

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران

## محاسبه پتانسیل الکتریکی شبکه بروش تفاضل محدود با استفاده از داده های یک برداشت

فرزانه جوانمردی<sup>۱</sup> میرستار مشین چی اصل<sup>۲</sup>، سید احسان سبحانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم تحقیقات کرمانشاه، [f.javanmardi86@gmail.com](mailto:f.javanmardi86@gmail.com)  
<sup>۲</sup>استادیار، علوم تحقیقات تهران  
<sup>۳</sup>دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد کرمانشاه

### چکیده

با توجه به اینکه گسلها و شکستگیها نقش مهمی در کاوشهای زمینشناسی بازی می کنند، آشکارسازی و تعیین مشخصات هندسی آنها از اهداف قابل توجه در شاخه های مختلف از جمله ژئوفیزیک می باشد. اما مشکلی که وجود دارد این است که برای آشکارسازی مستقیم آنها به روشهای ژئوفیزیکی نیاز به پتانسیل های کل منطقه ی موردنظر خواهد بود که جهت انجام این کار برداشت های متعددی صورت می پذیرد. با در نظر داشتن این موضوع که نتایج همیشه ساده و دارای جوابهای مطمئن نیست، بنابراین ژئوفیزیکدانان با استفاده از مدل سازی نظری که شامل روشهای عددی است، بر این مشکل فائق آمده اند.

در این تحقیق، با استفاده از روش مقاومت ویژه و به کمک روش عددی تفاضل کل پتانسیل منطقه مورد نظر با برداشت فقط یک سری داده محاسبه شده است. کاربرد می تواند توسط مقادیر بدست آمده و نرم افزارهای مخصوص، گسلها و شکستگیها را آشکارسازی کند.

واژه های کلیدی: مقاومت ویژه-روش عددی-تفاضل محدود-پتانسیل

### Calculation of potentials with finite difference method by using one selection datas

Farzaneh Javanmardi<sup>1</sup>, Mir Sattar Meshinchi Asl<sup>2</sup>, Seyyed Ehsan Sobhani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Islamic Azad University Science And Research

<sup>2</sup>Mirsattar Meshinchi- Asl, Department of Geophysics, Science and Research branch, Azad university, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Islamic Azad University

### Abstract

With due attention that faults and fractures playing a major role in geological diggings, Given that faults detection and determination of the geometrical characteristics of different objectives is special goals in different branches of geophysics. But the problem is for direct detection with geophysical methods, We need total potential of the field, so we need all its data. With paying attention this problem which answers may have incorrect and not normal ones, So geophysicist using theoretical models that involve numerical method is to have this problem solved.

In this study, with resistivity method and finite difference numerical method, the total potential area with just applying an electric current to the desired precision is calculated. User can detect faults and fractures with data and special software.

**Key words:** resistivity method-numerical method-finite difference-potential

## ۱- مقدمه

در اینجا یک روش عددی برای محاسبه توزیع پتانسیل الکتریکی در اطراف یک چشمه نقطه ای جریان که در درون یا روی سطح زمین و در محیطی با رسانندگی دلخواه، قرار گرفته ارائه می شود. این روش عددی به روش تفاضل محدود معروف است. در سال ۱۹۷۶، مافی با استفاده از روش مقاومت ویژه و تفاضل محدود مدل سازی دو بعدی با شکل دلخواه انجام داد. همچنین در سال ۱۹۷۹ موریسون با استفاده از حل پیشرو از روش تفاضل محدود استفاده کرد، که در آن، عناصر به صورت راست گوشه در نظر گرفته می شوند. با توجه به اینکه شکستگی ها نقش مهمی در انتقال جرم سنگها و خاکها بازی می کنند، آشکار سازی و توصیف مشخصات آنها از اهداف مختلف عمده در شاخه های علوم زمین می باشد اما آشکار سازی مستقیم آنها به وسیله روشهای ژئوفیزیکی، به علت حجم نسبتاً کوچکیشان مشکل است. اولین آزمایش گزارش شده روی یک بلوک فشرده از خاک شامل یک ترک مصنوعی توسط سامولین در سال ۲۰۰۳ انجام شد. سپس یک آزمایش سه بعدی پیچیده تر روی یک بلوک فشرده ی خاک که ترکها بواسطه ی خشک شدن توسعه یافته بودند انجام شد و شبه مقاطع مقاومت ویژه ی ظاهری رسم شده به وضوح وجود ترک را آشکار سازی کردند. ما در این مقاله، ابتدا یک شکستگی افقی را مدل سازی می نمایم، به تشریح مسئله پرداخته و نتایج مربوطه ارائه می شود. در نهایت با استفاده از یک برنامه ی کامپیوتری توزیع پتانسیل ارائه می گردد.

