

## اثر توپوگرافی در تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی دشت نوبران

مهدی مهدی‌پور سردرود<sup>۱\*</sup> و محمدکاظم حفیظی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد ژئوفیزیک، دانشکده علوم پایه، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد ژئوفیزیک، مؤسسه‌ی ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: دی ۱۳۹۳، بازنگری: بهمن ۱۳۹۳، پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

**چکیده:** عامل توپوگرافی به جهت تغییرات گمراه‌کننده‌ای که در اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی و همچنین در تفسیر این داده‌ها می‌تواند به وجود می‌آورد، حائز اهمیت است. مطالعه‌ی اثر توپوگرافی در تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی در دشت نوبران، واقع در طول جغرافیایی (از ۳۰:۳۵ تا ۵۰:۴۵ شرقی) و عرض جغرافیایی (از ۳۰ تا ۳۵:۳۰ شمالی)، هدف اصلی این پژوهش است. برای انجام این کار، ۱۰۱ سونداژ الکتریکی با آرایش شولومبرگر در راستای ۱۵ پروفیل در دشت نوبران برداشت گردید. با توجه به ارتفاع نقاط تمامی سونداژها، توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه، تأثیر مؤثری در اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری نداشته است، بنابراین اثر توپوگرافی در تعیین مقاومت ویژه‌ی حقیقی لایه‌ها و جنس لایه‌های زمین‌شناسی، قابل چشم‌پوشی است. البته اثر توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه، در تفسیر داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی اندازه‌گیری شده از جمله، شیب لایه‌های مقاطع ژئوالکتریکی، گودی‌ها و برآمدگی‌های مرز لایه‌های زیرزمین، قابل چشم‌پوشی نیست و بایستی اثر توپوگرافی، در تفسیر داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی، در نظر گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** مقاومت ویژه، توپوگرافی، مقاطع ژئوالکتریکی، دشت نوبران، ایران

### مقدمه

است. حتی در مواردی که توپوگرافی، تأثیر قابل توجهی در داده‌های مقاومت ویژه ندارد، ضروری است که داده‌های مربوط به آن را ثبت کرد، چرا که بدین وسیله می‌توان اطلاعات بیشتری از منطقه‌ی مورد مطالعه، به دست آورد. البته به‌طور عمومی این تأثیرات توپوگرافی روی داده‌های مقاومت ویژه، برای زوایای شیب کمتر از ۱۰ درجه قابل توجه نیست، فاکس و همکاران [۹]. چون در منطقه‌ی مورد مطالعه تغییرات ارتفاع سونداژها نسبت به فواصل آن‌ها، شیب کمتر از ۱۰ درجه را دارند، لذا اثر توپوگرافی در داده‌های مقاومت ویژه، بسیار کم و قابل توجه نخواهند بود، اما اعمال اثر توپوگرافی در تفسیر و معکوس‌سازی داده‌های مقاومت ویژه، هر چند اگر کم هم باشد، تأثیر قابل توجهی دارد و نمی‌توان از آن چشم‌پوشی کرد.

مطالعه‌ی تأثیری که عامل توپوگرافی می‌تواند در اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه الکتریکی و همچنین در معکوس‌سازی و تفسیر این داده‌ها داشته باشد مهم‌ترین هدف این پژوهش است. معکوس‌سازی داده‌هایی که در قسمت‌های دارای پستی و بلندی زیاد جمع‌آوری شده‌اند، می‌تواند مقاطعی از مقاومت ویژه را به دست آورد که در آن‌ها ناهنجاری‌های ساختگی به چشم می‌خورد. این موضوع بدان علت است که جریان الکتریکی تمایل دارد، سطح را دنبال کند. توپوگرافی باعث می‌شود جریان الکتریکی در مناطق پست تجمع و از روی مناطق مرتفع پراکنده شود. از این‌رو در روش‌های مقاومت ویژه الکتریکی اندازه‌گیری ارتفاع نسبی الکترودها و طراحی مدل توپوگرافی، موضوع بسیار مهم

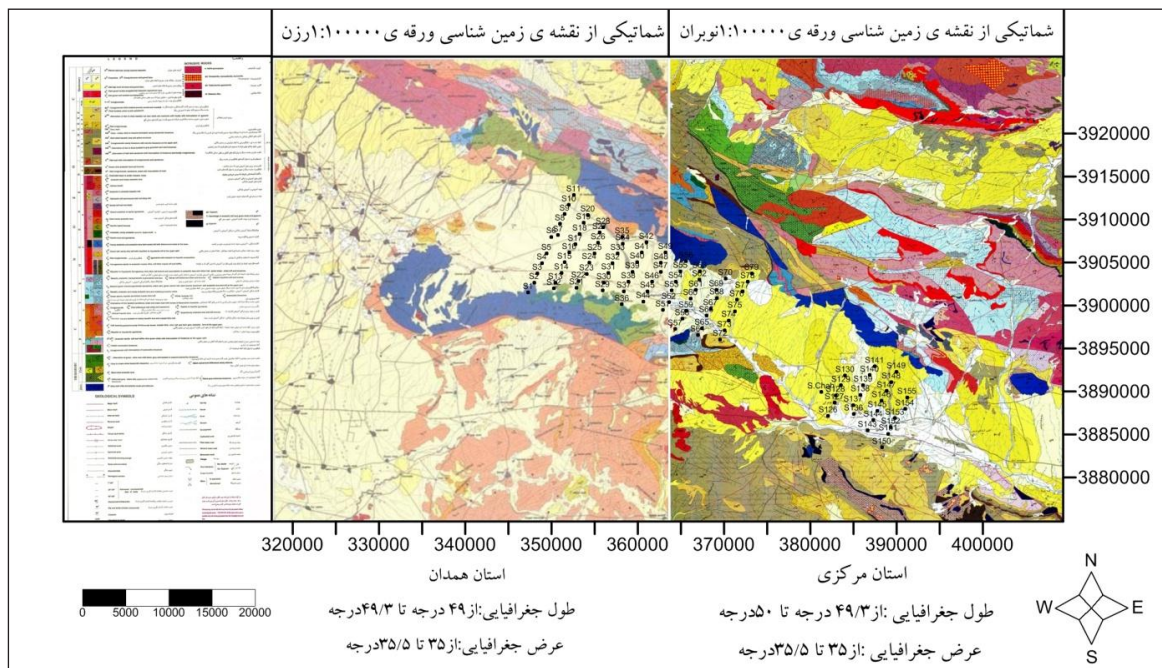
\*عهده‌دار مکاتبات: mehdi\_mehdipour63@yahoo.com

