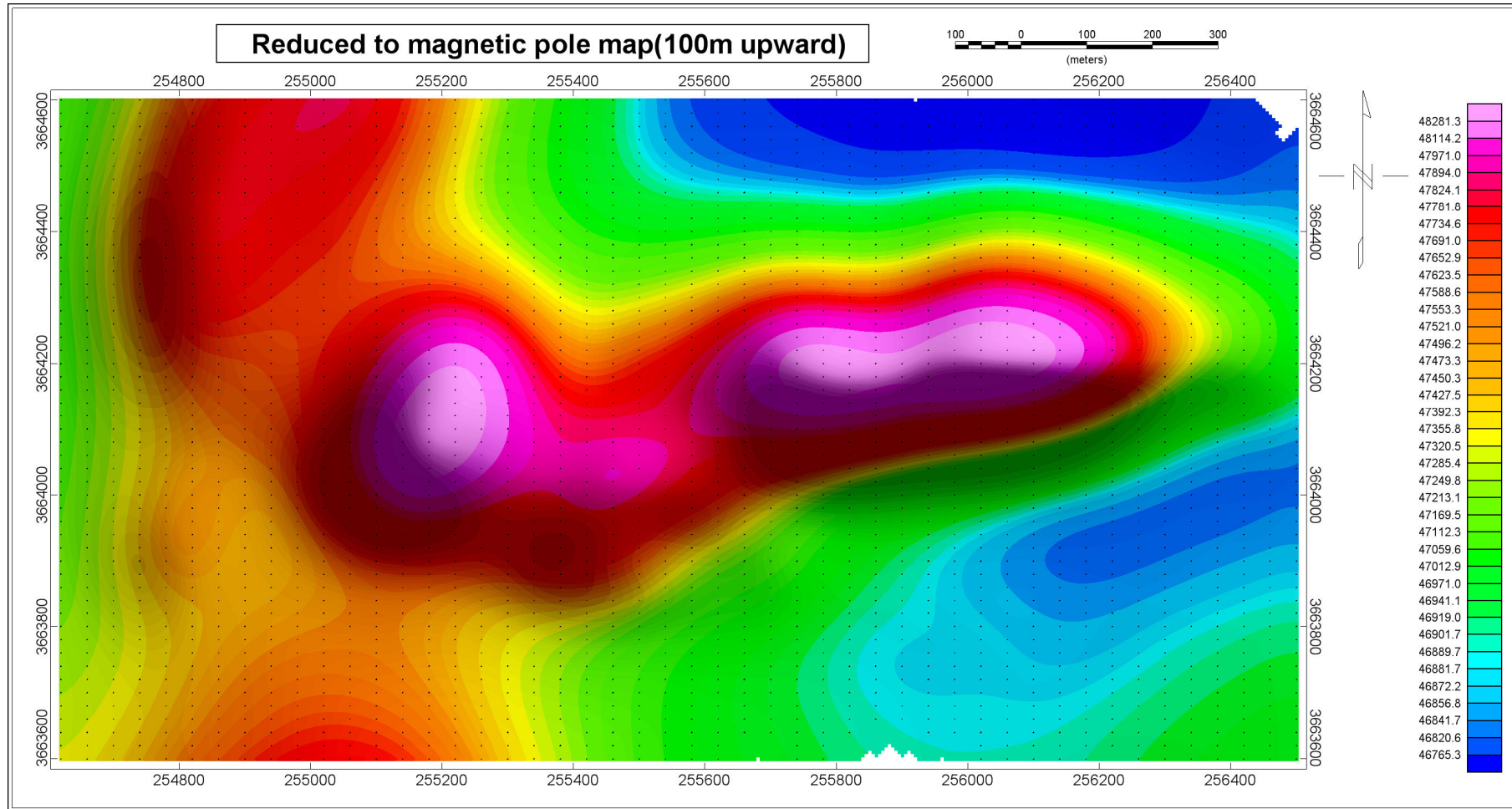
نقشه شماره ۳- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۲۰ متر)



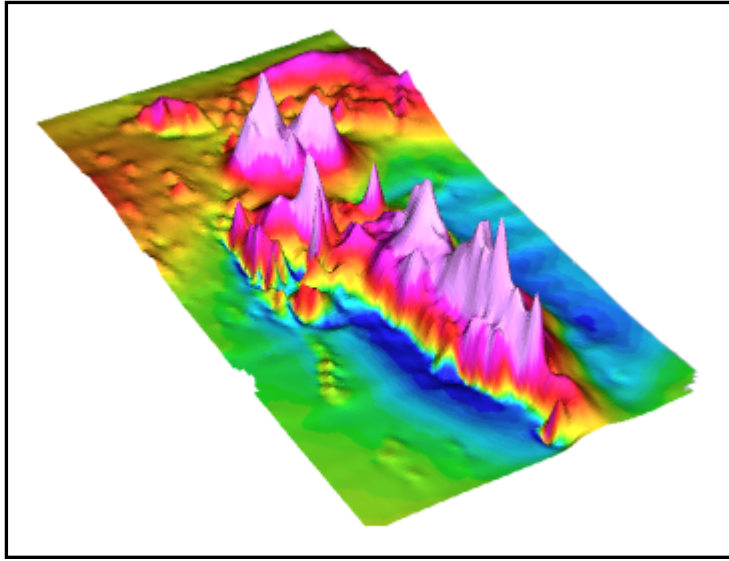
نقشه شماره ۴- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۴۰ متر)



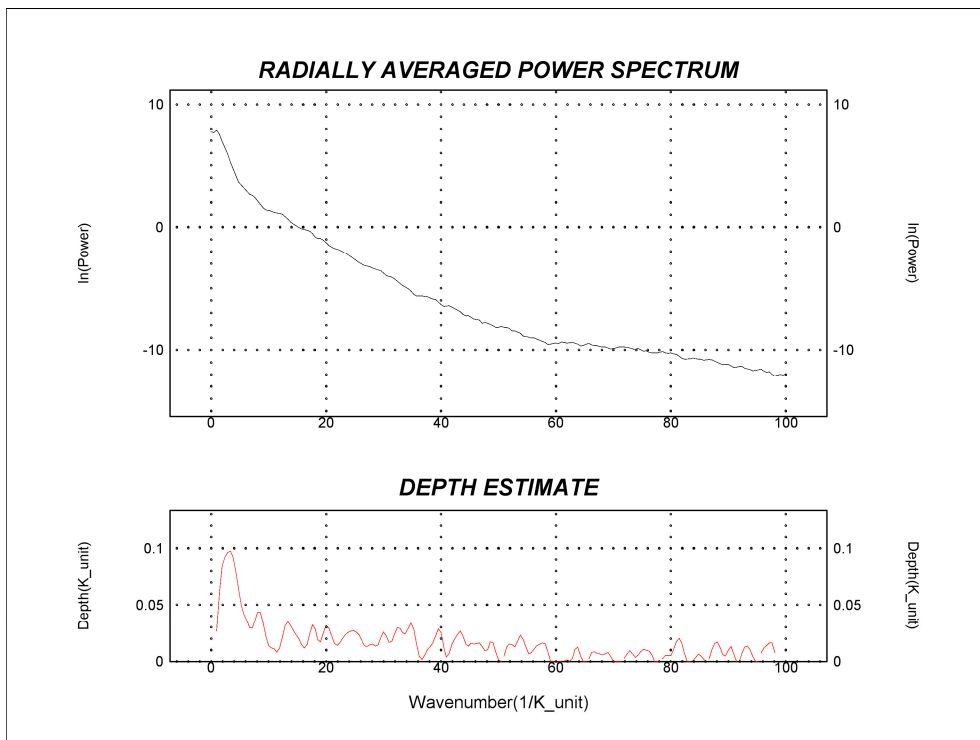
نقشه شماره ۵- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۸۰ متر)



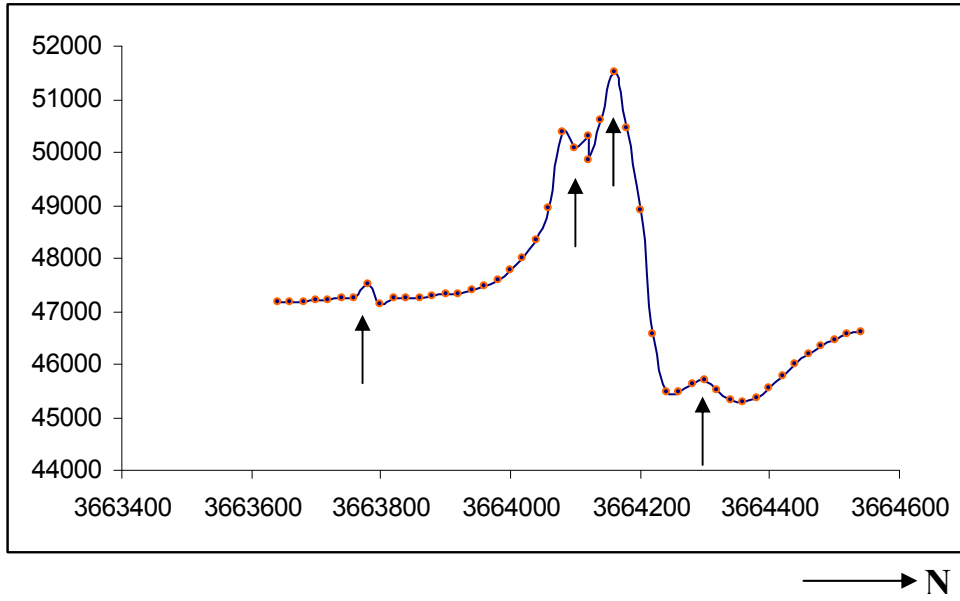
نقشه شماره ۶- نقشه برگردان به قطب (ادامه فراسو تا ۱۰۰ متر)



نقشه شماره ۷- نقشه برگردان به قطب ۳ بعدی



نمودار شماره ۱ - نمودار تخمین عمق با استفاده از طیف توان انرژی



نمودار شماره ۲- نمودار پروفیل ۲۵۵۹۸۰

۴-۲- بررسی آرایشهای دایپل - دایپل

بر روی پروفیل های P1 تا P3 برداشتها با فاصله الکترودی ۲۰ متر، و بر روی پروفیل شماره ۱ یک برداشت با فاصله الکترودی ۴۰ متر نیز انجام شد. بر روی هر پروفیل دو پارامتر پلاریزاسیون القایی ظاهری بر حسب میلی ولت به ولت (mv/v) و مقاومت ویژه ظاهری بر حسب اهم متر ($\Omega.m$) اندازه گیری شده است. فاصله پروفیلها از یکدیگر ۱۵۰ متر میباشد.

بر روی پروفیل شماره ۱ برداشت از جنوب به شمال و بر روی پروفیل شماره ۲ و ۳ از شمال به جنوب انجام شده است. بر روی پروفیل شماره ۲ یک برداشت پل- پل با فاصله الکترودی ۲۰ متر و بر روی پروفیل شماره ۳ یک برداشت پل- پل با فاصله الکترودی ۱۰ متر نیز انجام شده است.

مختصات تمام ایستگاهها بر حسب UTM داده شده است. در مقاطع مدلسازی شده عمق واقعی نمایش داده شده است. برای هر پروفیل ابتدا شبه مقاطع داده های خام و محاسبه شده به همراه مدل بدون توپوگرافی برای مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی بطور جداگانه و سپس نتیجه مدلسازی با اعمال توپوگرافی ارائه شده است. برای برداشتهای پل- پل برای جلوگیری از اطاله مطلب به ارایه مدلها اکتفا شده است.