## ۲- روابط اساسی

برای انجام مدل سازی و بدست آوردن روابط مورد نظر، از قانون اهم، پایستگی میدان الکتریکی و همچنین اعمال برخی شرایط مرزی استفاده می شود. در رابطه قانون اهم که در آن چگالی جریان، شدت میدان الکتریکی و رسانندگی ویژه ی همسانگرد به شکل زیر به هم مربوط می شوند، می توان نوشت:

$$J = \sigma E \quad (1)$$

$J$ : چگالی جریان  $E$ : شدت میدان الکتریکی  $\sigma$ : رسانندگی ویژه همسانگرد

به دلیل پایستاری میدان الکتریکی می توان عبارت زیر را برای میدان الکتریکی در نظر گرفت:

$$E = -\nabla \varphi \quad (2)$$

که در رابطه بالا  $\varphi$  پتانسیل الکتریکی می باشد. بنابراین با استفاده از روابط (۱) و (۲) می توان نوشت:

$$J = -\sigma \nabla \varphi \quad (3)$$

با استفاده از قانون پایستگی بار الکتریکی در حجم  $\Delta V$  و هم چنین معادله پیوستگی رابطه ی زیر بدست می آید:

$$\nabla \cdot J = \left( \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \delta(x) \delta(y) \delta(z) \quad (4)$$

که در این رابطه  $\rho$  چگالی بار در نقطه ای از دستگاه مختصات متعامد  $x, y, z$  می باشد که جهت  $\nabla$  عمود بر صفحه کاغذ است و  $\delta$  تابع دلتای دیراک می باشد.

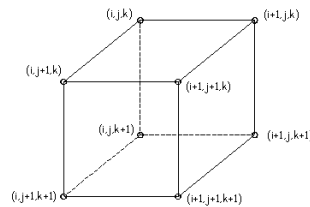
## ۳- گسسته سازی بوسیله حجم

رسانندگی حجم نشان داده شده در شکل ۱،  $\sigma_{i,j,k}$  می باشد. گره  $(i, j, k)$  بوسیله گره های احاطه شده است که حجم  $\Delta V$  را می سازند. این حجم از طریق رابطه (۶)، قابل محاسبه است.

$$\Delta V = \frac{(\Delta x_i + \Delta x_{i-1})(\Delta y_j + \Delta y_{j-1})(\Delta z_k)}{8} \quad (6)$$

با نوشتن انتگرال برای هر یک از سطوح و تقریب زدن مقدار  $\frac{\partial \varphi}{\partial n}$  با روش تفاضلات محدود می توان نوشت:

$$\begin{aligned} & \frac{\varphi_{i,j-1,k} - \varphi_{i,j,k}}{\Delta y_{j-1}} \left[ \sigma_{i-1,j-1,k-1} \frac{\Delta z_{k-1} \Delta x_{i-1}}{4} + \sigma_{i,j-1,k-1} \frac{\Delta z_{k-1} \Delta x_i}{4} + \sigma_{i-1,j-1,k} \frac{\Delta z_k \Delta x_{i-1}}{4} + \sigma_{i,j-1,k} \frac{\Delta z_k \Delta x_i}{4} \right] \\ & + \frac{\varphi_{i,j+1,k} - \varphi_{i,j,k}}{\Delta y_j} \left[ \sigma_{i-1,j,k-1} \frac{\Delta z_{k-1} \Delta x_{i-1}}{4} + \sigma_{i,j,k-1} \frac{\Delta z_{k-1} \Delta x_i}{4} + \sigma_{i-1,j,k} \frac{\Delta z_k \Delta x_{i-1}}{4} + \sigma_{i,j,k} \frac{\Delta z_k \Delta x_i}{4} \right] \\ & + \frac{\varphi_{i-1,j,k} - \varphi_{i,j,k}}{\Delta x_{i-1}} \left[ \sigma_{i-1,j-1,k-1} \frac{\Delta y_{j-1} \Delta z_{k-1}}{4} + \sigma_{i-1,j,k-1} \frac{\Delta y_j \Delta z_{k-1}}{4} + \sigma_{i-1,j-1,k} \frac{\Delta y_{j-1} \Delta z_k}{4} + \sigma_{i-1,j,k} \frac{\Delta y_j \Delta z_k}{4} \right] \\ & + \frac{\varphi_{i+1,j,k} - \varphi_{i,j,k}}{\Delta x_i} \left[ \sigma_{i,j-1,k-1} \frac{\Delta y_{j-1} \Delta z_{k-1}}{4} + \sigma_{i,j,k-1} \frac{\Delta y_j \Delta z_{k-1}}{4} + \sigma_{i,j-1,k} \frac{\Delta y_{j-1} \Delta z_k}{4} + \sigma_{i,j,k} \frac{\Delta y_j \Delta z_k}{4} \right] \\ & + \frac{\varphi_{i,j,k-1} - \varphi_{i,j,k}}{\Delta z_{k-1}} \left[ \sigma_{i-1,j,k-1} \frac{\Delta x_{i-1} \Delta y_j}{4} + \sigma_{i,j,k-1} \frac{\Delta x_i \Delta y_j}{4} + \sigma_{i-1,j-1,k-1} \frac{\Delta x_{i-1} \Delta y_{j-1}}{4} + \sigma_{i,j-1,k-1} \frac{\Delta x_i \Delta y_{j-1}}{4} \right] \\ & + \frac{\varphi_{i,j,k+1} - \varphi_{i,j,k}}{\Delta z_k} \left[ \sigma_{i-1,j,k} \frac{\Delta x_{i-1} \Delta y_j}{4} + \sigma_{i,j,k} \frac{\Delta x_i \Delta y_j}{4} + \sigma_{i-1,j-1,k} \frac{\Delta x_{i-1} \Delta y_{j-1}}{4} + \sigma_{i,j-1,k} \frac{\Delta x_i \Delta y_{j-1}}{4} \right] \end{aligned}$$



شکل ۱: حجم  $\Delta V$  که دارای رسانندگی  $\sigma_{k,z}$  می باشد با توجه به این روابط و معرفی پارامتر جدیدی به نام ثابت جفت شدگی روابط گسسته سازی این چنین می شود:

$$C_{Top} \cdot \varphi_{i,j,k-1} + C_{Bottom} \cdot \varphi_{i,j,k+1} + C_{Left} \cdot \varphi_{i-1,j,k} + C_{Right} \cdot \varphi_{i+1,j,k} + C_{Front} \cdot \varphi_{i,j-1,k} \quad (7)$$

$$+ C_{Back} \cdot \varphi_{i,j+1,k} + C_p \cdot \varphi_{i,j,k} = I \delta(x_i - x_s) \delta(y_j - y_s) \delta(z_k - z_s)$$

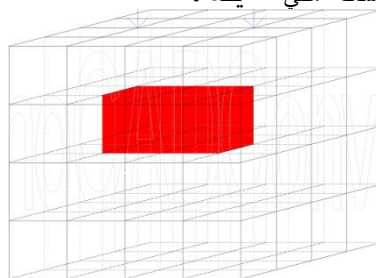
فرمول بندي ماتریسی:

روابط شبیه سازی شده برای همه گره های شبکه را می توان به صورت نمادین به این شکل نوشت:

$$[C][\varphi] = [S] \quad (8)$$

#### ۴- مدلسازی یک شکستگی، به صورت یک ناهمگنی در محیط

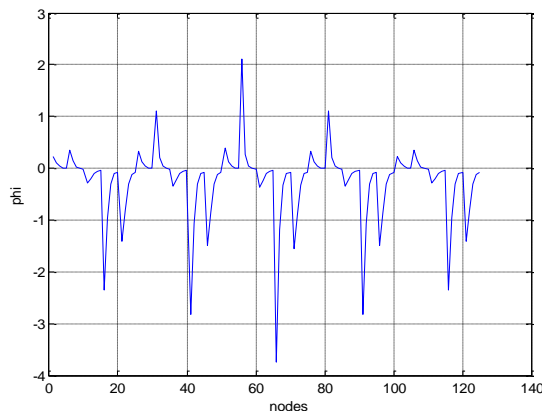
در اینجا، همانطور که در شکل ۲ مشاهده می کنید، مدلی سه بعدی شامل ۱۲۵ گره تشکیل داده شده که شامل محیطی همگن می باشد که یک شکستگی بصورت ناهمگنی در آن قرار دارد. در این مدل ضرایب جفت شدگی بین همه گره ها محاسبه شده و ماتریس ضرایب مربوطه تشکیل می شود. پس از آن با استفاده از این ماتریس ظرفیت، توزیع پتانسیل در شبکه به دست می آید.