توپوگرافی، مطالعه و پژوهش انجام داده‌اند. گریفیت و بارکر [۱۰] در مورد تصویربرداری مقاومت ویژه دو بعدی و هم‌چنین مدل‌سازی مناطق دارای زمین‌شناسی پیچیده، مطالعاتی انجام داده‌اند.

#### موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه نوبران

بخش نوبران با مرکزیت شهرستان ساوه، از توابع استان مرکزی است که از شمال به استان قزوین، از شرق به شهرستان ساوه، از جنوب به شهرستان تفرش و از غرب به بخش رزن از توابع استان همدان محدود می‌شود. شهر نوبران با مختصات ۴۹ درجه و ۴۳ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۵ درجه و ۸ دقیقه‌ی عرض شمالی در ۶۰ کیلومتری غرب شهرستان ساوه قرار دارد. نوبران با ۱۶۵۰ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، دارای آب‌وهوای معتدل، خشک و در کنار راه سراسری ساوه به همدان در ۱۱ کیلومتری شمال غربی غرق‌آباد واقع شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۵ درجه عرض شمالی، ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی عرض شمالی تعیین می‌شود (شکل ۱).

پیشینه مطالعات در زمینه‌ی اثرات توپوگرافی در مقاومت ویژه با توجه به اهمیت موضوع، محققین بسیاری سعی کرده‌اند که چگونگی تأثیر عامل توپوگرافی بر اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه‌ی ظاهری را بررسی نمایند از آن جمله می‌توان به کارهای پژوهشی کاگون [۸]، هالف [۱۱]، و ریجو [۱۳]، که هر یک نحوه‌ی تأثیر توپوگرافی برای چند مدل را بررسی کرده‌اند. تسارلسو همکارانش [۱۶] نشان داده‌اند که توپوگرافی سطح زمین اثر قابل‌توجهی در اندازه‌گیری مقاومت ویژه‌ی الکتریکی می‌تواند داشته باشد. فاکس و همکارانش [۹] در مورد تأثیر عمومی توپوگرافی بر خطوط جریان و سطوح هم‌پتانسیل در زمین همگن را مورد مطالعه قرار داده است. لاک و بارکر [۱۲] اکتشافات ژئوفیزیکی را از طریق معکوس سازی داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری با استفاده از روش گاوس - نیوتن مورد مطالعه قرار داده‌اند. تانگ و یانگ [۱۵] داده‌های مقاومت ویژه را در حالت توپوگرافی دو بعدی، معکوس سازی کرده‌اند. اشیپگل و اوون [۱۴] در مورد مدل‌سازی ناهنجاری‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی حفره‌ها در زیرزمین دارای



شکل ۱- شماتیکی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نوبران و رزن که موقعیت تمامی سونداژها در آن دیده می‌شود (هر دو نقشه‌ی زمین‌شناسی ورقه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ نوبران و رزن به صورت جداگانه از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده است). در شکل ۱، حدود کامل عملیات برداشت داده‌های مقاومت ویژه در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است. شکل این نقشه‌ها هم‌چنین موقعیت‌یابی نقاط سونداژها بر روی نقشه‌ی فوق‌الذکر، از کنار هم قرار دادن دو نقشه‌ی زمین‌شناسی نوبران و رزن، با کمک نرم افزار زمین‌شناسی Surfer، تهیه شده است. هم‌چنین لازم به تذکر است در شکل ۱، هر دو نقشه‌ی زمین‌شناسی نوبران و رزن از طریق یک نوار سفید رنگ، متمایز شده است.

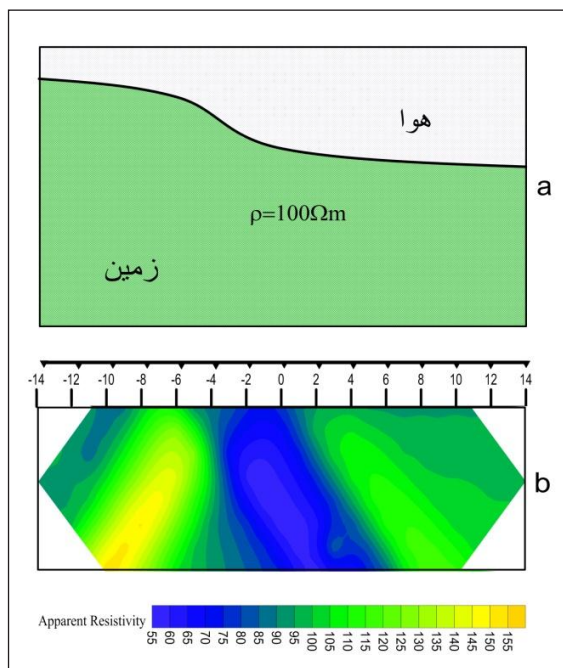
که در واقع بیان گر تغییرات پتانسیل الکتریکی، نسبت به عمق است. این موضوع کلید اصلی مفهوم سونداژ الکتریکی قائم یا (Vertical Electrical Sounding) تحت عنوان (V.E.S)، مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری یا  $\rho_a$ ، به ازای فاصله الکترودی، تعریف می شود و بیانگر نحوه رفتار تابع  $\rho_a$ ، نسبت به  $AB/2$  از یک طرف و  $Z$  (عمق) از طرف دیگر است. معمولاً در عمل اعداد  $AB/2$ ، یا  $\rho_a$ ، را به صورت منحنی هایی در کاغذهای تمام لگاریتمی نمایش می دهند که به چنین منحنی هایی، منحنی های سونداژ الکتریکی قائم، می گویند.

*تصحیح آنومالی های مقاومت ویژه ناشی از توپوگرافی ای ای*  
چنانچه در شکل (۲) مشاهده می شود وجود دره باعث ایجاد مقاومت ویژه مرکزی کم که توسط زون های پر مقاومت ویژه در شبه مقطع احاطه شده، می شود. این مقاومت ویژه کم آن گاه که الکترودهای گیرنده و فرستنده در منتهی الیه لبه های دره هستند، محسوس تر است. چگونگی تأثیر یک برآمدگی در شکل (۳) نشان داده شده است، آنومالی مقاومت ویژه آن برعکس حالت دره است، یعنی یک مقاومت ویژه مرکزی بالا که توسط مناطق با مقاومت ویژه پایین احاطه شده اند، این مقاومت ویژه بالا آن گاه که الکترودهای گیرنده و فرستنده در دو سمت مختلف برآمدگی، باشند محسوس تر است. زون های کم مقاومت ویژه جانبی می تواند به عنوان اجسام هادی مدفون تفسیر شود و از طرف دیگر مقاومت ویژه بالای مرکزی می تواند باعث محو اثر یک منطقه کم مقاومت ویژه حقیقی در زیر برآمدگی شود. آنومالی مقاومت ویژه ناشی از یک سطح شیب دار در شکل (۴) نشان داده شده است. یک مقاومت ویژه کم آن گاه که الکترودهای فرستنده بر روی سطح شیب دار و الکترودهای گیرنده در سمت راست آن ها واقع هستند، ایجاد می شود. یک مقاومت ویژه بالا آن گاه که الکترودهای فرستنده بر روی شیب هستند و الکترودهای گیرنده در سمت چپ آن ها واقع شده اند، ایجاد می شود. در اینجا نیز مقاومت ویژه کم ایجاد شده می تواند به غلط به عنوان وجود منطقه کم مقاومت ویژه مدفون تفسیر شود. بر اساس مطالعات انجام شده، فاکس و همکاران (۱۹۸۰)، بی هنجاری های ناشی از توپوگرافی با افزایش طول شیب در هر سه عارضه ای

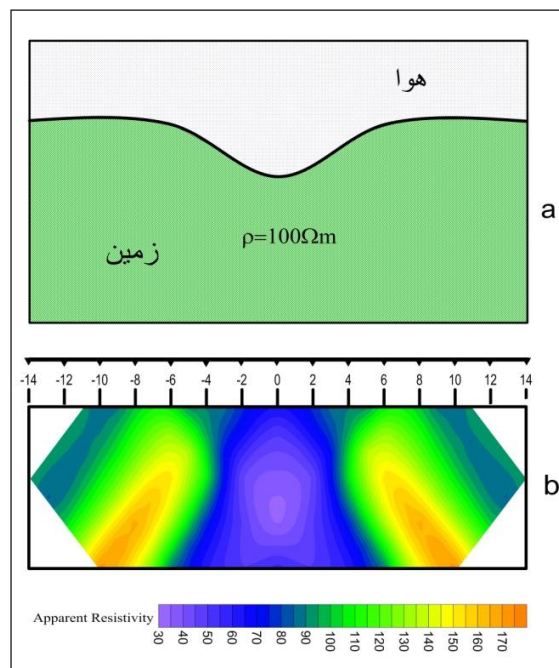
منطقه نوبران دارای تنوع سنگ شناسی و رخساره های سنگی گوناگون از دوران دوم زمین شناسی به بعد است. وجود گسل های اصلی با روند شمال غربی - جنوب شرقی، گسل های فرعی با روند شمال شرقی - جنوب غربی و نیز رانگی هایی با روند تقریباً شرقی - غربی باعث برون زد و یا پوشش واحدهای سنگی گردیده که این به نوبه ای خود از لحاظ چینه شناسی قابل توجه است. در این فصل به توصیف موقعیت زمین شناسی و چینه شناسی منطقه ای نوبران پرداخته شده است. از دیدگاه زمین شناسی ساختاری، رخنمون های ژوراسیک و کرتاسه متعلق به زون سندج - سیرجان است. در حالی که سنگ های آذرین ترشیاری در کمربند ماگمایی ارومیه - دختر تشکیل شده اند. نهشته های مزوزوئیک تحت تأثیر دگرگونی خفیف قرار گرفته اند. سنگ های ترشیاری منطقه عموماً شامل سنگ های آتش فشانی ائوسن و سنگ های رسوبی نوژن می باشند. در منطقه علاوه بر نهشته های پادگانه ای و آبرفتی کواترنری، فوران های آکالان بازالت کواترنر نیز به چشم می خورد.

#### مفهوم سونداژ الکتریکی قائم

یکی از اصلی ترین اهداف اکتشافات ژئوالکتریکی، سنجش تغییرات تابع مقاومت ویژه ظاهری  $\rho_a$ ، نسبت به عمق است. این امر به ویژه در مطالعات لایه های زمین، مطالعات ساخت گاه پروژه های مهم و همچنین مطالعات بسیار مهم اکتشاف آب های زیرزمینی جایگاه ویژه ای را دارا است. سونداژ زنی الکتریکی، تغییرات مقاومت ویژه را در جهت قائم مورد بررسی قرار می دهد و برای مطالعه ای ساختارهای تک بعدی، بسیار مناسب است. به عبارت دیگر در سونداژ زنی به بررسی لایه های مختلف زمین پرداخته می شود. در سونداژ زنی، فاصله ای بین بعضی یا همه ای الکترودها به صورت منظم افزایش می یابد و به این شکل تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری نسبت به عمق بررسی می گردد. این بررسی به این صورت است که توزیع سطوح پتانسیل الکتریکی نسبت به محل چشمه ی جریان، با افزایش فاصله ی چشمه و نقطه ی گیرنده، شعاع سطح هم پتانسیل، نیز افزایش پیدا می کند، هر چند که این پارامتر (ارزیابی پارامتر  $t$ ) شکل (۲ و ۳ - الف)، با فاصله ی الکترودها کنترل می شود، ولی خود معرف عمق نیز است



شکل ۴- چگونگی تأثیر یک سطح شیب دار بر اندازه گیری‌های مقاومت ویژه a: مقطع توپوگرافی یک سطح شیب دار با زاویه‌ی شیب حدود ۲۷ درجه و b: بی‌هنجاری‌های مقاومت ویژه‌ی ناشی از یک سطح شیب دار



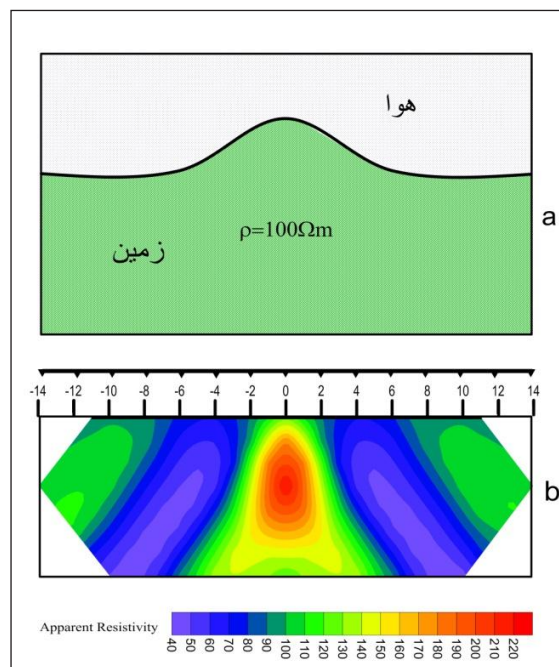
شکل ۲- چگونگی تأثیر دره بر اندازه گیری‌های مقاومت ویژه a: مقطع توپوگرافی یک دره با زاویه‌ی شیب حدود ۲۷ درجه b: بی‌هنجاری‌های مقاومت ویژه‌ی ناشی از یک دره

توضیح داده شده، افزایش می‌یابد. ناهمواری‌های با طول شیب کمتر از طول یک دو قطبی، آنومالی‌های قابل توجهی ایجاد نمی‌کنند. در تمام حالت‌ها بی‌هنجاری‌های ناشی از توپوگرافی با افزایش زاویه‌ی شیب برای تمام طول شیب‌ها افزایش می‌یابد. به‌طور عمومی بی‌هنجاری‌ها برای زوایای شیب کمتر از ۱۰ درجه یا کمتر قابل توجه نیست.

### بخش تجربی

#### روش کار

روش کار در این پروژه‌ی پژوهشی به این صورت است که ۱۰۱ سونداژ الکتریکی قائم با آرایش شولومبرگر در راستای ۱۵ پروفیل که دارای امتداد جنوب‌غربی - ای شمال شرقی می‌باشند، در منطقه‌ی دشت نوبران زده شده است. با برداشت داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری برای  $AB/2$ ‌های مختلف و وارد کردن این داده‌ها همراه با اعمال ارتفاع نقاط سونداژها و هم‌چنین فاصله‌ی سونداژها به نرم‌افزار حرفه‌ای IPI2WIN، ای اقدام به



شکل ۳- چگونگی تأثیر برآمدگی بر اندازه گیری‌های مقاومت ویژه a: مقطع توپوگرافی یک برآمدگی با زاویه‌ی شیب حدود ۲۷ درجه b: بی‌هنجاری‌های مقاومت ویژه‌ی ناشی از یک برآمدگی