۴-۲-۱- بررسی آرایش دایپل - دایپل بر روی پروفیل شماره ۱

دایپل - دایپل شماره یک از جنوب به شمال با فاصله الکترودی و پرش ۲۰ متر برای الکترودهای جریان و پتانسیل ۲۰ متر برداشت شده است. این برداشت با قرار دادن الکترودهای جریان بر روی ایستگاه های ۱۶۰ و ۱۸۰ با مختصات UTM (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۴۰۰۰) و (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۴۰۲۰) آغاز و اندازه گیری در

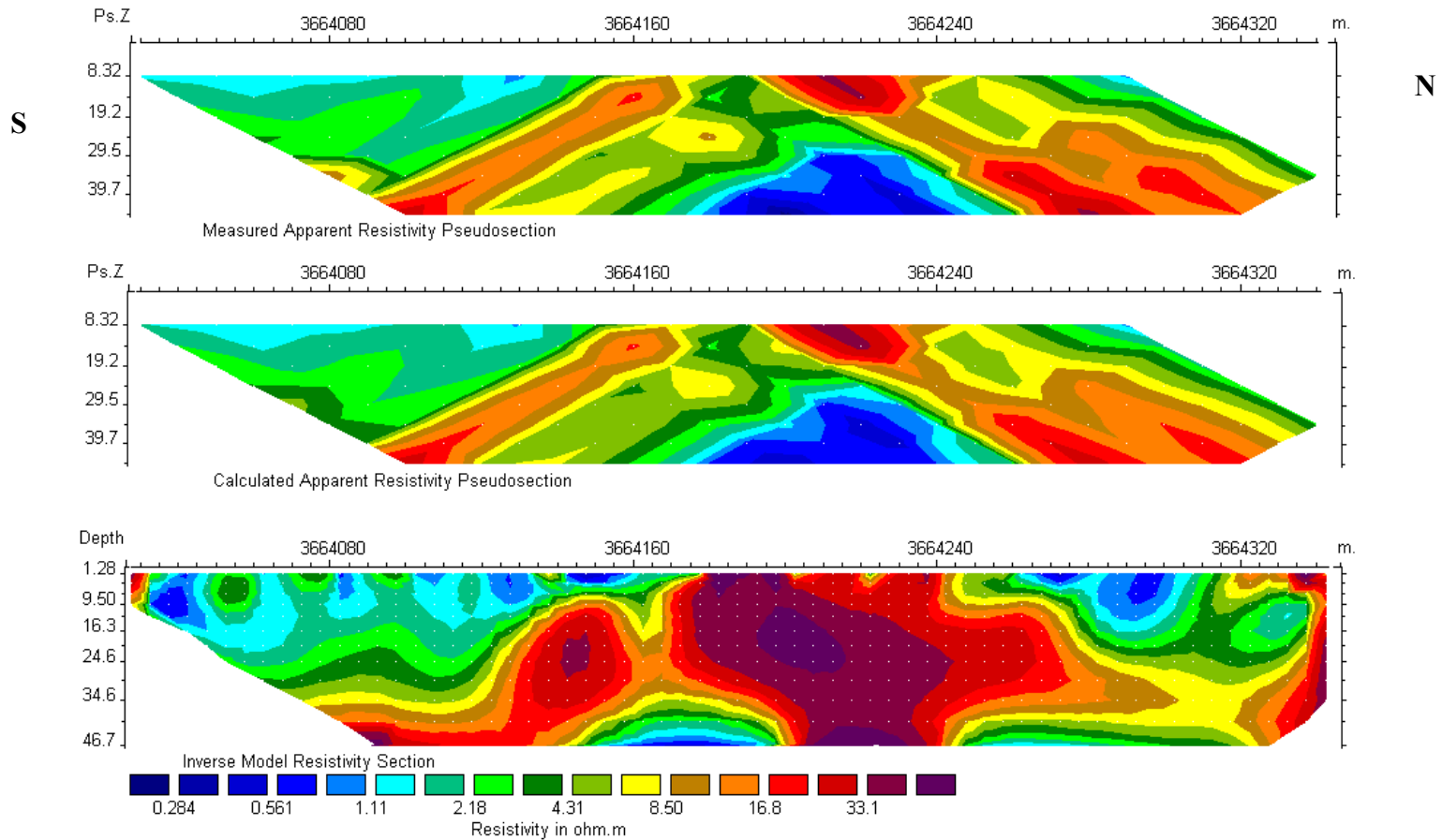
جهت شمال ادامه یافته بطوریکه با ۱۴ پرش آخرین الکترودهای پتانسیل بر روی ایستگاه های ۵۶۰ و ۵۸۰ با مختصات UTM (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۴۴۰۰) و (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۴۴۲۰) قرار می گیرند.

برای مقاومت ویژه ظاهری بیشترین مقدار ۳۶/۱۵ و کمترین مقدار ۰/۲۴ اهم متر برداشت شده است. بیشترین مقدار برای پلاریزاسیون القایی که بر روی این مقطع برداشت شده ۱۰/۴۶ و کمترین مقدار ۰/۲۷ میلی ولت بر ولت بوده است. نقشه شماره ۸ و ۹ شبه مقطع مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی را برای این برداشت نشان می دهد.

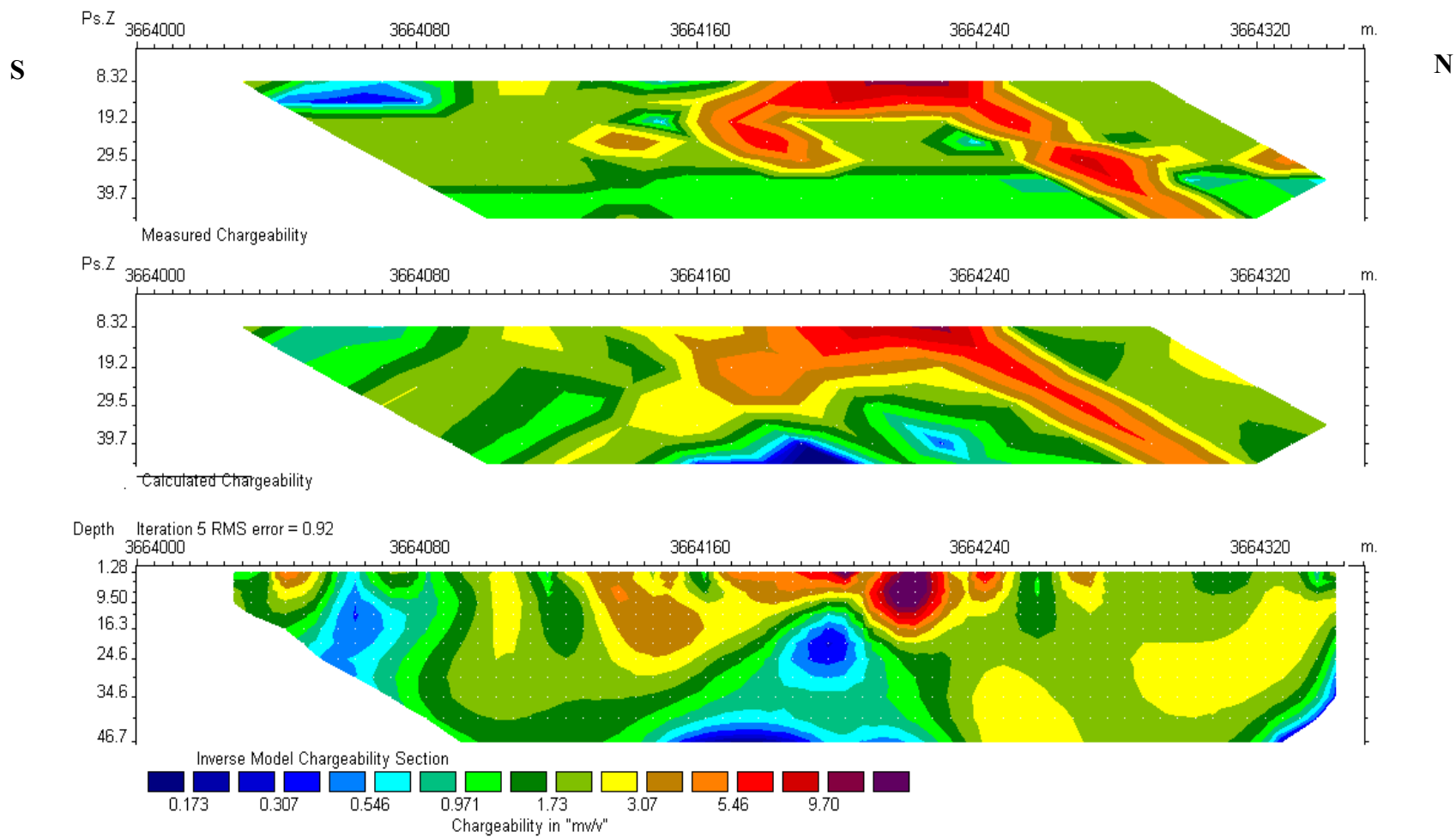
نقشه شماره ۱۰، مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی پروفیل را همراه با توپوگرافی که با استفاده از نرم افزار مدلسازی RES2DINV ترسیم شده است، نشان می دهد.

برداشتهای ۲۰ متری بی هنجاری را تا عمق ۵۰ متر تفکیک نموده است. بخشهای قرمز رنگ با مقاومت بیشتر با توجه به اینکه سنگی از جنس دیگر در آن اطراف نیست وضعیت توده آهن دار را نشان می دهد و باقی تشکیلات شامل رسوبات سطحی با مقاومت کم است که با رنگ آبی از دیگر نواحی متمایز شده است. از سمت جنوب به شمال می توان حدس زد بیهنجاری در عمق ۴۰ متری زیر ایستگاه ۳۶۶۴۰۸۰ شروع تا نزدیکی سطح در زیر ایستگاه ۳۶۶۴۱۶۰ ادامه داشته و سپس با یک انفصال از ۳۶۶۴۱۷۰ شروع تا ۳۶۶۴۲۴۰ ادامه داشته که این بخش از سطح تا عمق ۵۰ متر ادامه داشته است. پس از یک انفصال در منتهی الیه شمالی نیز بیهنجاری مقاومی در ۳۶۶۴۳۲۰ در عمق حدود ۳۰ متری دیده می شود.

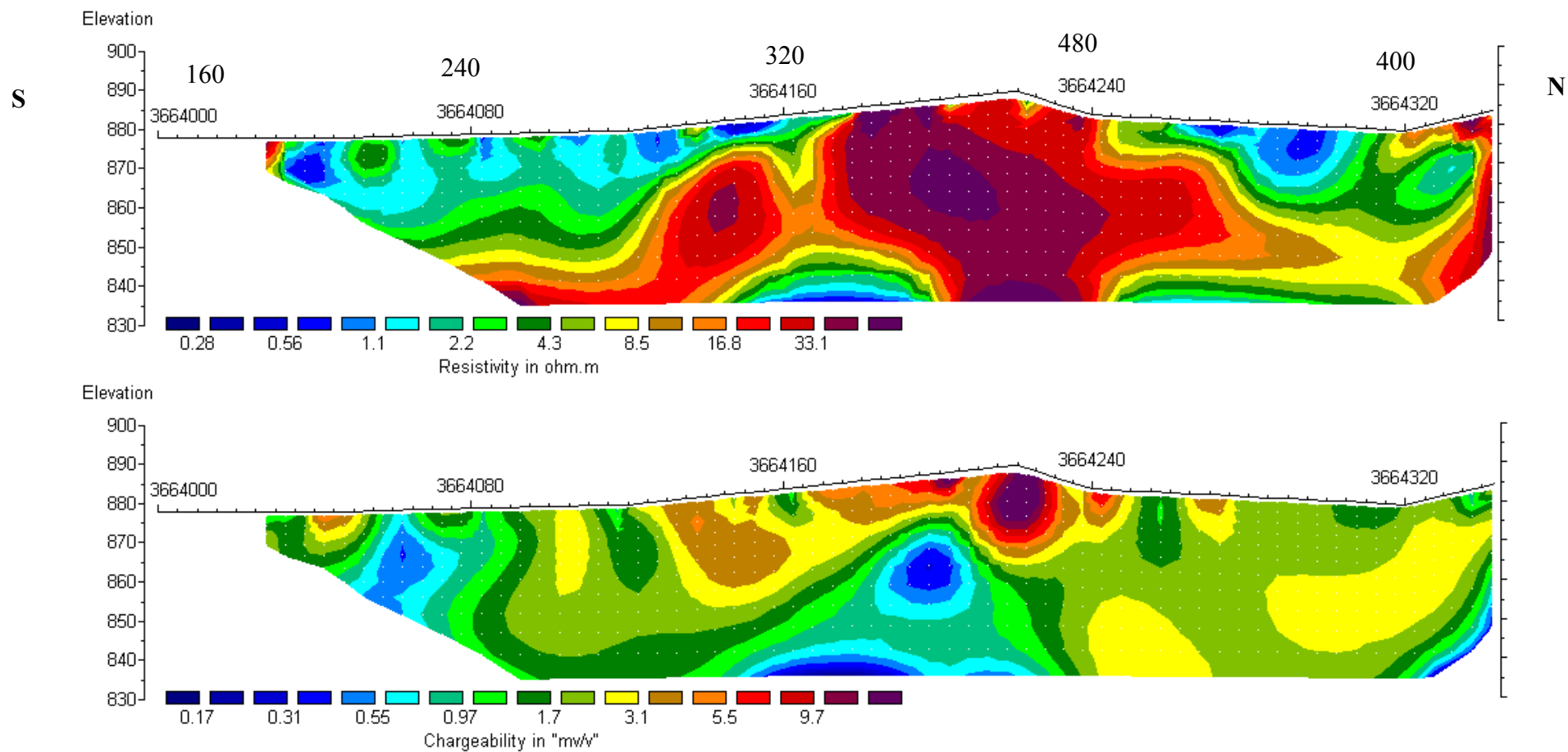
بر روی مقطع پلاریزاسیون القایی این پروفیل تنها مقدار IP بر روی گرده آهن دار بالا بوده و در عمق بیهنجاری مشخصی نشان نداده است.



نقشه شماره ۸- شبه مقطع مقاومت ویژه به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۱



نقشه شماره ۹ - شبه مقطع پلاریزاسیون القایی به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۱



نقشه شماره ۱۰- مدل پلاریزاسیون القایی و مقاومت ویژه به همراه توپوگرافی بر روی پروفیل شماره ۱

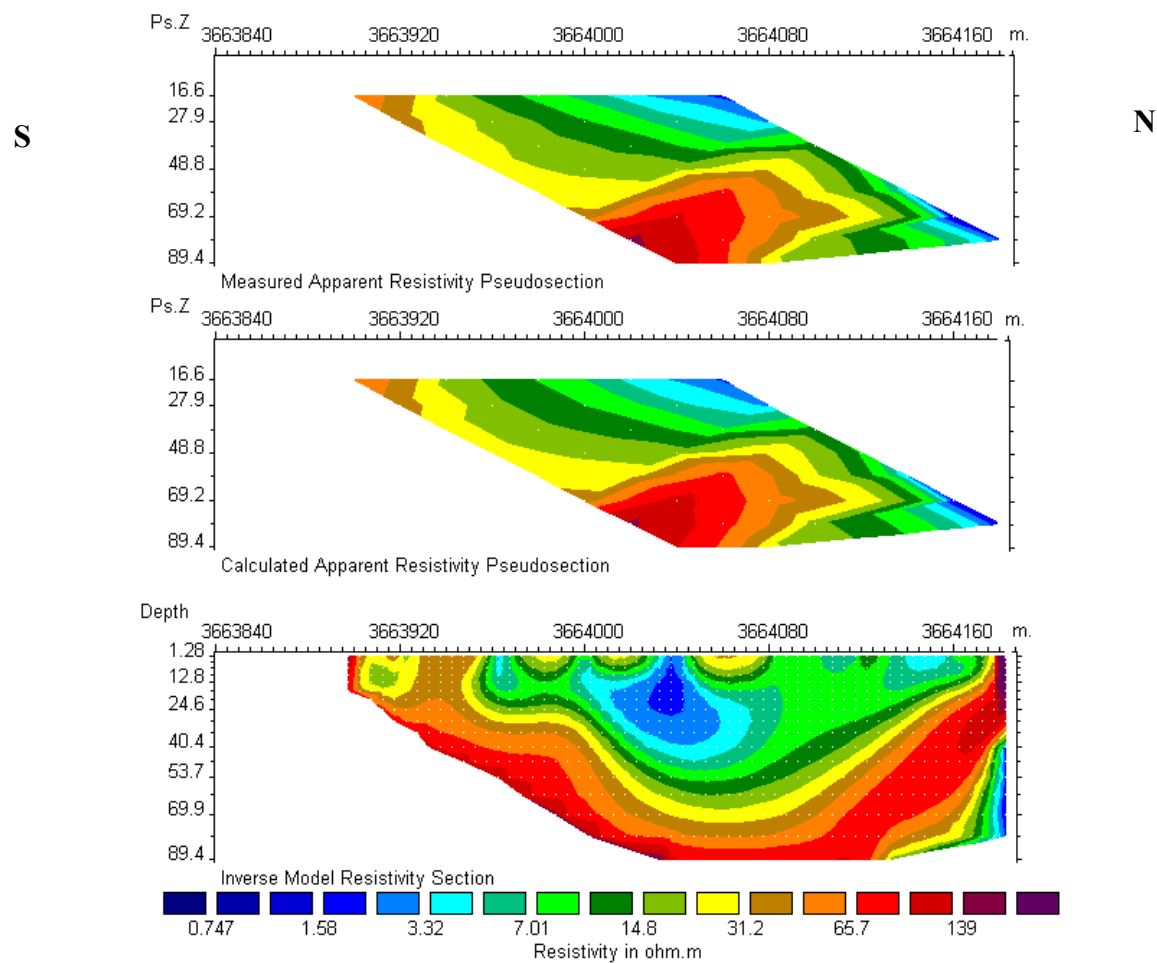
۴-۲-۲- بررسی آرایش دایپل دایپل با فاصله الکترودی ۴۰ متر بر روی پروفیل شماره ۱

این برداشت با فاصله الکترودی ۴۰ متر با ۵ پرش در جهت جنوب به شمال برداشت شده است. با قرار دادن الکترودهای جریان بر روی ایستگاه های صفر و ۴۰ با مختصات UTM (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۳۸۴۰) و (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۳۸۶۰) آغاز و اندازه گیری در جهت شمال ادامه یافته بطوریکه آخرین الکترودهای پتانسیل بر روی ایستگاه های ۴۸۰ و ۵۲۰ با مختصات UTM (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۴۳۲۰) و (۲۵۶۲۰۰ ۳۶۶۴۳۶۰) قرار می گیرد.

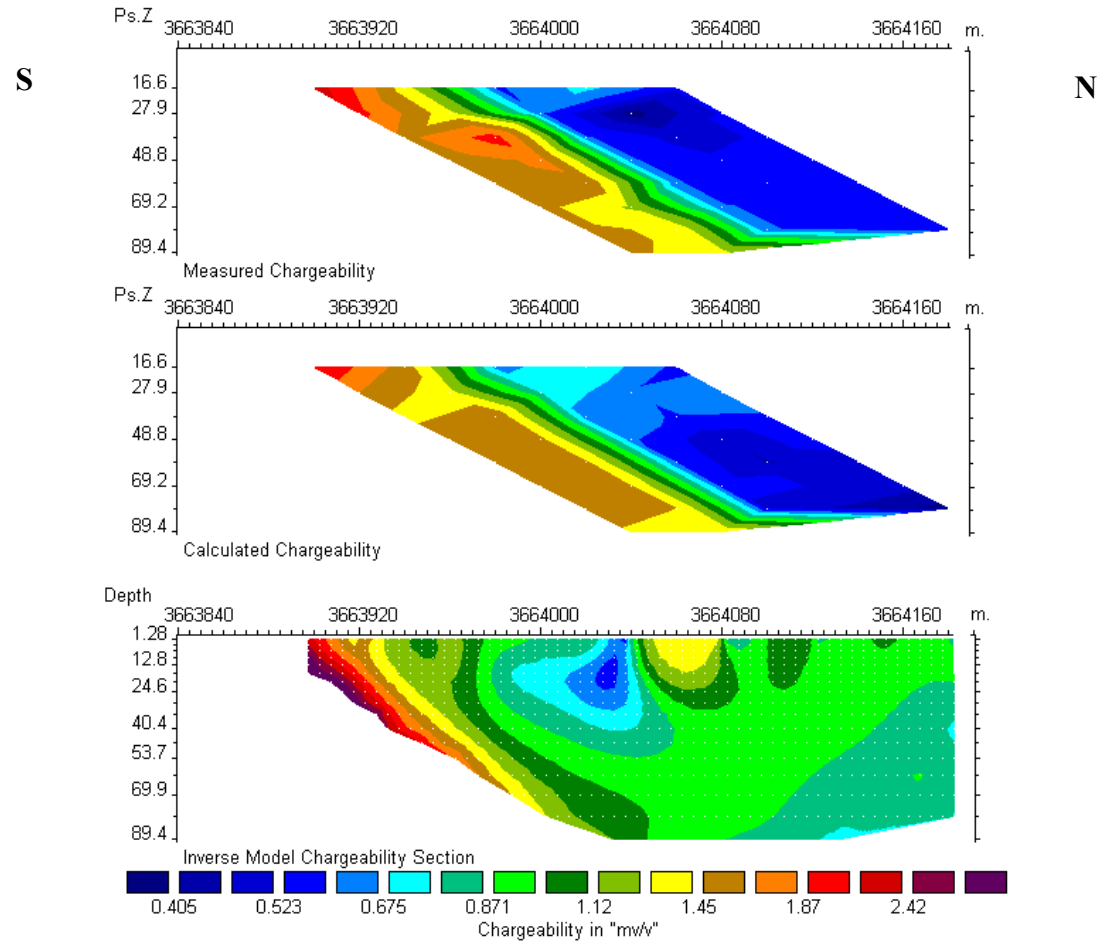
برای مقاومت ویژه ظاهری بیشترین مقدار ۱۴۷/۹۴ و کمترین مقدار ۰/۸۳ اهم متر برداشت شده است. بیشترین مقدار برای پلاریزاسیون القایی که بر روی این مقطع برداشت شده ۲/۲۷ و کمترین مقدار ۰/۳۸ میلی ولت بر ولت بوده است.

در برداشتهای ۴۰ متری نیز که در جنوب شروع شده تا نزدیکی توده اصلی ادامه یافته است. یک بی هنجاری بصورت نوار هلالی از ۳۶۶۱۸۰ در شمال شروع به عمق رفته و سپس در ۳۶۶۳۹۰۰ به نزدیکی زمین می رسد ، ممکن است این بی هنجاری نیز از جنس آهن باشد. نقشه شماره ۱۱ و ۱۲ به ترتیب نمایش شبه مقاطع داده های خام و محاسبه شده به همراه مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی است.

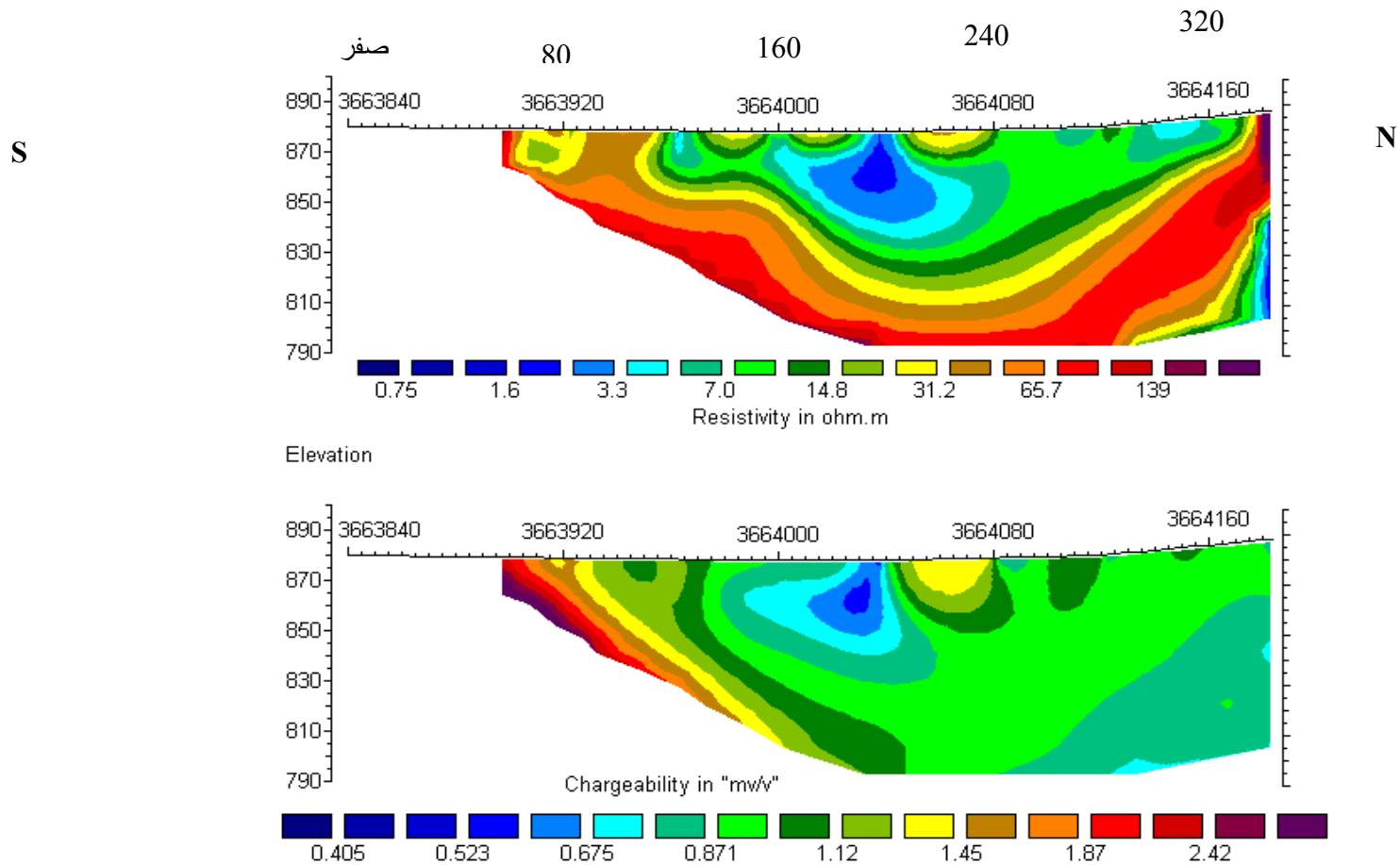
نقشه شماره ۱۳ ، مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی پروفیل را که با استفاده از نرم افزار مدل سازی RES2DINV ترسیم شده است، نشان می دهد. این برداشتها به علت مناسب نبودن نتایج IP ادامه نیافت.



نقشه شماره ۱۱- شبه مقطع مقاومت ویژه به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۱ با فاصله الکترودی ۴۰ متر



نقشه شماره ۱۲- شبه مقطع پلاریزاسیون القایی به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۱ با فاصله الکترودی ۴۰ متر



نقشه شماره ۱۳ - مدل مقاومت ویژه ظاهری و پلاریزاسیون القایی پروفیل شماره ۱ با فاصله الکترودی ۴۰ متر

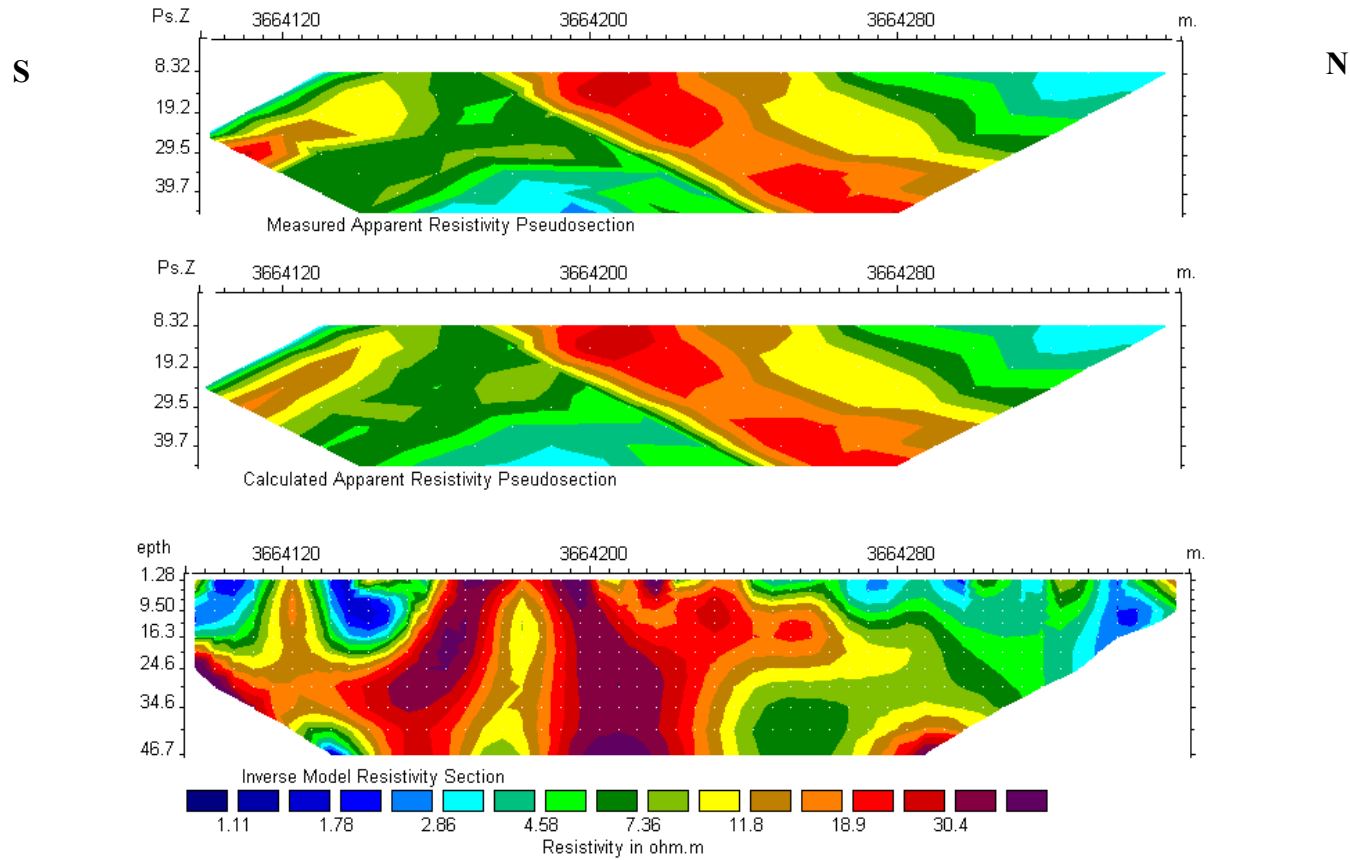
ع-۲-۳- بررسی آرایش دایپیل دایپیل بر روی پروفیل شماره ۲

این برداشت با قرار دادن الکترودهای جریان بر روی ایستگاه های صفر و ۲۰- در شمال با مختصات UTM (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۳۸۰) و (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۳۶۰) آغاز و اندازه گیری در جهت جنوب ادامه یافته بطوریکه آخرین الکترودهای پتانسیل بر روی ایستگاه های ۳۲۰- و ۳۴۰- در جنوب با مختصات UTM (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۰۶۰) و (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۰۴۰) قرار می گیرد. این برداشت با فاصله الکترودی و پرش ۲۰ متر و تا ۱۲ پرش برای الکترودهای جریان انجام شده است.

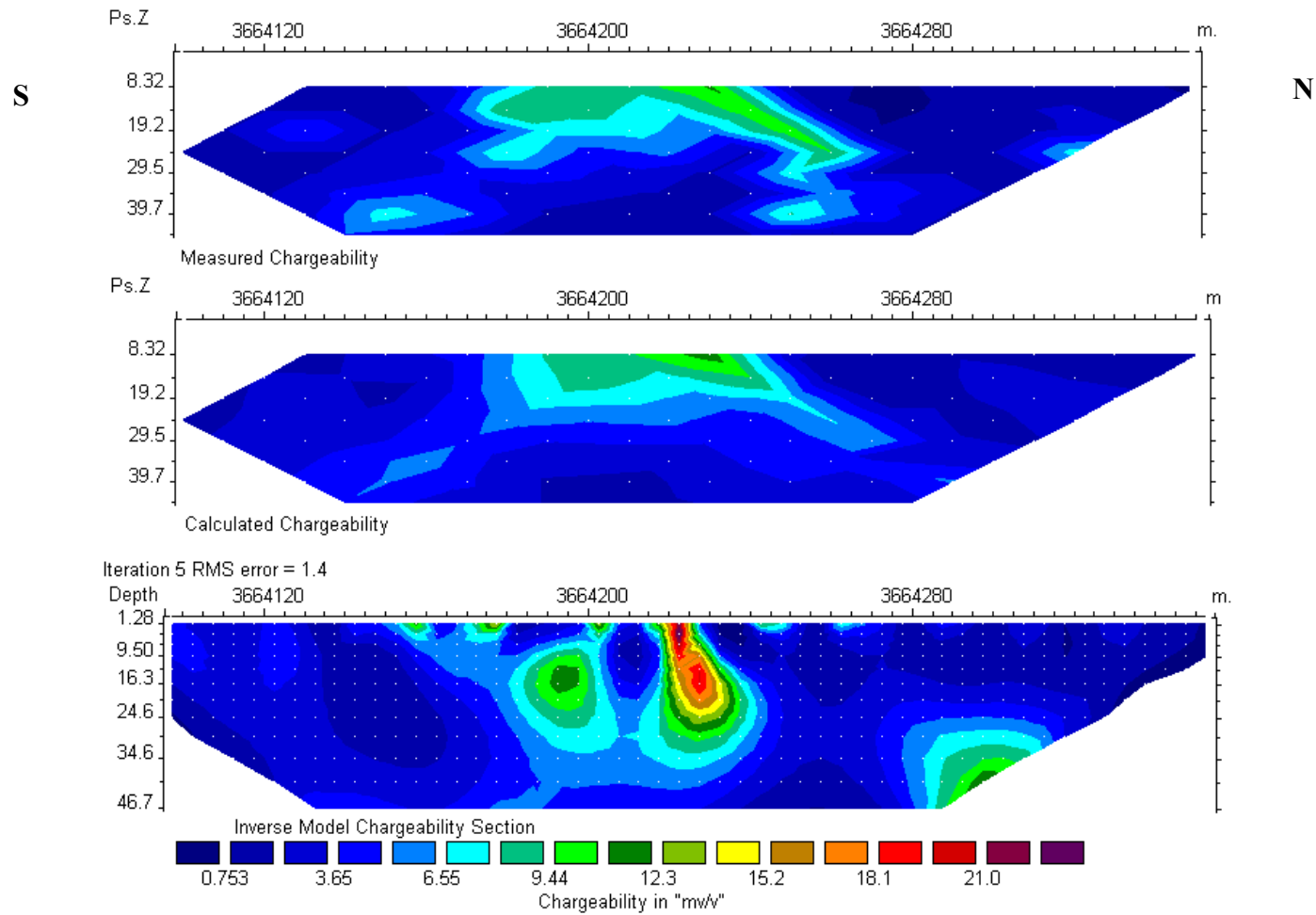
بیشترین مقدار برای مقاومت ویژه ظاهری ۲۷/۵۱ و کمترین مقدار ۲/۵۴ اهم متراندازه گیری شده است. بیشترین مقدار برای پلاریزاسیون القایی که بر روی این مقطع برداشت شده ۱۱/۰۳ و کمترین مقدار ۰/۳۸ میلی ولت بر ولت بوده است. نقشه شماره ۱۵ و ۱۴ به ترتیب نمایش شبه مقاطع داده های خام و محاسبه شده به همراه مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی است.

نقشه شماره ۱۶، مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی به همراه توپوگرافی را که با استفاده از نرم افزار مدلسازی RES2DINV ترسیم شده است، نشان می دهد.

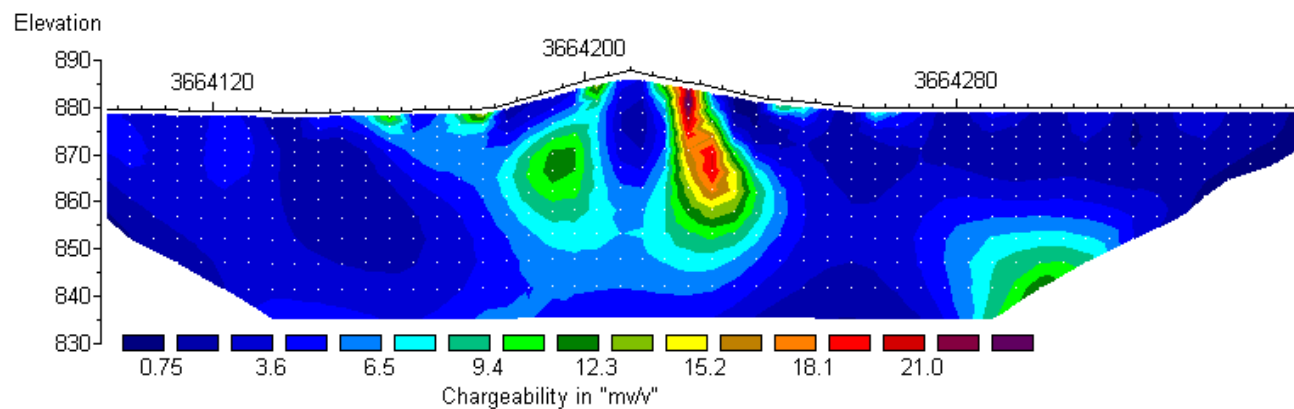
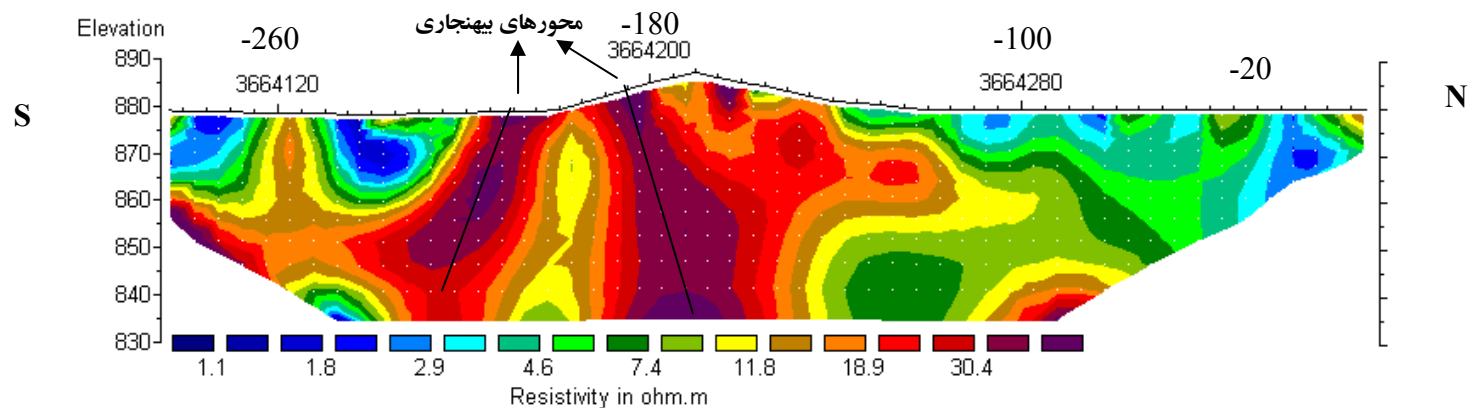
با توجه به نقشه مقاومت ویژه این پروفیل اگر بخشهای مقاوم را منطبق بر توده های آهن دار در نظر بگیریم بخش های با رنگ قرمز بخوبی این محدوده ها را نمایش داده است. بر روی مدل پلاریزاسیون القایی این پروفیل ممکن است بخش های با پلاریته بالا را بتوان بخش هایی از توده آهن در نظر گرفت که در آنها کانی های سولفور نظیر پیریت یا پیرویت افزایش داشته است. به این ترتیب دو محور بیهنجاری اصلی بر روی این پروفیل می توان جدا نمود که با خط مشکی نشان داده شده است. همچنین بیهنجاری دیگری نیز در عمق ۴۰ متری و از ایستگاه ۱۰۰- تا ۸۰- دیده می شود که موید بیهنجاری مشاهده شده در برداشتهای مغناطیس سنجی است.



نقشه شماره ۱۴ - شبه مقطع مقاومت ویژه به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۲



نقشه شماره ۱۵- شبه مقطع پلاریزاسیون القایی به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۲



نقشه شماره ۱۶- مدل مقاومت ویژه ظاهری و پلاریزاسیون القایی به همراه توپوگرافی بر روی پروفیل شماره ۲

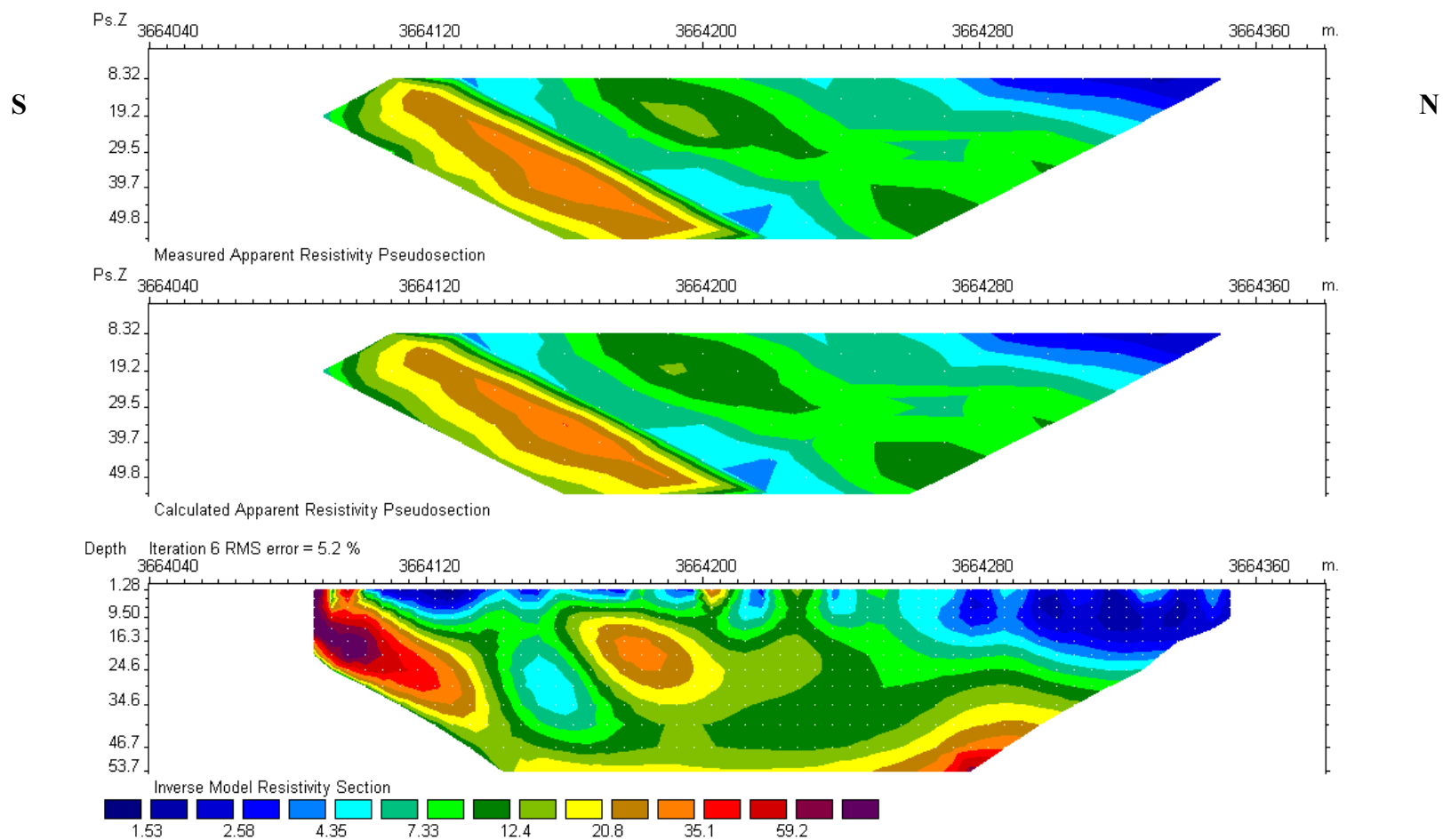
۴-۲-۴- بررسی آرایش دایپل دایپل بر روی پروفیل شماره ۳

این برداشت با قرار دادن الکترودهای جریان بر روی ایستگاه های صفر و ۲۰- در شمال با مختصات UTM (۲۵۵۹۰۰ ۳۶۶۴۳۸۰) و (۲۵۵۹۰۰ ۳۶۶۴۳۶۰) آغاز و اندازه گیری در جهت جنوب ادامه یافته بطوریکه آخرین الکترودهای پتانسیل بر روی ایستگاه های ۳۲۰- و ۳۴۰- در جنوب با مختصات UTM (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۳۸۰) و (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۳۸۰) قرار می گیرند. این برداشت با فاصله الکترودی و پرش ۲۰ متر تا ۱۳ پرش برای الکترودهای جریان انجام شده است.

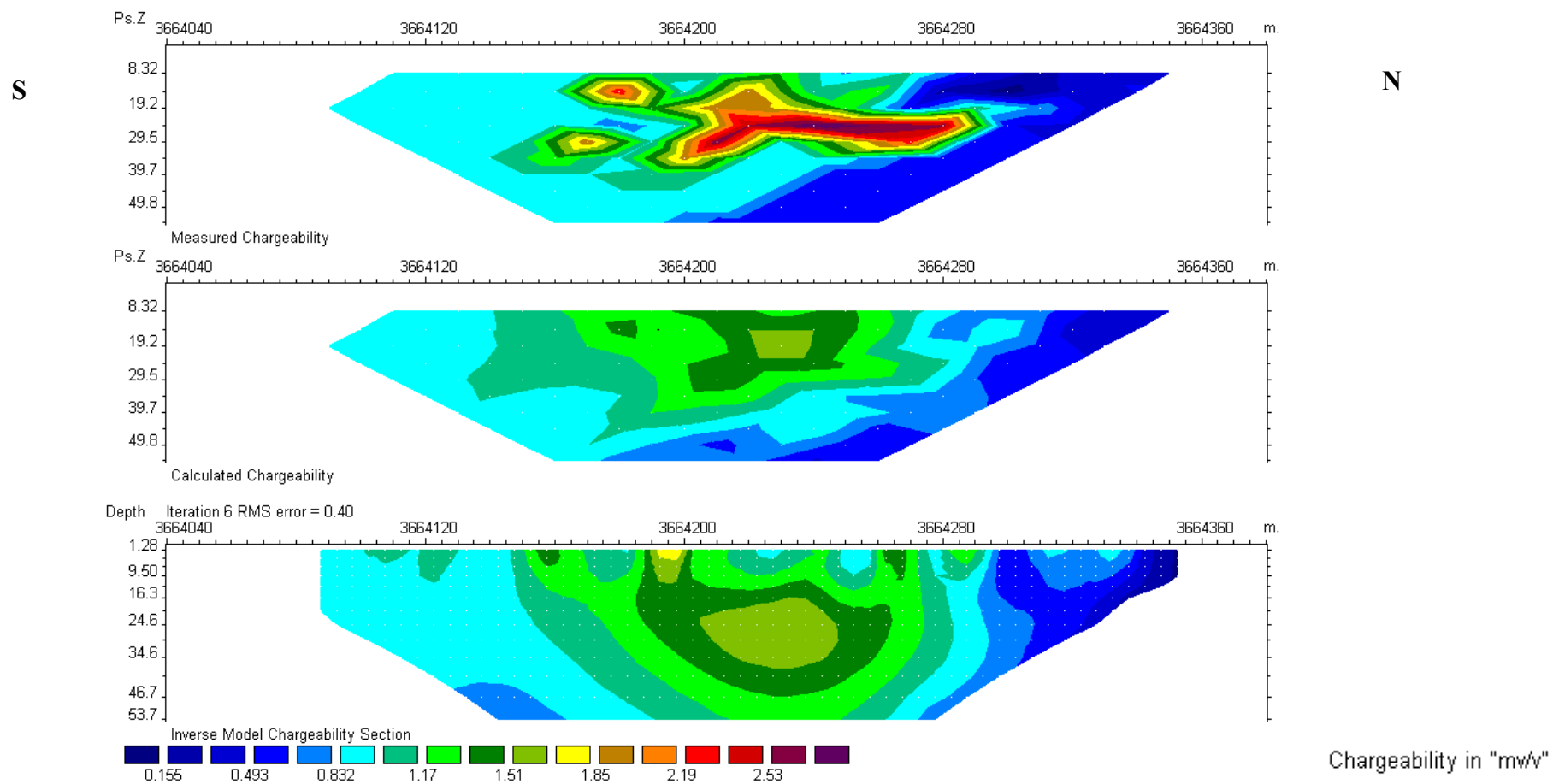
بیشترین مقدار برای مقاومت ویژه ظاهری ۳۳/۵ و کمترین مقدار ۱/۸۵ اهم متراندازه گیری شده است. بیشترین مقدار برای پلاریزاسیون القایی که بر روی این مقطع برداشت شده ۲/۷۸ و کمترین مقدار ۰/۰۷ میلی ولت بر ولت بوده است.

نقشه شماره ۱۸ و ۱۷ به ترتیب نمایش شبه مقاطع داده های خام و محاسبه شده به همراه مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی است. نقشه شماره ۱۹ ، مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی به همراه توپوگرافی که با استفاده از نرم افزار مدلسازی RES2DINV ترسیم شده است، نشان می دهد.

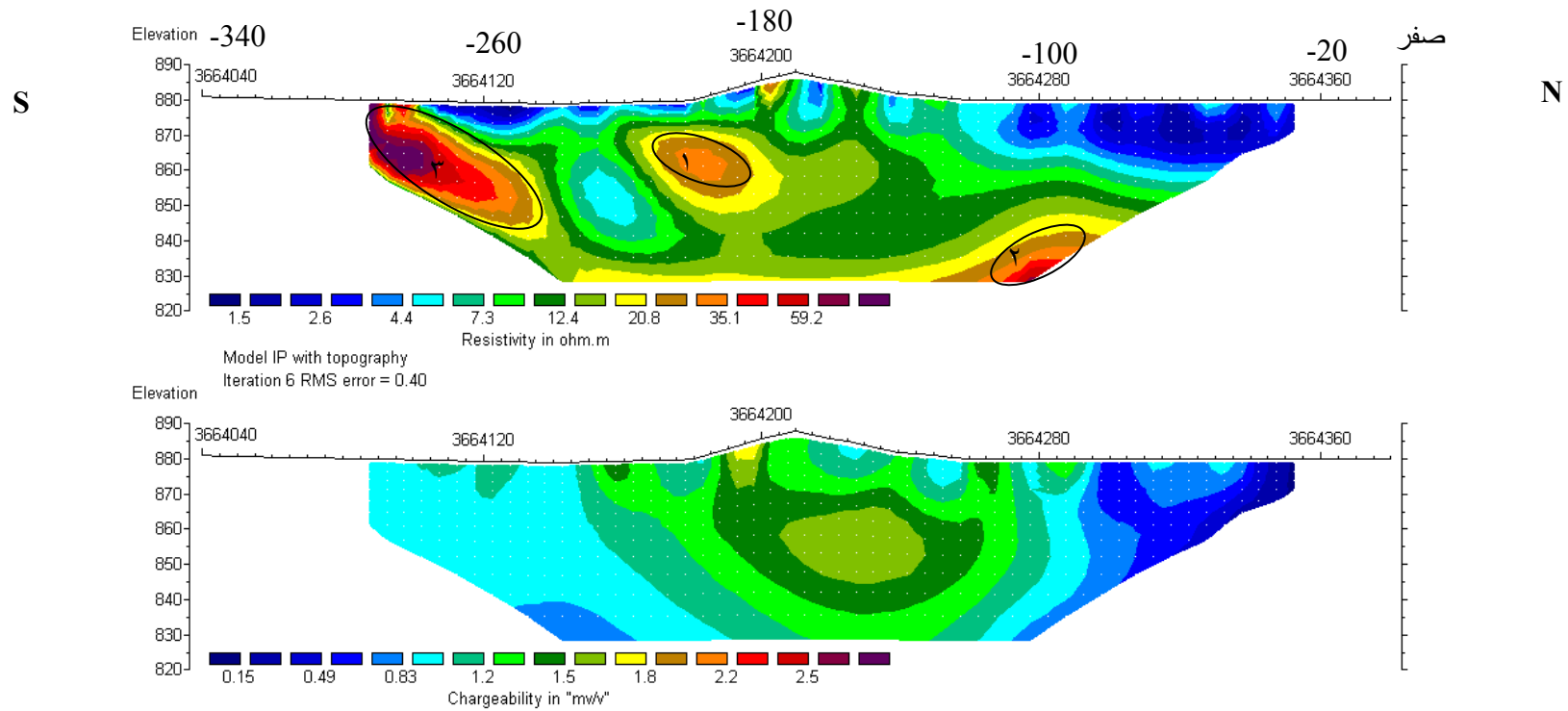
بر روی مدل مقاومت ویژه این پروفیل سه بیهنجاری بارز که با شماره های ۱ الی ۳ نشان داده شده دیده می شود. بر روی مدل پلاریزاسیون القایی این پروفیل بیهنجاری خاصی به جز تغییر جزئی در محدوده مرتفع آهن دار دیده نمی شود.



نقشه شماره ۱۷- شبه مقطع مقاومت ویژه به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۳



نقشه شماره ۱۸ - شبه مقطع پلاریزاسیون القایی به همراه مدل بر روی پروفیل شماره ۳



نقشه شماره ۱۹ - مدل مقاومت ویژه ظاهری و پلاریزاسیون القایی پروفیل شماره ۳

۴-۳- بررسی آرایش پل - پل

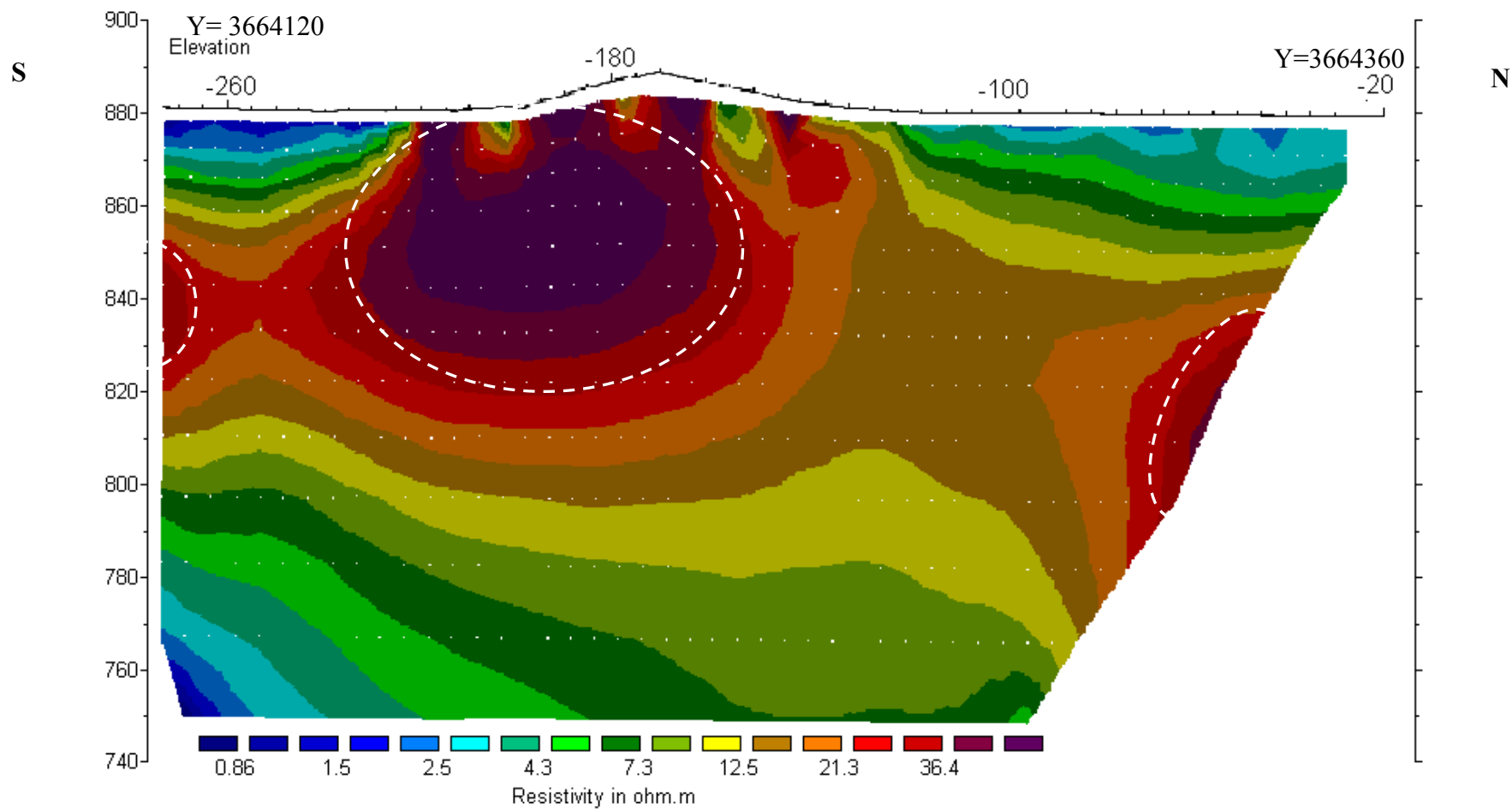
۴-۳-۱- بررسی آرایش پل - پل بر روی پروفیل شماره ۲