شکل ۲: مدلسازی یک شکستگی در شبکه ای ۱۲۵ گره ای

در این مدل شکستگی بصورت یک ناهمگنی بین گره های ۳۲، ۳۳، ۳۷، ۳۸، ۴۲، ۴۳، ۵۷، ۵۸، ۶۲، ۶۳، ۶۷، ۶۸ به صورت  $\Delta x = 1, \Delta y = \frac{1}{4}, \Delta z = 1$  می باشد.

رسانندگی محیط میزبان  $\sigma_h = 3$  و رسانندگی ناهمگنی  $\sigma_l = 0.3$  می باشد. الکترودهای جریان نیز در گره ۵۶ و ۶۶ واقع شده که حامل جریان  $I=15$  می باشد. در اینجا با استفاده از روابط به دست آمده، ضرایب مربوط به هر گره محاسبه شده و سپس ماتریس ضرایب مربوط به مدل شبکه بندی شده، تشکیل می شود. پس از انجام این کار با قراردادن ماتریس ضرایب در معادله  $[C][\phi] = [S]$ ، ماتریس پتانسیل، که همان پتانسیل-های گره های شبکه می باشد، به دست می آید. با حل معادله  $[C][\phi] = [S]$  توسط برنامه، توزیع پتانسیل شبکه ۱۲۵ گره ای به صورت زیر به دست آمد:



شکل ۳: نمودار پتانسیل بر حسب شماره گره

رابطه پتانسیل حاصل از تک الکتروود جریان در سطح بصورت  $V = \frac{I\rho}{2\pi r}$  می باشد. که در آن  $r$  فاصله شعاعی از الکتروود جریان (چشمه نقطه ای) می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود پتانسیل با جریان نسبت مستقیم و با فاصله محل مورد نظر تا الکتروود جریان نسبت عکس دارد.

#### ۵- نتیجه گیری

با توجه به اینکه برای دقت بالاتر محاسبات، تعداد گره های شبکه زیاد گرفته شده است، انجام محاسبات برای بدست آوردن ضرایب جفتشدگی همه ی گره ها و همچنین حل معادله ماتریسی بدست آمده بسیار مشکل و زمان بر می باشد. در نتیجه برای سهولت انجام محاسبات اقدام به نوشتن و تدوین برنامه های کامپیوتری برای بدست آوردن ماتریس ضرایب و در نهایت توزیع پتانسیل شبکه شد، که این برنامه ها بر اساس روابط بدست آمده، برای هر شبکه، با هر تعداد گره و هر ابعادی، به راحتی قابل اجرا می باشد. همانطور که در شکل ۳ دیده می شود بیشترین ولتاژ متعلق به گره های ۵۶ و ۶۶ است که الکترودهای جریان در آنجا نصب هستند و با فاصله گرفتن از سطح و الکترودها پتانسیل افت می نماید. مقادیر بدست آمده از برنامه با مقادیر محاسبه شده از قبل، برابری می کند و نشان درست بودن روابط و برنامه مبتنی بر آن می باشد.

#### ۶- منابع

A.Dey, H.F.Morrison, Resistivity modeling for arbitrarily shaped three-dimensional structures,

Geophysics. 44 (1979) 753–780.

Aspinall, A., and Lynam, J. I., 1970, An Induced Polarization instrument for the detection of near surface Features: *Prospezioni Archeologiche*, 5, 67–75.

A.Dey, H.F. Morrison, Resistivity modeling for arbitrary shaped 3D structures, *Geophysics*. 44(1979) 753-780.

Coggon J.H. 1971. Electromagnetic and electrical modeling by the finite element method. *Geophysics*. 36,132-155.

Dabas, M., Tabbagh, A., Tabbagh, J., 1994. 3-D inversion in subsurface electrical surveying—I. Theory. *Geophysical Journal International* 119, 975–990.

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران