



Shahrood University of Technology  
Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

**Modeling and interpretation of resistivity and refraction  
seismic data for accurate recognition of subsurface layers  
and the comparison of their results in Dez dam area**

**M. Mahmoodi**

Supervisor:

**Dr. A. Kamkar Rouhani**

Advisor:

**Dr. A. Roshandel kahoo**

Thesis Submitted for the Degree of Master of Science

July 2010

## **Abstract**

Geophysical studies for power stations of Dez dam were carried out to investigate the geological characteristics, the thicknesses of the layers, the depth of the bedrock and also the locations of the subsurface anomalies in Telehzang area, situated northeast of the Andimeshk city. A sum of 54 locations on 5 lines, having northwest-southeast trend, was considered for resistivity sounding surveys using the Schlumberger array. In this research thesis, one-dimensional (1-D) interpretation of the resistivity sounding data has been carried out using IX1D software. Moreover, two-dimensional (2-D) interpretation of the resistivity sounding data has been carried out using IPI2Win and Res2dinv software packages, in which geoelectric cross-sections of the study area have been shown. The results of the 2-D interpretation of the resistivity data indicate higher resistivity values in the northern parts of the study area. Furthermore, in the study area, 4 seismic profile lines, having northwest-southeast trend, were considered in which each profile contained 24 geophones with an equal distance of 8 or 10 meters between successive geophones. For 2-D modeling of the seismic tomography data, SeisImager/2D<sup>TM</sup> software was used. This 2-D seismic tomography data modeling was made using 10 iterations.

The results of the electrical and seismic data modeling indicate that, in general, the subsurface layers in the study area are composed of two parts: alluvium and bedrock. The alluvium part, having a small thickness, consists of clay, sand and medium- to coarse-grained gravels. The bedrock part is also composed of massive limestone of Bangestan formation.

**Keywords:** Electrical resistivity, One-dimensional (1-D) interpretation, Two-dimensional (2-D) interpretation, Geoelectric cross-sections, Seismic refraction, Seismic tomography, Velocity model

- 27- Shin, ch., 1999, Refraction Tomography Parameterization, Journal Of Seismic Exploration 8, 143-156.
- 28- Sjogren, B., 1984, Shallow refraction seismic, Champan and Hall, London.
- 29- Vogelsang, D., 1995, Environmental Geophysics, Springer-Verlag.
- 30- Ward, S. H., 1990, Resistivity and Induced Polarization Methods, in Ward, S. H., Ed., Geotechnical and Environmental Geophysics: Soc. of Explor. Geophys, vol.1, pp. 147-189.
- 31- White, P. A., 1994, Electrode Arrays for Measuring Groundwater Flow Direction and Velocity: Geophysics.
- 32- [www.ngdir.com](http://www.ngdir.com)
- 33- Zonge Engineering and Research Organization, 1994, The application of Surface Electrical Geophysics to groundwater problems, Electrical Geophysics Seminar notes., pp. 2-15.

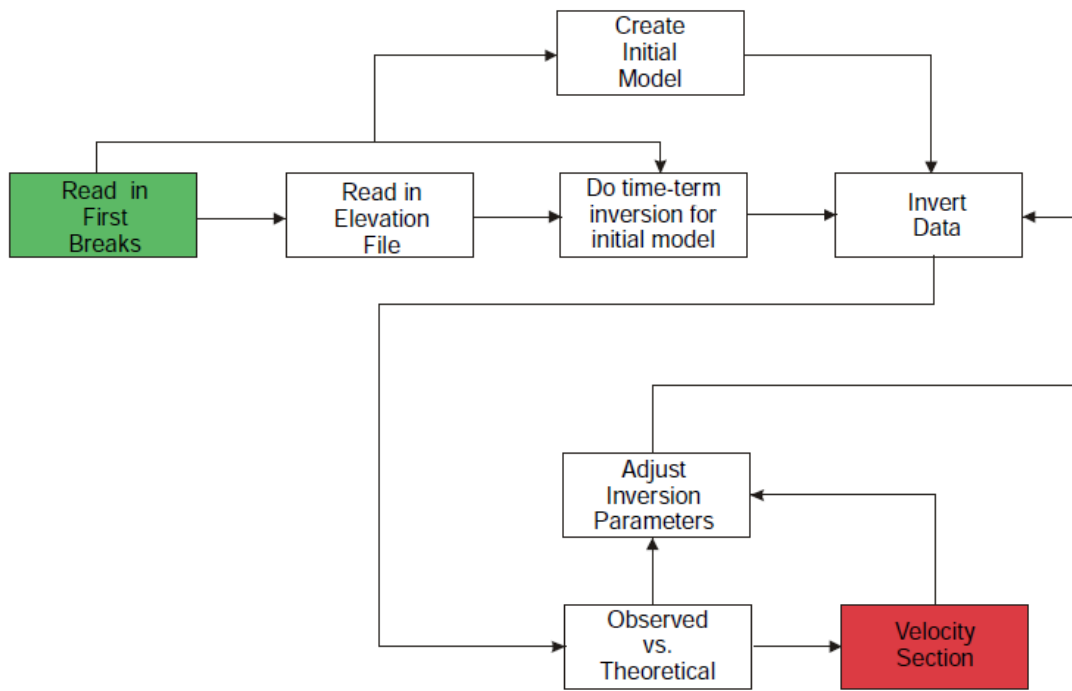
- 12- Corvallis, O. R., 2000, D.C. Resistivity methods, Northwest Geophysical Associates, Inc.
- 13- Dahlin, T., 1996, 2D Resistivity Surveying for Environmental and Engineering Applications: First Break, 14, No. 7.
- 14- Griffiths, D. H., King, R. F., 1981, Applied Geophysics for Geologists and Engineers, Oxford, Pergamon Press.
- 15- Kearey P., Brooks M., 1991, An Introduction to Geophysical Exploration, second edition, pp. 173-197.
- 16- Keller, G. V., and Frischknecht, F. C., 1966, Electrical Methods in Geophysical Prospecting: Pergamon Press.
- 17- Loke, M.H., 1999, Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies; A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys, pp. 1-4.
- 18- Milson, J., 1989, Field Geophysics, Geological Society of London Handbook Series., pp. 90-97.
- 19- Mooney, H. M., 1980, Handbook of Engineering Geophysics: Vol.2: Electrical Resistivity, Bison Instruments, Inc.(<sup>u</sup>)
- 20- Palmer, D., 1980. "The Generalized Method of Seismic Refraction Interpretation" .Champan and Hall, London.
- 21- Parasnis, D.S., 1986, Principal of applied Geophysics, Champan and Hall, London.
- 22- Pullammanappallil, S. K. and J. N. Louie, 1994, A generalized simulated-annealing optimization for inversion of first arrival times, Bulletin of the Seismological Society of America, v. 84, n. 5, p. 1397- 1409.
- 23- Reynolds, J. M., 1997, An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, pp. 418-459.
- 24- SeisImager Manual, Version 3.2, December 2006.
- 25- Sheehan R. Jacob., An Evaluation of Methods and Available Software for Seismic Refraction Tomography Analysis, JEEG, March 2005, Volume 10, Issue 1, pp. 21–34.
- 26- Sheriff, Robert E. and Geldart, Lloyd P., 1995, Exploration Seismology.

## فهرست منابع

- ۱- آقناباتی س.ع.، "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۱۳۸۳. ص ۵۸۶
- ۲- تلفورد، دبلیو. ام.، جلدارت، ال. پی.، شریف، آر. ای.، کیز، دی. ا.، ۱۳۷۵، ژئوفیزیک کاربردی، جلد اول، حاجب حسینی، ح.، زمردیان، ح.، چاپ دوم: انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- جهانبین، م، ۱۳۸۶، تعیین موقعیت و شیب گسل پنهان شاهرود، واقع در محل کال قرنو با استفاده از دو آرایش قطبی - دو قطبی متقارن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- ۴- رابینسون، ای. اس. کورو، اس.، ۱۳۸۴، مبانی اکتشاف ژئوفیزیک، حیدریان شهری.م. ر.، چاپ اول: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- کلاگری ع.ا.، (۱۳۷۱) " اصول اکتشافات ژئوفیزیکی " جلد اول، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز، صص ۱۸۰.
- ۶- گزارش میانکار نیروگاه های دز ۱، دز ۲ و دز ۳، "مطالعات توجیهی نیروگاههای جریان‌ی زنجیره ای رودخانه دز"، کارفرما، شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ناظر، شرکت مهندسی مشاور دزآب، اسفند ماه ۱۳۸۵.
- ۷- گزارش نهایی مطالعات ژئوالکتریک نیروگاههای جریان‌ی دز، ناظر: شرکت مهندسی مشاور دزآب، مشاور: شرکت زمین کاوگستر، تاریخ اجرا: پاییز و زمستان ۸۶.
- ۸- گزارش نهایی مطالعات لرزه‌نگاری نیروگاههای جریان‌ی دز، ناظر: شرکت مهندسی مشاور دزآب، مشاور: شرکت زمین کاوگستر، تاریخ اجرا: زمستان ۸۶.
- ۹- محمدی ویژه، م، ۱۳۸۷، برداشت، پردازش و تفسیر داده‌های رادار نفوذی به زمین (GPR) در منطقه شاهرود و مقایسه نتایج آن با نتایج ژئوالکتریک در منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.