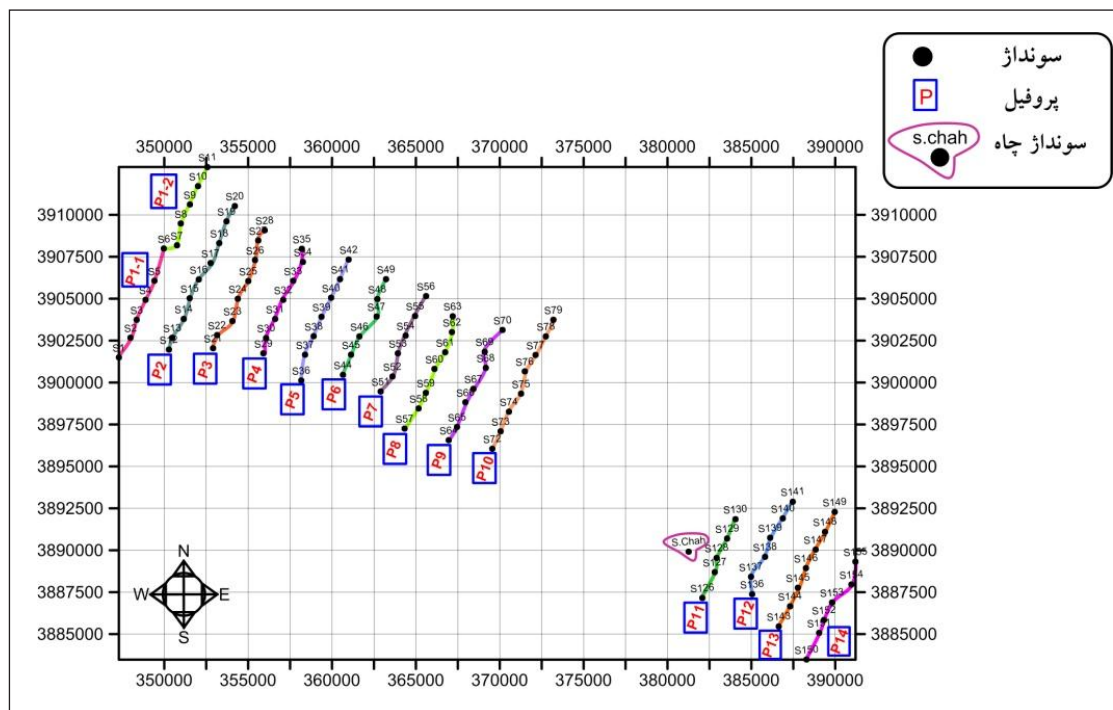
شامل سونداژ های ۱ تا ۷۹ و زون شرقی متشکل از ۴ پروفیل شامل سونداژ های ۱۲۶ تا ۱۵۵ است (شکل ۵، نقشه‌ی موقعیت سونداژها و پروفیل‌ها را نشان می‌دهد).

توپوگرافی قادر است بعضی از رخساره‌هایی را که با داده‌های مقاومت ویژه‌ی ظاهری قابل کشف هستند از دید مفسر پنهان کند. توپوگرافی باعث می‌شود جریان الکتریکی درون مناطق پست، تجمع کند و از روی مناطق مرتفع پراکنده شود. این ویژگی باعث می‌شود که در نواحی پست، مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری دارای مقادیر کم و در نواحی مرتفع دارای مقادیر زیاد، اندازه‌گیری شود، البته به‌طور عمومی بی‌هنجاری‌های خطوط جریان الکتریکی برای زوایای شیب کمتر از ۱۰ درجه قابل توجه نیست، لذا با توجه به داده‌های صحرائی و نقشه‌های توپوگرافی، میزان اثر توپوگرافی، در داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری را تا حدودی تشخیص خواهیم داد، هم‌چنین در مورد اثر توپوگرافی در تفسیر داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی اندازه‌گیری شده، بررسی‌های لازم را در بخش‌های بعدی انجام خواهیم داد.

معکوس سازی داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری کرده و در نتیجه، نقشه‌های شبه مقطع و مقاطع ژئوالکتریکی پروفیل‌ها، عمق و ارتفاع لایه‌ها، شیب لایه‌ها از جمله لایه‌های سطحی، آبرفت، آبدار و سنگ کف را می‌توانیم تهیه کنیم. هم‌چنین می‌توانیم با تهیه‌ی مقاطع ژئوالکتریکی پروفیل‌ها، نقشه‌های هم عمق سطوح مختلف مرز لایه‌ها از طریق نرم‌افزار زمین‌شناسی Surfer، اثر توپوگرافی در تفسیر داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی را که هدف اصلی این نوشتار است، مورد تحلیل و بررسی قرار بدهیم و در نهایت نتیجه‌ها و پیشنهادهای این مطالعات را عنوان گزارش نهایی، بیاوریم.

#### عملیات صحرائی

با توجه به عملیات انجام شده در دشت نوبران، تعداد ۱۰۱ سونداژ الکتریکی با آرایش شولومبرگر در راستای ۱۵ پروفیل که دارای امتداد جنوب غربی - ای شمال شرقی می‌باشند در محدوده‌ی مورد مطالعه زده شده است. این دشت به‌صورت دو زون شرقی و غربی در نظر گرفته شده که زون غربی‌ای متشکل از ۱۱ پروفیل

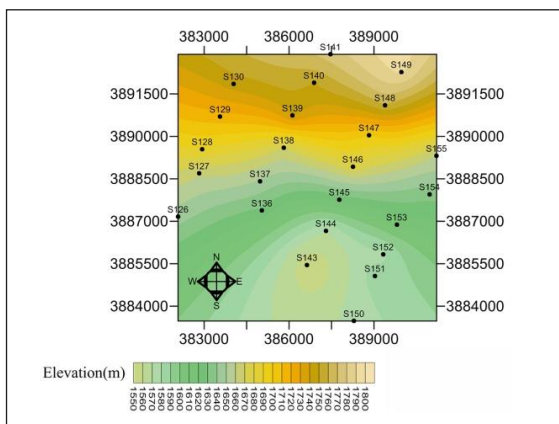


شکل ۵- شماتیکی از نقشه‌ی موقعیت سونداژها و پروفیل‌ها، محورهای عمودی و افقی بر حسب متر هستند

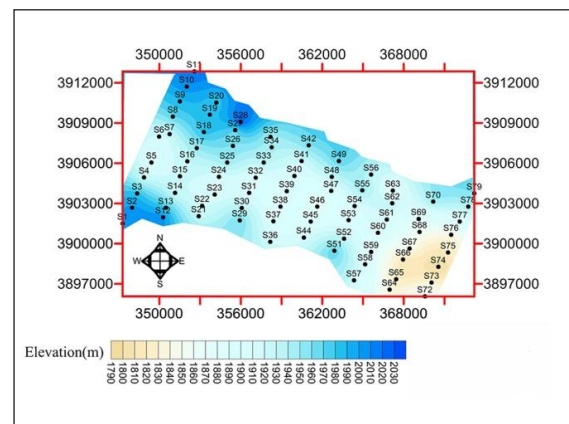
ترسیم نقشه‌ی موقعیت سونداژها، پروفیل‌ها و نقشه‌ی توپوگرافی منطقه

با استفاده از داده‌های صحرایی در مورد مختصات مکانی و ارتفاع از سطح دریای آزاد سونداژها، می‌توانیم نقشه‌ی موقعیت سونداژها و همچنین نقشه‌های توپوگرافی منطقه را به صورت شکل‌های ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ تهیه کنیم. لازم به ذکر است که‌ای تمامی محورهای موجود در این نقشه‌ها برحسب متر است.

