

## اکتشاف آب زیرزمینی در کارستنورآباد، لرستان، با استفاده از توموگرافی ژئوالکتریک

لیلا میرزایی<sup>۱</sup>، فرشاد علیجانی<sup>۲</sup>، زهره استادهاشمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، [leila.mirzaei@ut.ac.ir](mailto:leila.mirzaei@ut.ac.ir)

<sup>۲</sup>عضو هیئت علمی، دانشگاه شهید بهشتی، [falijani2000@yahoo.co.uk](mailto:falijani2000@yahoo.co.uk)

<sup>۳</sup>زهره استادهاشمی، کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، مهندسین مشاور کمیاب گستر جنوب، [zohreh\\_ostadhashemi78@yahoo.com](mailto:zohreh_ostadhashemi78@yahoo.com)

### چکیده

به منظور شناخت پتانسیل آب زیرزمینی در مناطق کارستی نورآباد لرستان، توموگرافی مقاومت الکتریکی دو بعدی در ۱۳ مقطع با ۱۰۶ سونداژ شلومبرژه، انجام گردید. به دلیل آنکه فاصله بین سونداژها بین ۲۰ تا ۵۰ متر متغیر می باشد عملا می توان تصویر واضحی از حفرات کارستی به ویژه حفرات با اندازه کمتر از ۲۰ متر به دست آورد. نتایج مشخص نمود که توموگرافی ژئوالکتریک دو بعدی به خوبی می تواند بینش جامعی نسبت به مناطق مختلف کارستی به دست دهد و قابلیت آن برای تشخیص لایه های آبدار و حفرات کارستی عمقی در منطقه مورد مطالعه مناسب است. بر اساس یافته های ژئوالکتریک و تفسیر مقاطع توموگرافی تعیین محل سه حلقه چاه در کارست منطقه انجام گرفت که احتمالا آبدهی بالایی دارند.

**واژه های کلیدی:** اکتشاف آب زیرزمینی، ژئوالکتریک، توموگرافی، نورآباد

## Ground Water Exploration in Noor Abad Karst Area, Lorestan, using Geoelectrical Tomography

Leila Mirzaei<sup>1</sup>, Farshad Alijani<sup>2</sup>, Zohreh Ostadhashemi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M. Sc. in Geophysics, Institute of Geophysics, Tehran University, [Leila.mirzaei@ut.ac.ir](mailto:Leila.mirzaei@ut.ac.ir)

<sup>2</sup> Associate Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, [Falijani2000@yahoo.co.uk](mailto:Falijani2000@yahoo.co.uk)

<sup>3</sup> M. Sc. in Remote Sensing and GIS, Kamyab Gostar Jonub consulting engineering co., [zohreh\\_ostadhashemi78@yahoo.com](mailto:zohreh_ostadhashemi78@yahoo.com)

### Abstract

To determine the groundwater potential of the karst aquifers in Noor Abad, Lorestan, 13 profiles and 106 vertical electrical sounding (VES) conducted by Schlumberger array. Because of 20-50 meters of VES spacing, it could be detect cavities with lower than 20 meters diameter. The results show in the 2-D geoelectrical tomography using a Schlumberger configuration has been allowed obtaining a comprehensive insight of different parts of karst regions. This method could be capabilities of delineate karst voids and water bearing layers. The geoelectric results and interpretation of tomograms have been resulted to delineation of three water wells with probable high yield in study area.