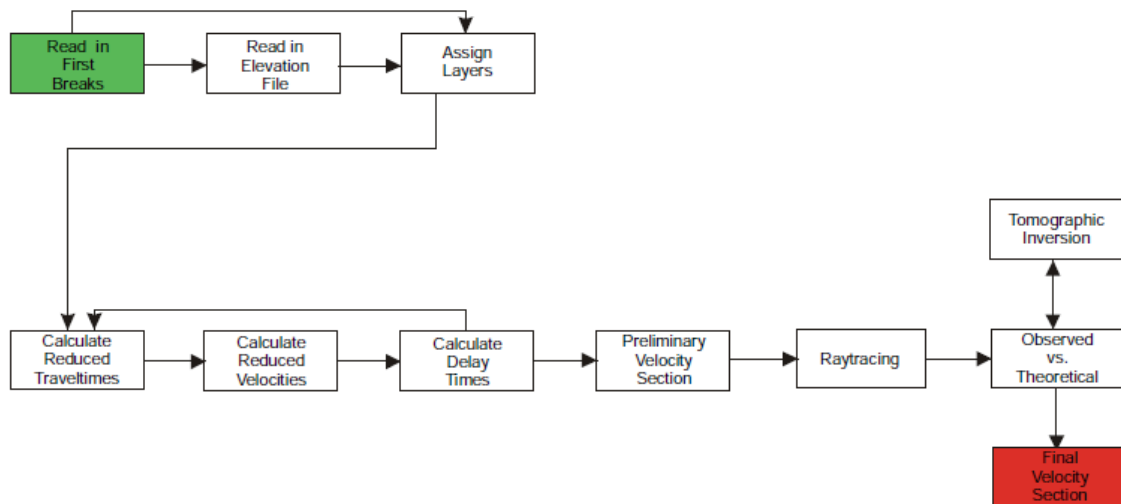
## منابع انگلیسی

- 10- Barker, R. D., 1981, The Offset System of Electrical Resistivity Sounding and Its Use with a Multicore Cable, Geophys. Prosp., 29, pp. 128-143.
- 11- Berryman, j.G., 1990, Lecture notes on nonlinear inversion and tomography, Earth Resources Laboratory, Massachusetts Institute of Technology.



شکل ۸: الگوریتم فرایند روش معکوس سازی توموگرافی

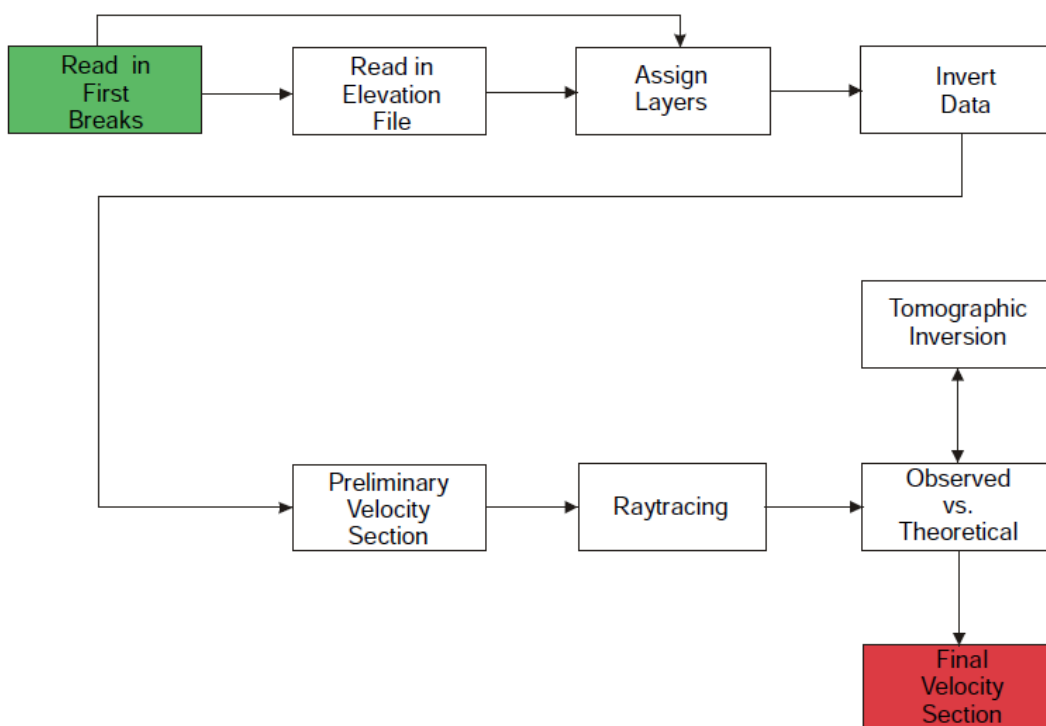
یک گسل یا یک کانال مدفون باشد، این روش اغلب منجر به نتیجه بسیار خوبی می‌شود. در شکل ۷ فرایند انجام شده توسط این روش به شکل الگوریتم آمده است.