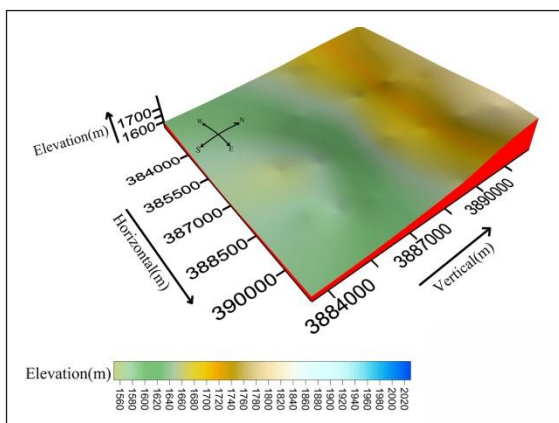
ترسیم مقاطع ژئوالکتریکی‌ای و اعمال توپوگرافی در آن‌ها مقاطع ژئوالکتریکی، مقاطعی از لایه‌های زمین می‌باشند که مرز لایه‌ها، ضخامت آن‌ها، عمق و ارتفاع سطوح آبرفت، ایستایی و سنگ کف و همچنین شیب آن‌ها را نشان می‌دهند. در ترسیم این‌ای مقاطع، با اعمال ارتفاع نقاط سونداژها، می‌خواهیم اثر توپوگرافی در ارتفاع و عمق سطوح مرز لایه‌ها و همچنین شیب لایه‌ها و نیز گودی و برآمدگی لایه‌ها را در مقایسه با زمانی که توپوگرافی



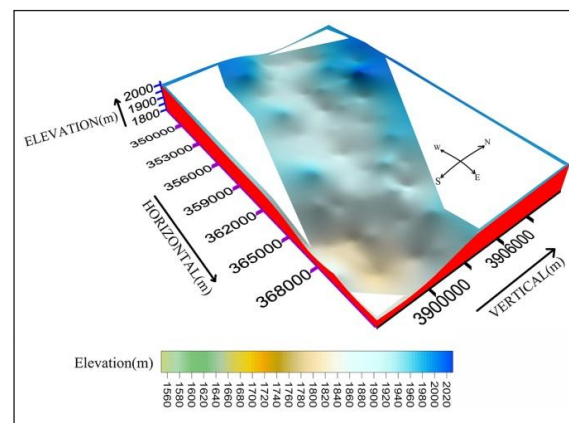
شکل ۸- شماتیکی از نقشه‌ی توپوگرافی زون شرقی منطقه‌ی دشت نوبران، ارتفاع نقاط مختلف منطقه از طریق رنگ‌ها قابل شناسایی شده، به طوری که رنگ سبز روشن، کمترین ارتفاع نقاط الی رنگ قهوه‌ای روشن، بیشترین ارتفاع نقاط، ترسیم شده است.



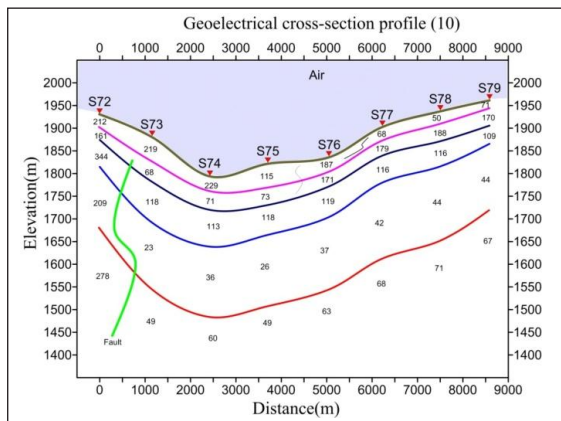
شکل ۶- شماتیکی از نقشه‌ی توپوگرافی زون غربی دشت نوبران، ارتفاع نقاط مختلف منطقه از طریق رنگ‌ها قابل شناسایی شده، به طوری که رنگ قهوه‌ای روشن، کمترین ارتفاع نقاط الی رنگ آبی تیره، بیشترین ارتفاع نقاط، ترسیم شده است.



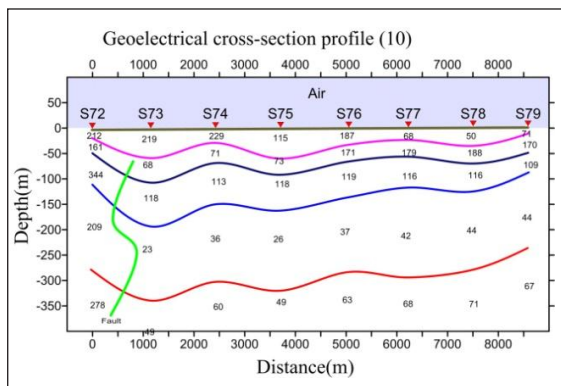
شکل ۹- شماتیکی از نقشه‌ی توپوگرافی سه بُعدی زون شرقی منطقه‌ی دشت نوبران



شکل ۷- شماتیکی از نقشه‌ی توپوگرافی سه بُعدی زون غربی منطقه‌ی دشت نوبران



شکل ۱۰- مقطع پروفیل ۱۰ که در آن توپوگرافی اعمال شده است.



شکل ۱۱- مقطع پروفیل ۱۰ که در آن سطح زمین صاف در نظر گرفته شده است.

### نتیجه گیری

وجود دره در طول خط برداشت باعث ایجاد مقاومت ویژه الکتریکی کم که توسط زون‌های پر مقاومت ویژه احاطه شده، می‌شود. این مقاومت ویژه پایین آن‌گاه که الکترودهای گیرنده و فرستنده در منتهی الیه لبه‌های دره هستند محسوس‌تر است. همچنین وجود برآمدگی در طول خط برداشت باعث ایجاد یک زون بی‌هنجاری پر مقاومت ویژه در زیر برآمدگی که توسط دو زون کم مقاومت ویژه جانبی احاطه شده، می‌شود. این مقاومت ویژه بالا آن‌گاه که الکترودهای گیرنده و فرستنده در دو سمت مختلف برآمدگی هستند محسوس‌تر است. وجود سطح شیب‌دار نیز در طول خط برداشت باعث ایجاد یک زون پر مقاومت ویژه در بالای شیب و یک زون کم مقاومت ویژه در پایین شیب

اعمال نشده است، بررسی کنیم. برای این منظور شکل‌های (۱۰) و (۱۱) مقطع پروفیل ۱۰ (شکل ۵) را در حالتی که سطح زمین، صاف در نظر گرفته شده است، با حالتی که ارتفاع نقاط سونداژها در آن مقطع اعمال شده، مقایسه می‌کنیم. لازم به ذکر است که اعداد موجود در مقطع پروفیل ۱۰، (شکل‌های ۱۰ و ۱۱)، بین مرز لایه‌ها، مقاومت‌های ویژه حقیقی می‌باشند و ای واحدای آن‌ها برحسب اهم‌متر می‌باشند. با توجه به مقطع پروفیل ۱۰ (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) در صفحه‌ی بعد، با اعمال توپوگرافی به مقطع پروفیل ۱۰، در شکل ۱۰، با این که در ضخامت لایه‌ها و نیز عمق مرز لایه‌ها از سطح زمین تغییراتی خاصی ایجاد نمی‌شود، اما تغییرات بسیار زیادی در شکل مرز بین لایه‌ها و شیب آن‌ها که به نوبه‌ی خود اهمیت زیادی دارند، مشاهده می‌شود. برای مثال در سونداژ ۷۴ مرز تمام لایه‌ها زیر این سونداژ، زمانی که توپوگرافی اعمال نشده (شکل ۱۱)، در برآمدگی قرار دارند ولی با اعمال توپوگرافی و ارتفاع نقاط سونداژها در مقطع پروفیل ۱۰ (شکل ۱۰)، این برآمدگی‌های فوق‌الذکر به صورت فرورفتگی دیده می‌شوند. با بررسی تمامی مقاطع پروفیل‌ها به همراه در نظر گرفتن نیم‌رخ زمین‌شناسی در منطقه حاکی از وجود سنگ کف از جنس آهک بیومیکریتی و مارن و نیز در حاشیه‌ی دشت از جنس کالک شیبست بیومیکریتی است. سنگ کف در پروفیل ۳، پروفیل ۸ و پروفیل ۹، (شکل ۵) به ترتیب در محل سونداژهای ۲۸، ۲۷، ۲۶، ۲۵ و ۶۰، ۶۱ و ۶۶ بیشترین فاصله را از سطح زمین دارد. همچنین در مورد جنس لایه‌ها می‌دانیم که این مبحث به طور کامل وابسته به مقاومت ویژه حقیقی خاص خود لایه‌ها بوده و چون این مقاومت‌های ویژه حقیقی، معکوس سازی شده‌ی داده‌های خام مقاومت ویژه ظاهری می‌باشند و همچنین، چون در این پروژه تأثیرات توپوگرافی در داده‌های مقاومت ویژه ظاهری قابل چشم‌پوشی است لذا تغییراتی در مقاومت ویژه حقیقی نیز نخواهند داشت و در نتیجه توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه، ما را به اشتباه در تفسیر جنس لایه‌ها وادار نمی‌کند. البته اینورژن داده‌های مقاومت ویژه ظاهری در مقطع پروفیل ۱۰، شکل‌های (۱۰ و ۱۱) که به عنوان مقایسه‌ی اثر توپوگرافی آورده شده‌اند، دیده می‌شود که این مقاومت‌های حقیقی با اعمال اثر توپوگرافی تغییر نکرده‌اند و لذا جنس لایه‌ها هم با اعمال توپوگرافی تغییر نمی‌کند.

ما می‌توانیم به این داده‌ها بدون تصحیحات توپوگرافی در مورد مقاومت‌های ویژه‌ی الکتریکی ظاهری دشت مورد مطالعه، اعتماد کنیم.

لذا بر این اساس

۱- توپوگرافی منطقه مورد مطالعه در اندازه‌گیری داده‌های مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری تأثیر مؤثری نداشته است.

۲- توپوگرافی منطقه مورد مطالعه ما را به اشتباه در جنس لایه‌ها و ضخامت آن‌ها وادار نمی‌کند.

۳- توپوگرافی منطقه مورد مطالعه در تهیه مقاطع ژئوالکتریکی با توجه به بخش ۱۰ تأثیر قابل توجهی دارد.

۴- توپوگرافی منطقه مورد مطالعه در تعیین گودی‌ها و برآمدگی‌های مرز لایه‌های زیرزمین، اثر قابل توجهی دارد.