این برداشت با قرار دادن الکتروود جریان بر روی ایستگاه ۲۰- در شمال گرده آهنگار با مختصات UTM (۳۶۶۴۳۶۰ ۲۵۶۰۵۰) آغاز و اندازه گیری در جهت جنوب ادامه یافته بطوریکه آخرین الکتروود پتانسیل بر روی ایستگاه ۳۴۰- در جنوب تپه با مختصات UTM (۳۶۶۴۰۴۰ ۲۵۶۰۵۰) قرار می گیرد. این برداشت با فاصله الکتروود ۲۰ متر تا ۱۱ پرش برای تک الکتروود جریان انجام شده است.

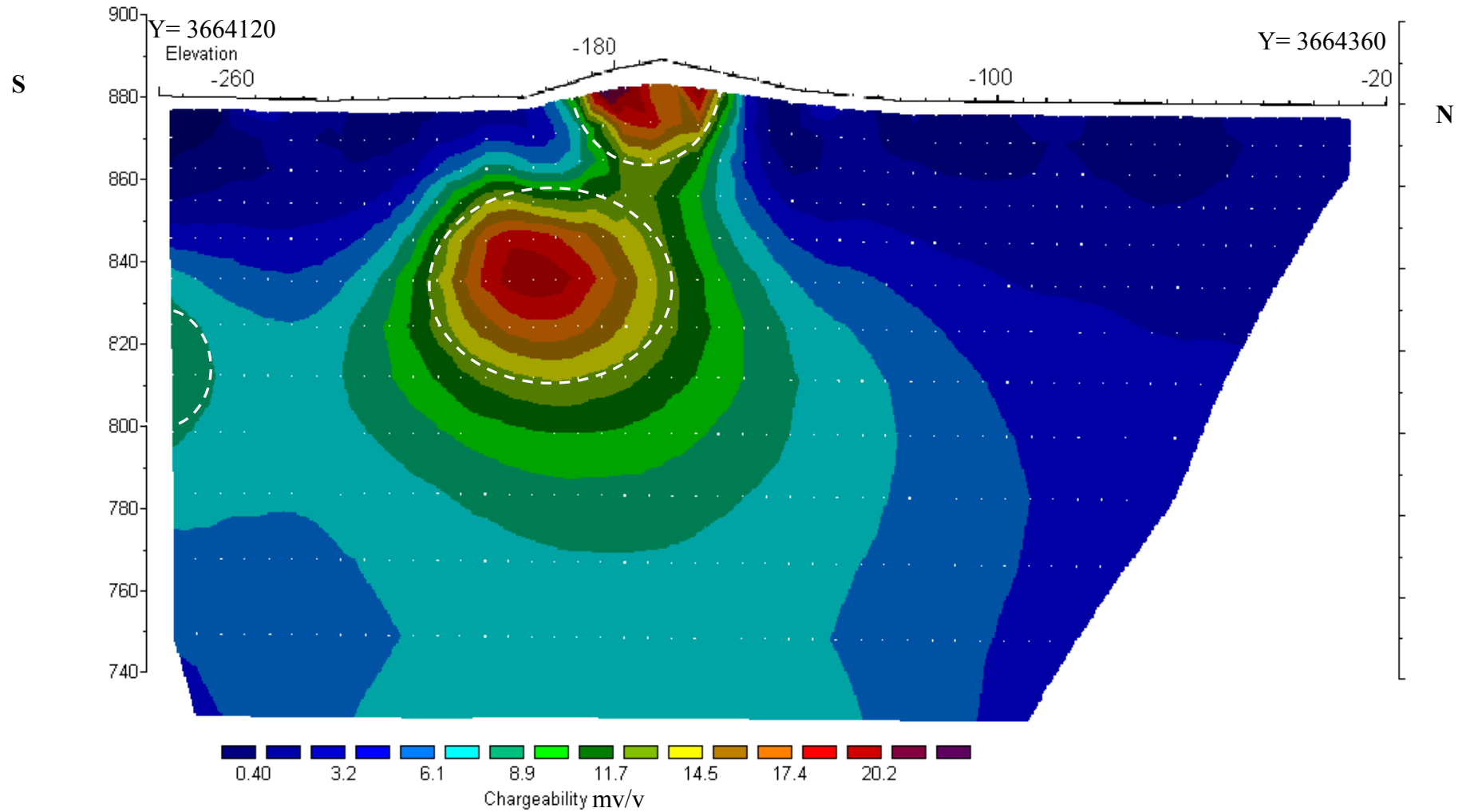
بیشترین مقدار برای مقاومت ویژه ظاهری ۱۸/۴ و کمترین مقدار ۲/۱۶ اهم متر برداشت شده است.

بیشترین مقدار برای پلاریزاسیون القایی که بر روی این مقطع برداشت شده ۷/۸۴ و کمترین مقدار ۰/۳۱- میلی ولت بر ولت بوده است. نقشه شماره ۲۰ و ۲۱ مدل بدست آمده از برداشتهای پل - پل به ترتیب برای مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی را نشان می دهد.

بر روی مدل بدست آمده از آرایش پل - پل که تا عمق بیش از ۱۴۰ متر را پوشش داده است می توان دید که مقدار مقاومت از ایستگاه ۱۲۰- با یک انفصال کوچک تا ایستگاه ۲۲۰- در جنوب گرده آهنی افزایش و تا عمق ۶۰ متر ادامه داشته است. بیهنجاری عمیق تری نیز در منتهی الیه شمال این پروفیل ثبت شده که از عمق حدود ۳۰ تا ۴۰ متر شروع و به عمق بیش از ۸۰ متر ادامه داشته است. بیهنجاری ضعیفی نیز در جنوب ایستگاه ۲۶۰- و در عمق ۳۰ متری دیده می شود. این محدوده ها با خط چین سفید نشان داده شده است. بر روی مدل پلاریزاسیون القایی این پروفیل مقدار پلاریته در سطح و در محدوده گرده آهنی تا عمق ۲۰ متر و سپس با یک انفصال در عمق ۳۰ متری در جنوب گرده زیر ایستگاه ۲۰۰- افزایش بارزی نشان داده است.



نقشه شماره ۲۰ - مدل مقاومت ویژه ظاهری آرایش پل-پل بر روی پروفیل شماره ۲



نقشه شماره ۲۱ - مدل پلاریزاسیون القایی آرایش پل- پل بر روی پروفیل شماره ۲

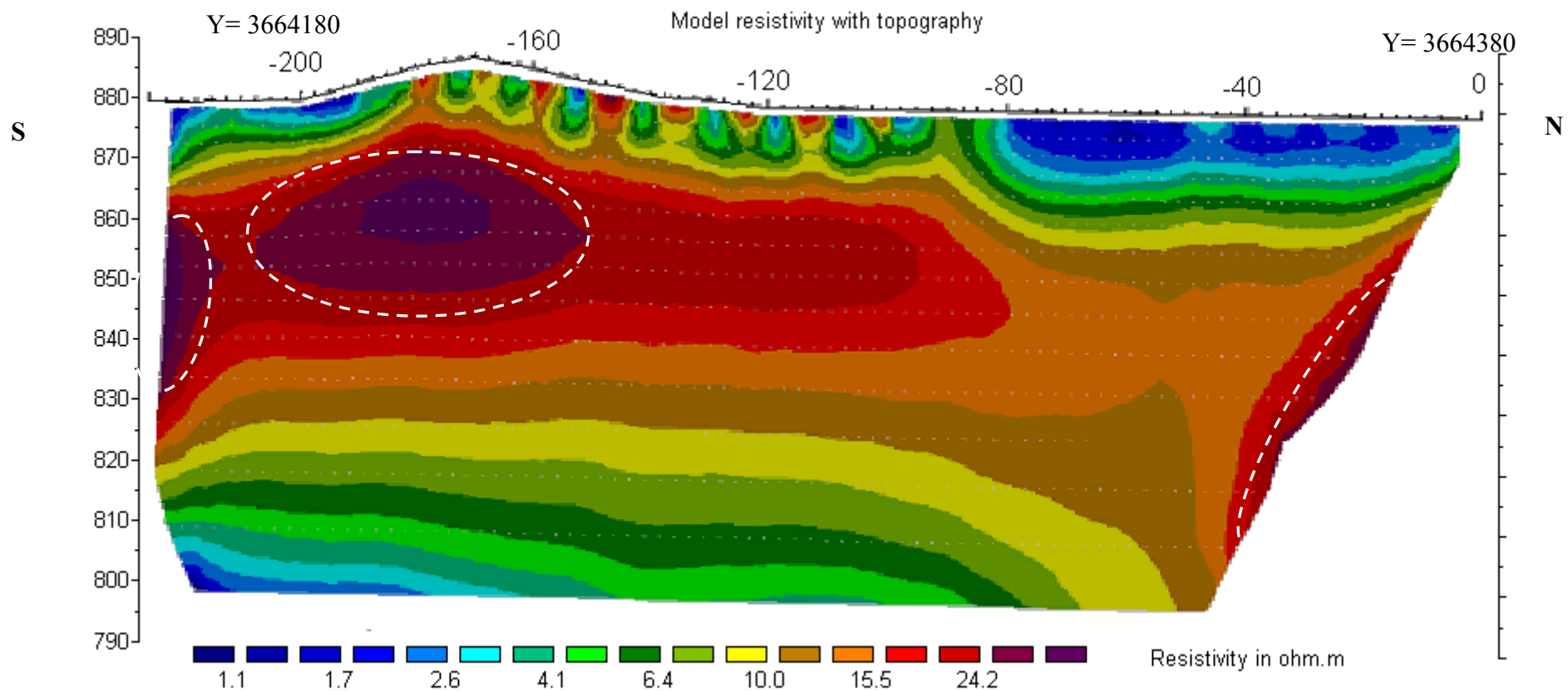
۴-۳-۲- بررسی آرایش پل- پل بر روی پروفیل شماره ۳

در این برداشت با قرار دادن الکترودهای جریان بر روی ایستگاه صفر در شمال تپه با مختصات UTM (۲۵۵۹۰۰ ۳۶۶۴۳۸۰) آغاز و اندازه گیری در جهت جنوب ادامه یافته بطوریکه آخرین الکتروود پتانسیل بر روی ایستگاه ۲۷۰- در جنوب با مختصات UTM (۲۵۵۹۰۰ ۳۶۶۴۱۱۰) قرار می گیرد. این برداشت با فاصله الکتروودی ۱۰ متر و تا ۱۸ پرش برای تک الکتروود جریان انجام شد.

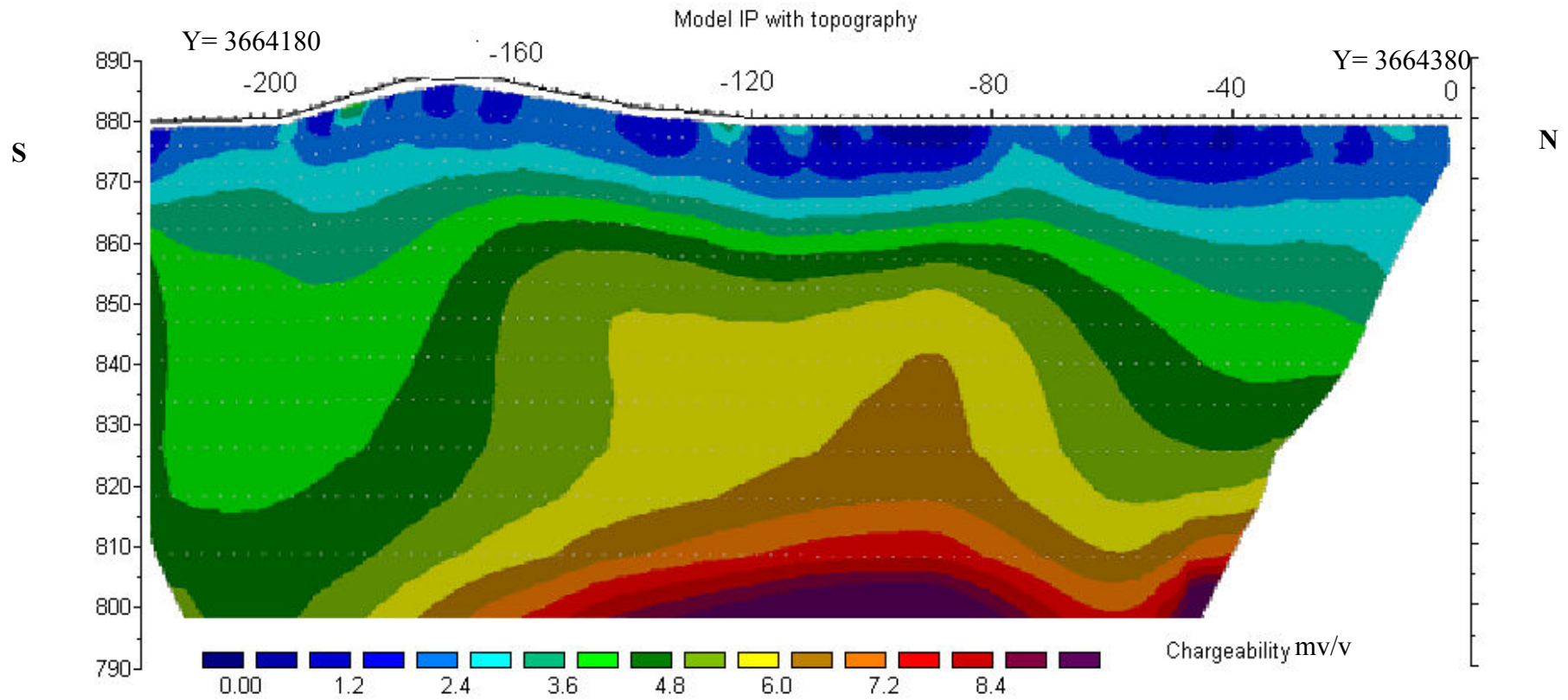
بیشترین مقدار برای مقاومت ویژه ظاهری ۱۰/۱۹ و کمترین مقدار ۳/۵ اهم متر برداشت شده است.

بیشترین مقدار برای پلاریزاسیون القایی که بر روی این مقطع برداشت شده ۵/۸۶ و کمترین مقدار ۱/۵۳ میلی ولت بر ولت بوده است. نقشه شماره ۲۲ و ۲۳ به ترتیب مدل مقاومت ویژه و پلاریزاسیون القایی بدست آمده از برداشت پل- پل را بر روی پروفیل شماره ۳ نشان می دهد.

بر روی مدل مقاومت ویژه این پروفیل مشابه پروفیل شماره ۲ مقدار مقاومت ویژه بین ایستگاه ۱۶۰- تا ۲۰۰- و سپس با یک انفصال کوچک در منتهی الیه جنوبی پروفیل در عمق ۱۰ الی ۱۵ متر افزایش یافته است. همچنین در شمال و در عمق ۲۰ متر زیر ایستگاه ۴۰- تا صفر مقدار مقاومت ویژه افزایش داشته است. این محدوده ها با خط چین سفید نمایش داده شده است. بر روی مدل پلاریزاسیون القایی این پروفیل بغیر از افزایش نسبی مقدار پلاریته در عمق بیهنجاری خاصی ثبت نشده است.



نقشه شماره ۲۲ - مدل مقاومت ویژه ظاهری آرایش پل - پل بر روی پروفیل شماره ۳



نقشه شماره ۲۳ - مدل پلاریزاسیون القایی آرایش پل - پل بر روی پروفیل شماره ۳

۴-۴- نتیجه گیری

بطور کلی میتوان چند مطلب را با استفاده از نتایج مطالعات ژئوفیزیک مطرح کرد:

۱- بر روی نقشه مغناطیس چند بیهنجاری قابل جداسازی است که به صورت خطوط و محدوده های جدا شده با رنگ مشکی بر روی نقشه شدت کل نشان داده شده است.

۲- سه خط مشکی کنار هم بیهنجاری های اصلی را نشان می دهد. این بیهنجاری ها چنانکه دیده می شود در سمت شرق به هم نزدیک شده و در سمت غرب بیهنجاری شمالی تر از دو بیهنجاری دیگر فاصله می گیرد.

۳- بیهنجاری بزرگ نشان داده شده با منحنی بسته در سمت غرب احتمالاً شامل سنگهای بازیک است و افزایش مقدار مغناطیس آن به همین دلیل می باشد. بیهنجاری دایره شکل کوچک تر نیز احتمالاً آهن دار باشد.

۵- در شرق محدوده، بیهنجاری ها تا پروفیل ۲۵۶۹۰۰ به عمق ادامه دارند و در غرب احتمالاً بسته می شوند.

۶- نتایج بدست آمده از تحلیل داده های مغناطیس عمق بیش از ۱۰۰ متر را برای بیهنجاری ها اثبات کرده و

برداشتهای IP و RS نیز عمق توده ها را تا بیش از ۱۰۰ متر تایید کرده است. توده ها شیب متفاوتی نشان

داده بطوریکه توده اصلی که اثر آن در روی زمین نیز دیده میشود شیب کمی نسبت به شمال نشان می دهد

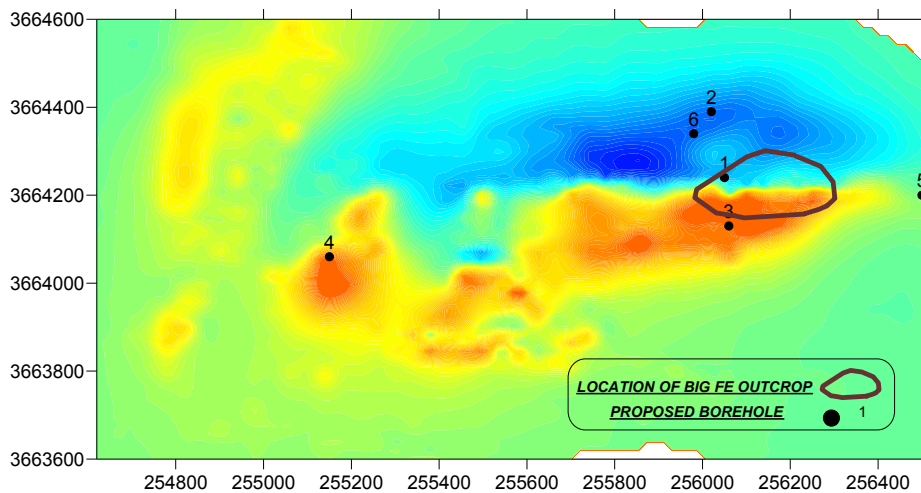
ولی توده ای که بلافاصله در جنوب آن قرار می گیرد شیب کمی به سمت جنوب داشته است. حفاری ها

صحت یا عدم صحت این موضوع را تایید خواهد کرد.

۴-۵- پیشنهادات

ایستگاه های زیر با توجه به برداشتهای مغناطیس و مقاومت ویژه جهت حفاری پیشنهاد می گردد:

- ۱- ایستگاه با مختصات UTM (۲۵۶۰۵۰ ۳۶۶۴۲۴۰) با زاویه ۱۰ درجه به سمت جنوب تا عمق ۱۱۰ متر بر اساس داده های برداشتهای مقاومت ویژه .
- ۲- ایستگاه با مختصات UTM (۲۵۶۰۲۰ ۳۶۶۴۳۹۰) با زاویه ۱۰ درجه به سمت جنوب تا عمق ۱۱۰ متر .
- ۳- ایستگاه با مختصات UTM (۲۵۶۰۶۰ ۳۶۶۴۱۳۰) با زاویه ۱۰ درجه به سمت جنوب تا عمق ۱۱۰ متر .
- ۴- ایستگاه با مختصات UTM (۲۵۵۱۵۰ ۳۶۶۴۰۶۰) با زاویه ۱۰ درجه به سمت جنوب تا عمق ۱۱۰ متر .
- ۵- ایستگاه با مختصات UTM (۲۵۶۵۰۰ ۳۶۶۴۲۰۰) با زاویه ۱۰ درجه به سمت جنوب تا عمق ۱۱۰ متر .
- ۶- ایستگاه با مختصات UTM (۲۵۵۹۸۰ ۳۶۶۴۳۴۰) با زاویه ۱۰ درجه به سمت جنوب تا عمق ۱۱۰ متر .



نقشه شماره ۲۴- محل حفاری های پیشنهادی و موقعیت رخمون اصلی آهن در محدوده.

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانیم از جناب آقای مهندس ابراهیم شاهین مدیریت محترم پشتیبانی اکتشاف ،
آقای مهندس علیرضا عامری رئیس گروه ژئوفیزیک که در مراحل مختلف تهیه این گزارش و بازخوانی
آن اینجانبان را یاری دادند و همچنین از آقای دکتر محمدرضا جان نثاری به جهت راهنمایی های ایشان
راجع به زمین شناسی منطقه ، تشکر و قدردانی نماییم.

فیروز جعفری

سپیده صمیمی نمین