شکل ۷: الگوریتم فرایند روش معکوس سازی متقابل

### روش معکوس سازی توموگرافی:

روش معکوس سازی توموگرافی، سومین روش تفسیر در بخش plotrefa می‌باشد. در این روش از یک مدل سرعت اولیه برای آغاز کار استفاده می‌شود که معمولاً این مدل اولیه توسط یک معکوس ساز بخش زمانی تولید می‌شود. در روش معکوس سازی توموگرافی ردیابی امواج با هدف کمینه سازی خطای جذر میانگین مربعات، از طریق مدل، بین زمان سیر مشاهده شده و محاسبه شده به صورت تکرار روند انجام می‌شود. این روش معکوس سازی معمولاً زمانی که تباین سرعت پیوسته باشد و یا تغییرات سرعت افقی زیاد و یا تغییرات توپوگرافی شدید باشد؛ در مقایسه با دو روش قبلی منجر به نتایج بهتری می‌شود. در شکل ۸ الگوریتم فرایند این روش نشان داده شده است.



شکل ۶: الگوریتم روش معکوس سازی بخش زمانی

### روش معکوس سازی متقابل:

روش تفسیر متقابل یک روش قدرتمند برای حل مسائل انکساری با پیچیدگی بیشتر می‌باشد. این روش با استفاده از داده‌های بیشتر، بهتر کار می‌کند و مفسر نیاز به تعداد داده‌های بیشتری در مقایسه با روش تفسیر بخش زمانی دارد. (داده‌های بیشتر شامل انفجار بیشتر و یا تعداد کانال‌های بیشتر برای هر انفجار). این روش با بدست آوردن زمان تأخیر برای هر گیرنده می‌تواند یک عمق برای شکنا در زیر آن گیرنده بدست آورد. در عوض این روش نیاز به یک هم پوشانی برای محاسبه زمان تأخیر برای یک شکنای بخصوص در زیر هر گیرنده دارد. در اینجا ما باید از شکنا داده‌هایی که در مسیر مخالف برداشت شده است داشته باشیم و این به این مفهوم است که در برداشت داده‌ها باید از دو انفجار در دو طرف گیرنده‌ها استفاده شود.

همچنین لازم به ذکر است که این روش بسیار وقت‌گیر است؛ ولی اگر سعی در آشکارسازی



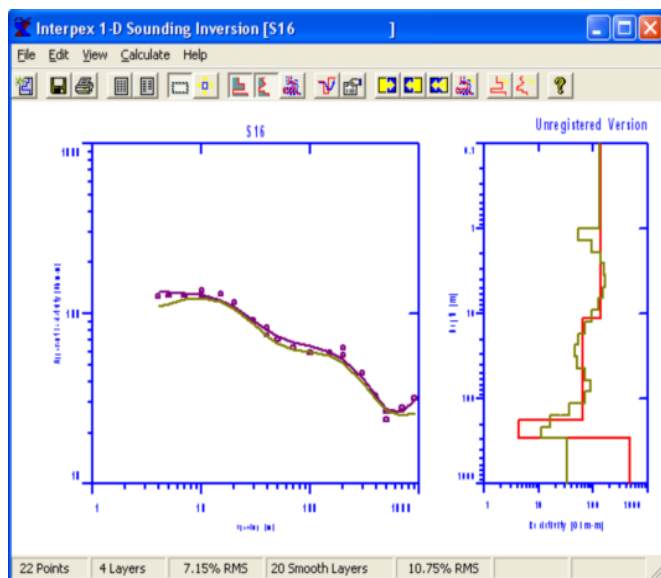
## پیوست ب: آشنایی با نرم افزار seisImager/2D

بخش plotrefa در این نرم افزار مربوط به تفسیر داده‌ها می‌باشد. در این بخش خروجی‌های بخش pickwin (که مربوط به انتخاب اولین شکست‌ها می‌باشد) به عنوان ورودی دریافت می‌شوند و با استفاده از سه روش تفسیر موجود در این نرم افزار، مقطع سرعت تهیه می‌شود. این نرم‌افزار شامل ابزارهای مفیدی برای تسهیل داده‌ها می‌باشد.

### تکنیک معکوس‌سازی جملات زمانی:

روش جملات زمانی ترکیبی از کمترین مربعات خطی است و تحلیل زمان تأخیر را برای تبدیل اولین ورودی‌ها برای بخش سرعت به کار می‌برد. این روش، روش خوبی برای استفاده در پیمایش‌های شکست مرزی ساده است و جزئیات شکنها در مقایسه با سرعت توده و عمق آن از اهمیت کمتری برخوردار است.