### سپاسگزاری

از مؤسسه‌ی ژئوفیزیک دانشگاه تهران، بخش ژئوالکتریک، به خاطر در اختیار گذاشتن داده‌های به کار رفته در این پژوهش، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

می‌شود. یک مقاومت ویژه‌ی کم آن‌گاه که الکترودهای فرستنده بر روی سطح شیب‌دار و الکترودهای گیرنده در سمت راست آن‌ها و به طرف پایین شیب واقع هستند ایجاد می‌شود. یک مقاومت ویژه‌ی بالا آن‌گاه که الکترودهای فرستنده بر روی سطح شیب‌دار و الکترودهای گیرنده در سمت چپ آن‌ها و به طرف بالای شیب واقع هستند ایجاد می‌شود. در اینجا نیز مقاومت ویژه‌ی کم ایجاد شده نیز می‌تواند به غلط به عنوان منطقه‌ی کم مقاومت ویژه‌ی مدفون تفسیر شود. در هر سه عارضه‌ی بحث شده در بخش ۵ متوجه شدیم که با افزایش زاویه‌ی شیب میزان اثر توپوگرافی در مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری افزایش می‌یابد. البته اثر توپوگرافی به‌طور عمومی برای زوایای کمتر از ۱۰ درجه این اثر قابل چشم‌پوشی است، فاکس و همکارانش [۹] با اتکا به نتیجه‌های به دست آمده از بخش ۵ و با توجه به توپوگرافی دشت نوبران (شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹) و نیز بیشترین زاویه‌ی شیب (وارون تانژانت اختلاف ارتفاع سونداژها نسبت به فاصله‌ی آن‌ها در آن دشت)، حداکثر ۵ درجه، در پروفیل سوم (شکل ۵) بین سونداژهای ۲۷ و ۲۸ است که این زاویه، اثر مؤثری در تغییرات اندازه‌گیری مقاومت ویژه‌ی الکتریکی ظاهری نخواهد داشت و

### مراجع

- [۱] آریامنش، م، احمدی، س، ۱۳۹۱، ژئوالکتریک، چاپ اول، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- [۲] تلفورد و همکاران، ترجمه‌ی حاجب حسینی، ح، زمردیان، ح، ۱۳۸۸، ژئوفیزیک کاربردی، جلد دوم، چاپ سوم، دانشگاه تهران، شماره‌ی ۱۹۸۹.
- [۳] جعفری، ع، ۱۳۸۴، گیتاشناسی ایران جلد ۳، دایرة المعارف جغرافیای ایران، گیتاشناسی، تهران.
- [۴] حقیقی، م.ک، ۱۳۸۹، مطالعه‌ی ژئوالکتریک دشت نوبران، گزارش بخش پژوهشی ژئوالکتریک، مؤسسه‌ی ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.
- [۵] سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین نوبران.
- [۶] نوروزی، غ.ح، ۱۳۹۱، روش‌های الکتریکی در ژئوفیزیک اکتشافی، چاپ اول، دانشگاه تهران، شماره‌ی ۳۳۶۷.
- [۷] یونسی، آ، ۱۳۸۹، تعیین سنگ کف آبخوان در دشت نوبران و محل حفاری بهینه جهت استحصال آب، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده‌ی علوم پایه.
- [8] Coggon, J.H., 1971, Electromagnetic and electrical modelling by the finite-element method: Geophysics, v. 36, p. 132-155.
- [9] Fox, R., Hohmann, G., Killpack, T. and Rjio, L., 1980. Topographic effects in resistivity and induced polarization surveys. Geophysics, 45, 75-93.
- [10] Griffiths D.H. and Barker R.D., 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex



- geology. Journal of Applied Geophysics, 29, 211-226.
- [11]Halof, P.G., 1970, Theoretical induced polarization and resistivity studies, scale model case, phase III, Mc Phar Geophysics.
- [12]Loke M.H. and Barker R.D.,1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44, 131-152.
- [13]Rijo, I., 1977, Modeling Of electric and electromagnetic data: Ph.D, thesis, univ, of Utah.
- [14]Spiegel, R.J., Sturdivant, V.R. and Owen, T.E., 1980. Modeling resistivity anomalies from localized voids under irregular terrain. Geophysics, 45, 1164-1183.
- [15]Tong, L. and Yang, C., 1990. Incorporation of topography into 2-D resistivity inversion. Geophysics, 55, 354-361.
- [16]Tsourles, P.I., Symanski, J.E. and Toskas, G.N., 1999. The effect of terrain topography on commonly used resistivity arrays. Geophysics, 64, 1357-1363.

---

# **T**he topographic effect on resistivity data interpretation of noubaran plain

---

M. Mehdi-Pour-Sardroud<sup>1,\*</sup> and M.K. Hafizi<sup>2</sup>

1. MSc in Geophysics, Faculty of Basic Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Prof. of Geophysics, Institute of Geophysics, Tehran University, Tehran, Iran

Received: December 2014, Revised: January 2015, Accepted: February 2015

**Abstract:** Topographic factor is important due to its misleading variations in measuring electrical resistivity data and also in interpretation of these data which can be created. This research aims at studying the effect of topography in interpreting resistivity data in Nobaran plain located at geographical length (from 45°:30', to 50°(E)), and geographical width (from 30° to 35°:30' (N)). To do this study, 101 vertical electrical sounding (V.E.S) with schlumberger arrangement were applied at 15 profile track in Nobaran Plain. Considering to the elevation all Sounding points; The topography of the study area does not have effective effect on measured apparent resistivity data; therefore topography effect on determining actual resistivity of layers and genus of geological layers are negligible. But the effect of topography on the interpretation of the apparent resistivity data measured including dipping layers geoelectric sections, underground boundary layers cannot be ignored. Therefore, the effect of topography on the interpretation of the electrical resistivity data in the study area is a very important to consider.

**Keywords:** Electrical resistivity, Topography, Geoelectric sections, Plain noubaran, Iran

---

\*Corresponding author Email: mehdi\_mehdipour63@yahoo.com