**Keywords:** Groundwater exploration, Geoelectric, Tomography, Noor Abad

### مقدمه

روش های ژئوالکتریک به طور گسترده جهت ترسیم و شناخت ناهمگنی های افقی و عمودی در محیط های کارستی به کار گرفته می شوند. مناطق با مقاومت زیاد نمایانگر آهک متراکم و خشک و مقاومت های کم نمایانگر توده های سنگی اشباع از آب (مناطق با نفوذپذیری کم و ذخیره آب زیاد یا مجاری پر از آب) می باشند (لوسی و دی جورجی، ۲۰۰۵). محققان مختلف از قبیل شریفی و همکاران (۲۰۱۴)، رادالسکیو و همکاران (۲۰۰۷) و ساتاروگسا و همکاران (۲۰۰۴) از بررسی های ژئوالکتریک به عنوان ابزاری مناسب برای تشخیص حفرات در مناطق کارستی استفاده نمودند. به منظور ارائه تصویر مناسب از زیرزمین، می بایست شبه مقطع داده های مقاومت الکتریکی با استفاده از تکنیک معکوس سازی مبتنی بر سلول وارون گردند (لاک و بارکر، ۱۹۹۶). این بررسی ها معمولاً توموگرافی مقاومت الکتریکی (Electrical Resistivity Tomography or ERT) نامیده می شوند. اصول روش توموگرافی الکتریکی شامل تقسیم بندی سطح دو بعدی سلول به منظور تعیین مقاومت درون هر سلول می باشد به طوری که بتوانند پاسخ مدل را به خوبی با داده های اندازه گیری شده مطابقت دهند. فنون توموگرافی مقاومت الکتریکی دو بعدی (ERT) به طور موفقیت آمیزی در بررسی عوارض کارستی و اکتشاف حفرات کم عمق زیرسطحی مورد

استفاده قرار گرفته است (کافمن و رومانف، ۲۰۰۹، اسلاتر و بینلی، ۲۰۰۳). منطقه نورآباد در شمال غرب استان لرستان، در مجاور جاده ارتباطی نورآباد به هرسین قرار دارد. نورآباد در زون زاگرس مرتفع واقع گردیده و به واسطه عملکرد شدید تکتونیکی بسیار گسل خورده و خرد شده است. دو لایه آهکی اصلی ضخیم لایه میوسن با گستردگی زیاد و آهک کرتاسه با گستردگی کمتر در این محدوده وجود دارد که از لحاظ پتانسیل یابی آب زیرزمینی در سازندهای کارستی از اهمیت بالایی برخوردار می باشند. برای تعیین محل چاه‌های آب کارستی، سیزده مقطع ژئوالکتریک در آهک های میوسن و کرتاسه نورآباد جهت اکتشاف ژئوالکتریک به روش مقاومت ویژه انتخاب گردید (شکل ۱).

شکل ۱. موقعیت مقاطع داده برداری ژئوالکتریک بر روی نقشه زمین شناسی نورآباد

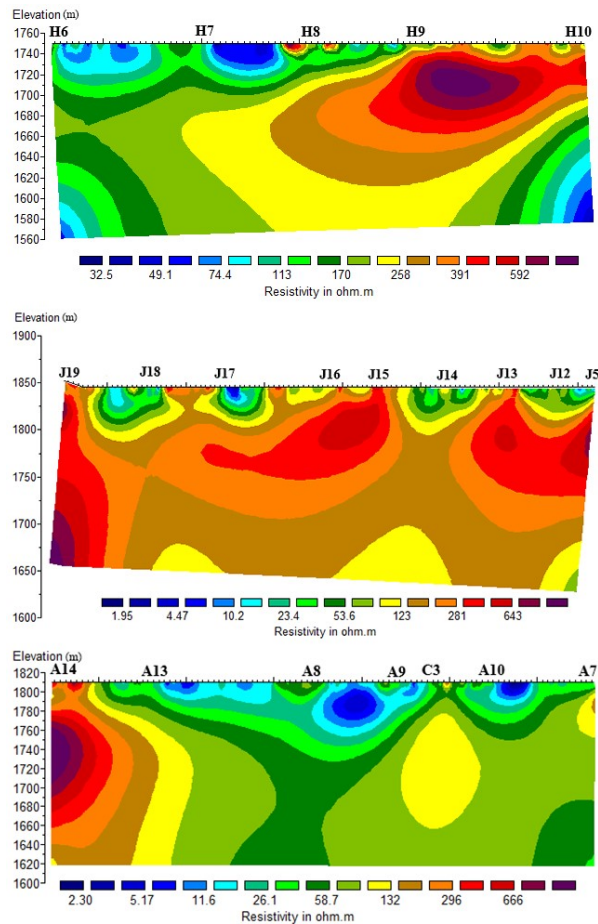
### روش تحقیق

تصویر برداری (Imaging) ژئوفیزیکی با توموگرافی مقاومت الکتریکی (ERT) دو بعدی در ۱۳ پروفیل با داده برداری شلومبرژه در کارست نورآباد لرستان انجام گردید (شکل ۱). مقاطع توموگرافی به منظور تشخیص لایه های زیر سطحی، حفرات، و آب زیرزمینی کارستی مورد تفسیر قرار گرفتند. ۱۰۶ سونداژ مقاومت الکتریکی در سیزده خط در آهک های میوسن و کرتاسه برداشت شده است (شکل ۱). به منظور حصول اطلاعاتی درباره ضخامت و مقاومت کارست زیر سطحی عمیق (تا ۲۵۰ متر)، حداکثر فاصله الکترودی جریان بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر انتخاب گردید. داده‌های اندازه‌گیری شده مقاومت ویژه ظاهری به صورت دو بعدی مرتب شده و به شکل شبه مقاطع مقاومت الکترودی منحنی‌بندی شدند. شبه مقاطع مقاومت ویژه الکتریکی ظاهری فقط دید عمومی از توزیع مقاومت زیر سطحی به دست می‌دهد و به دلیل هموارشدگی داده‌ها، تغییرات شدید مقاومت الکتریکی سنگ‌ها و تاثیر آرایه الکترودی بر اندازه‌گیری مقادیر مقاومت، نمی‌توانند تصویر واضحی از لایه های عمقی کارستی به دست دهند. جهت آرایه بهتر و واقعی تر توزیع مقاومت الکتریکی زیر سطحی، معکوس‌سازی شبه مقاطع انجام گردید. پس از عملیات صحرائی ژئوالکتریک، داده های میدانی مقاومت الکتریکی به منظور مدل سازی معکوس مقاومت الکتریکی با استفاده از برنامه های RES2DINV و (Geotomosoft, 2004) انجام گردید. خروجی ها به صورت مقاطع عرضی در مدل دو بعدی و به صورت مقاطع عرضی و افقی در عمق های مختلف مورد تجسس، در مدل سه بعدی به دست آمد. بر اساس نتایج مقاطع توموگرافی ژئوالکتریک سه محل جهت حفاری چاه آب در کارست مورد مطالعه پیشنهاد گردید.

### نتیجه‌گیری

مقاطع توموگرافی ژئوالکتریک به خوبی می‌توانند جهت تشخیص موقعیت و شکل حفرات و مجاری کارستی به ویژه در مناطقی که این حفرات خالی و خشک باشند به کار گرفته شوند. توموگرافی الکتریکی پروفیل های داده برداری شده منطقه نورآباد بر اساس سونداژهای داده برداری شده به روش شلومبرژه انجام شده است. در این پژوهش ۱۳ مقطع ژئوالکتریک تهیه گردیده است. پس از بررسی و تفسیر این مقاطع، سه مقطع H2، J1 و A1 انتخاب گردید. در این مقاطع می‌توان سه محل مناسب جهت حفاری چاه آب در کارست پیشنهاد داد. پروفیل H2 با طول ۴۳۰ متر و روند غربی- شرقی در پای آهک میوسن واقع شده است. مقاومت در پروفیل H2 بین کمتر از ۳۲ تا بیش از ۶۰۰ اهم متر متغیر است (شکل ۲). کمترین میزان مقاومت در حوالی سونداژهای H6 و H7، از سطح تا عمق حدود ۳۰ متری قابل مشاهده است که این مقاومت کمتر از ۵۰ اهم متر معرف مارن و یا آهک مارنی می‌باشد. بیشترین میزان این مقاومت در اطراف سونداژهای H8 تا H10 قابل مشاهده است که نشانگر وجود خرده سنگ آهکی همراه با رسوبات ریزدانه مارنی است. با توجه به تغییرات میزان مقاومت به نظر می‌رسد که از عمق حدود ۵۰ متری به بعد، به لایه آهک آبدار برخورد می‌شود. به نظر می‌رسد سونداژ H9 جهت حفاری نقطه مناسب و بهینه است. پروفیل I1 با طول ۱۰۷۰ متر و روند شمال غربی- جنوب شرقی در پای آهک میوسن واقع شده است و میزان مقاومت بین کمتر از ۲ اهم متر تا بیش از ۶۵۰ اهم متر متغیر است (شکل ۲). در مورد تمامی سونداژهای موجود در این پروفیل، میزان مقاومت از سطح به عمق روند افزایشی و سپس کاهشی دارد. البته در حوالی سونداژ J19 این روند افزایشی است که ممکن است به دلیل وجود سنگ آهک خشک و توده ای در اعماق بیش از ۱۵۰ متر باشد. در زیر سونداژهای میانی این پروفیل یعنی سونداژهای I14 و J15 میزان مقاومت سطحی بیش از سایر سونداژها است و میزان مقاومت در اعماق میانی یعنی از حدود عمق ۵۰ متری تا حدود ۱۰۰ متری افزایش می‌یابد. محدوده دو سونداژ ذکر شده، می‌تواند به عنوان نقاط

مناسب جهت حفاری انتخاب گردد. پروفیل A1 با طول حدود ۴۹۰ متر و روند تقریبی غربی- شرقی، در نزدیکی آهک ضخیم لایه میوسن واقع شده است. در این پروفیل مقاومت بین کمتر از ۲ تا بیش از ۶۶۰ اهم متر متغیر است (شکل ۲). به طور کلی روند تغییر مقاومت از سطح به عمق، در سونداژ A14 کاهشی است که می‌تواند معرف رسوبات دانه ریزتر در اعماق باشد. اما در مورد سونداژهای A7 و C3 میزان مقاومت از سطح به عمق ابتدا روند افزایشی و سپس کاهشی را نشان می‌دهد. در سایر سونداژها از سطح به عمق، میزان مقاومت افزایش یافته است. با توجه به میزان مقاومت های این پروفیل، به نظر می‌رسد در اعماق بیش از ۵۰ متری از سطح زمین، در حوالی سونداژ A8 لایه آهک آبدار وجود داشته باشد که می‌تواند جهت حفاری مناسب باشد.



شکل ۲. مقاطع توموگرافی ژئوالکتریک انتخابی در کارست نورآباد

## منابع

- Geotomosoftwre, 2004, RES2DINV and RES3DINV version 3.54 program, Geoelectrical Imaging geotomosoftwre, Malaysia.
- Kaufmann, G., and Romanov, D., 2009, Geophysical investigation of a sink in the northern Harz foreland (North Germany), *Environmental Geology*, 58, 2, 401-405.
- Leucci, G., and De Giorgi, L., 2005, Integrated geophysical surveys to assess the structural conditions of a karstic cave of archaeological importance, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 17-22.
- Loke, M.H., and Barker, R.D., 1996, Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method, *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152.
- Radulescu, V., Radulescu, F., Diacopolos, C., and Popescu, M., 2007, Geoelectrical study for delineating underground cavities in karst areas, *Coastal Zone Processes and Management. Environmental Legislation, GEO-ECO-MARINA*, 89-95.
- Satarugsa, P., Meesawat, N., Manjai, D., Yongsanpoo, S., and Arjwech, R., 2004, Man-made cavity imaging with 2D resistivity technique, *International Conference on Applied Geophysics*, Chiang Mai, Thailand, 203-210.
- Sharifi, F., Arab-Amiri, A.R., and Kamkar-Rouhani, A., 2014, Karstic water exploration using the Schlumberger VES and dipole-dipole resistivity profiling surveys in the Tepal area, west of Shahrood, *Iran, Journal of Mining & Environment*, 5, 1, 203-210.
- Slater, L., and A., Binley, 2003, Evaluation of permeable reactive barrier (PRB) integrity using electrical imaging methods, *Geophysics*, 68, 911-921.