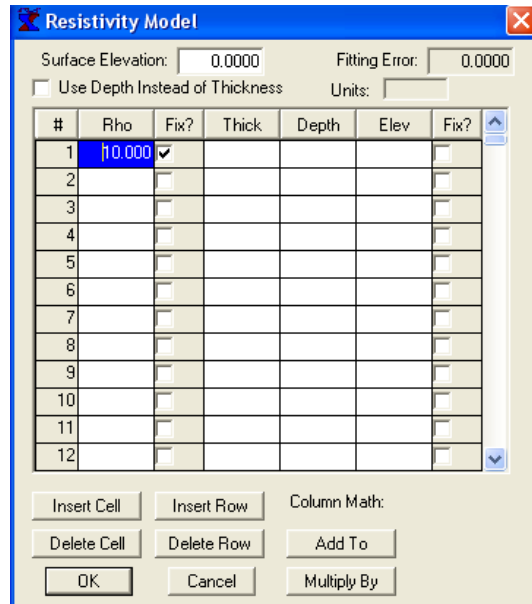
این روش می‌تواند روش مناسبی برای پروژه‌های ساده باشد. پیمایش‌هایی که در آن‌ها از ۱۲ یا ۲۴ کانال و حداقل ۲ انفجار در طول پروفیل استفاده می‌شود. ضمناً ضرورتی ندارد که نتایج با جزئیات بیان شود. در ادامه الگوریتم فرایند این روش آمده است:



شکل ۵: نحوه نمایش یک سونداژ

در نسخه جدید این نرم افزار (IX1D version 3) در مقایسه با نسخه‌های قبلی قابلیت نمایش پروفیل به روش‌های زیر امکان پذیر شده است:

- به وسیله فراخوانی فایل داده‌ها از نوار ابزار USF یا XYZ.
- با کشیدن یک خط روی نقشه نمایش داده شده و تعیین موقعیت سونداژها بر روی این خط.
- با کشیدن یک کادر روی نقشه نمایش داده شده و ایجاد یک پروفیل شامل همه سونداژها درون این کادر که می‌تواند با drag کردن سونداژها یا انتخاب کردن آنها انجام شود.



شکل ۴: پنجره وارد کردن داده‌ها

### پنجره منو سونداژها:

با استفاده از menu یا toolbar می‌توانیم برای یک سونداژ کارهای زیر را انجام بدهیم:

- تصحیحات گرافیکی روی مدل

- مدل‌سازی پیشرو و مقایسه منحنی‌ها با داده‌ها

- مدل‌سازی معکوس برای بهبود برآزش مدل لایه‌ای و داده‌ها

- تخمین خودکار یک مدل لایه‌ای برای داده‌های مقاومت ویژه

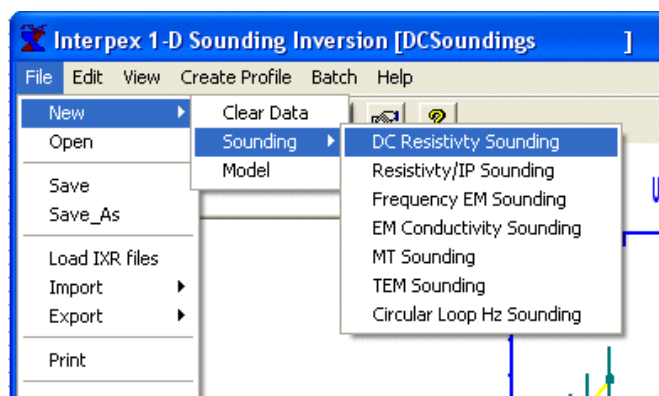
- تخمین خودکار یک مدل هموار

- تحلیل هم ارزی برای مدل لایه‌ای

نمایش استاندارد سونداژ نشان می‌دهد که داده‌ها در قسمت چپ و مدل در قسمت راست قرار

می‌گیرد. محور عمودی مقاومت ویژه ظاهری و محور افقی فاصله الکترودی را نشان می‌دهد.

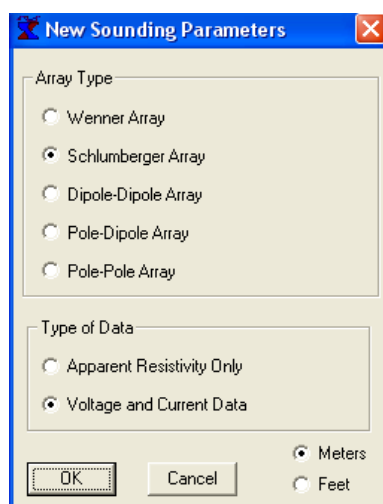
در شکل ۵ تصویری از نحوه نمایش یک سونداژ نشان داده شده است.



شکل ۲: نوار ابزار file menu، new

حال برای سونداژهای مقاومت ویژه DC باید نوع آرایش و همچنین نوع داده ها را انتخاب کرد.

( شکل ۳ )



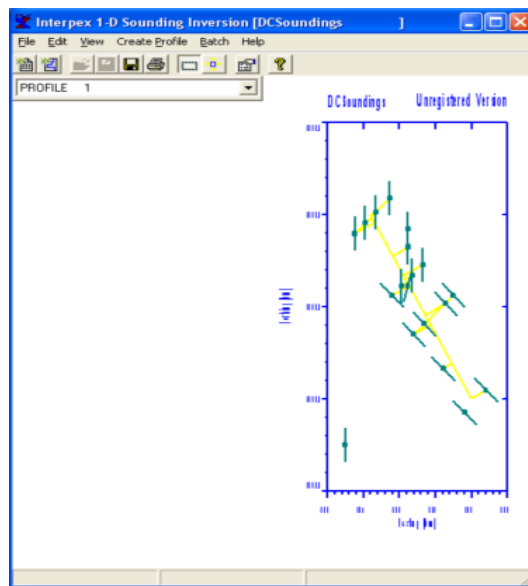
شکل ۳: پنجره انتخاب نوع آرایش و داده‌ها

پس از فراخوانی داده‌ها برای ایجاد یک مدل از نوار ابزار file، new و سپس new model را انتخاب کرده و جدولی که در شکل ۴ آورده شده است مشاهده می‌شود. ارتفاع از سطح و fitting error در قسمت بالایی نشان داده می‌شوند. همچنین گزینه‌ای وجود دارد که در صورت انتخاب از عمق به- جای ضخامت استفاده می‌شود. در جدول فوق مقاومت ویژه و ضخامت (یا عمق یا ارتفاع) مدلی که می‌خواهیم ایجاد کنیم را وارد می‌کنیم.

## پیوست الف : آشنایی با نرم افزار IX1D

IX1D یک برنامه معکوس سازی به منظور تفسیر یک بعدی داده های سونداژهای مقاومت ویژه، پلاریزاسیون القایی، مگنتوتلوریک و الکترومغناطیس است. این برنامه قابلیت تفسیر داده های سونداژ مقاومت ویژه که با آرایش های مختلف از جمله ونر، شلومبرژه، دوقطبی- دوقطبی، قطبی- قطبی و قطبی- دوقطبی برداشت شده اند، را دارد.

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، پنجره اصلی نمایش نقشه و نمایش موقعیت همه سونداژها می باشد. سونداژهایی که در فواصل معین نسبت به هم قرار دارند؛ در این فاصله ها روی نقشه قابل نمایش می باشند. همچنین آزمون گسترش سونداژها در این نقشه قابل نمایش است.



شکل ۱: پنجره اصلی نمایش نقشه و موقعیت سونداژها

برای وارد کردن داده ها در نوار ابزار file menu، new، و سپس new model را انتخاب می کنیم.

مانند آنچه در شکل ۲ می بینیم.

ضمائم

## ۲-۸ پیشنهادات

- در ادامه به منظور تعیین و شناخت دقیق تر لایه‌ها پیشنهاداتی مطرح می‌شود که عبارتند از:
- ۱- استفاده از روش گمانه‌زنی و نمونه برداری می‌تواند در تعیین و شناخت لایه‌های زیر سطحی بسیار مؤثر باشد.
  - ۲- اگر خط برداشت داده‌های لرزه‌ای انکساری دقیقاً منطبق بر خط برداشت داده‌های مقاومت ویژه الکتریکی باشد می‌توان نتایج دقیق تری بدست آورد.
  - ۳- از آن جایی که سنگ بستر در عمق نسبتاً کمی قرار دارد استفاده از روش GPR نیز می‌تواند در تعیین لایه‌بندی و همچنین شناخت لایه‌ها مؤثر باشد.

## ۸- نتیجه گیری

۱- نتایج مدل سازی های انجام شده بر روی داده های الکتریکی و لرزه ای نشان می دهد که لایه های زیر سطحی در منطقه مورد مطالعه به طور کلی از دو بخش آبرفت و سنگ کف تشکیل شده اند. آبرفت از رس، ماسه و همچنین از گراول های دانه متوسط تا دانه درشت تشکیل شده و ضخامت آن بسیار کم است. بخش سنگی نیز از جنس آهک های متراکم سازند بنگستان می باشد.

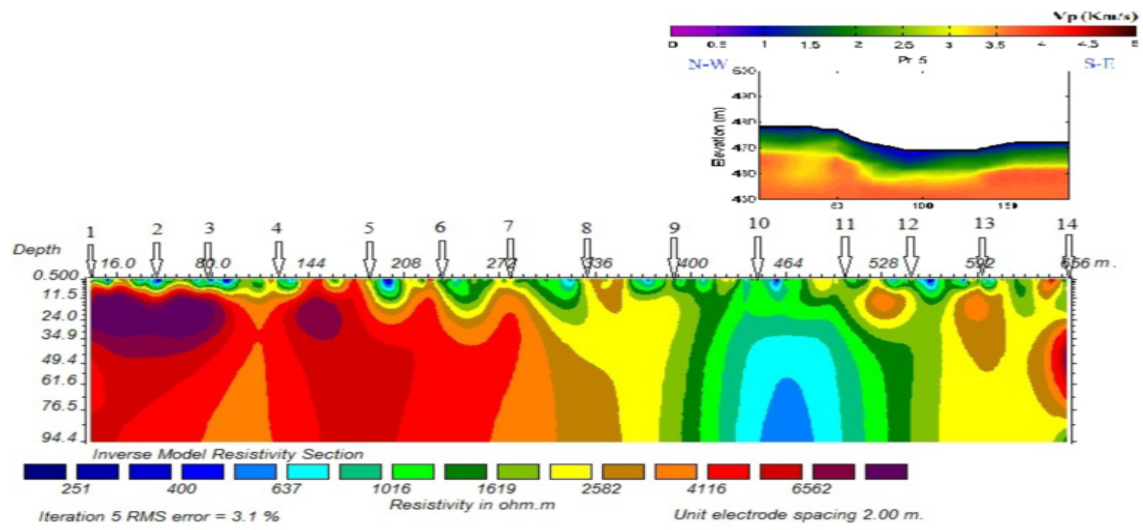
۲- همان طور که در فصل چهار ذکر شد، پروفیل های لرزه ای و الکتریکی کاملاً بر هم منطبق نیستند از این رو نمی توان مقاطع به دست آمده از هر دو روش را دقیقاً با هم مقایسه کرد ولی در مجموع روند کلی که هر دو روش برای سنگ بستر نشان می دهند حاکی از این است که سنگ بستر آهکی در قسمت شمالی منطقه در عمق کمتری نسبت به جنوب منطقه قرار دارد.

۳- نتایج بدست آمده از هر دو روش، همان طور که در فصل هفتم نشان داده شد از تطابق قابل قبولی برخوردار می باشند.



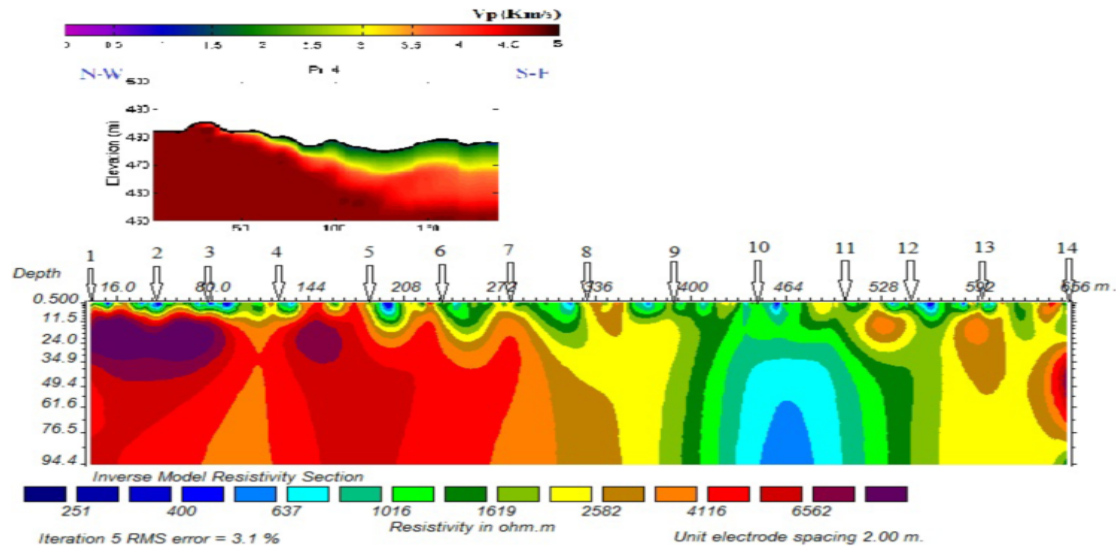
## فصل هشتم:

# نتیجہ گیری و پیشہ اداات



شکل ۷-۴: نتیجه مدل سازی بدست آمده از هر دو روش در محل پروفیل ۵ لرزه‌ای

۴ لرزه‌ای را نشان می‌دهد. مدل لرزه‌ای بدست آمده نشان دهنده حضور سنگ بستر در عمق بین ۳ تا ۱۱ متری و مدل ژئوالکتریکی ما در این قسمت نشان دهنده حضور سنگ بستر در عمق ۲ تا ۵ متری می‌باشد.



شکل ۳-۷: نتیجه مدل‌سازی بدست آمده از هر دو روش در محل پروفیل ۴ لرزه‌ای

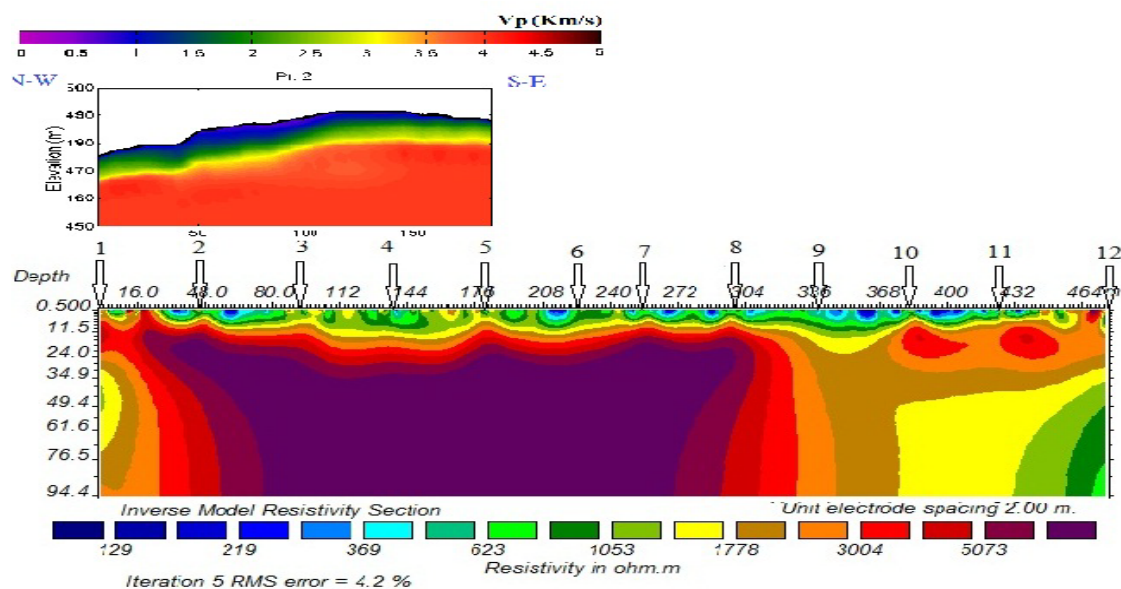
## ۵-۷ مقایسه مدل دوبعدی ژئوالکتریکی با مدل دوبعدی لرزه‌ای در محل پروفیل ۵ لرزه‌ای

در مورد پروفیل ۵ لرزه‌ای با تقریب کمتر می‌توان گفت که بر قسمتی از پروفیل ۴ ژئوالکتریکی شامل سونداژهای شماره ۱۰ تا ۱۴ منطبق است. در شکل ۴-۷ هر دو مدل نشان داده شده‌اند. مدل لرزه‌ای بدست آمده نشان دهنده حضور سنگ بستر در عمق بین ۳ تا ۹ متری و مدل ژئوالکتریکی ما در این قسمت نشان دهنده حضور سنگ بستر در عمق ۳ تا ۱۵ متری می‌باشد.

## ۳-۷ مقایسه مدل دوبعدی ژئوالکتریکی با مدل دوبعدی لرزه‌ای در محل پروفیل ۲

### لرزه‌ای

پروفیل ۲ لرزه‌ای به طور تقریبی بر قسمتی از پروفیل ۲ ژئوالکتریکی شامل سونداژهای شماره ۱ تا ۵ منطبق است. همان طور که در شکل ۲-۷ نشان داده شده است، مدل لرزه‌ای بدست آمده برای این پروفیل نشان دهنده حضور سنگ بستر در عمق بین ۲ تا ۸ متری و مدل ژئوالکتریکی نشان دهنده حضور سنگ بستر در عمق ۳ تا ۵ متری می‌باشد.



شکل ۲-۷: نتیجه مدل‌سازی بدست آمده از هر دو روش در محل پروفیل ۲ لرزه‌ای

## ۴-۷ مقایسه مدل دوبعدی ژئوالکتریکی با مدل دوبعدی لرزه‌ای در محل پروفیل ۴

### لرزه‌ای

پروفیل ۴ لرزه‌ای نیز به طور تقریبی بر قسمتی از پروفیل ۴ ژئوالکتریکی شامل سونداژهای شماره ۲ تا ۷ منطبق است. شکل ۳-۷ نتیجه مدل‌سازی بدست آمده از هر دو روش در محل پروفیل