

# A CGI inverzió eredményének elemzése egy terepi példán

GYULAI Á., TURAI E., BARACZA M. K.

Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék, 3515 Miskolc-Egyetemváros  
E-mail: gfgyulai@uni-miskolc.hu, gfturai@uni-miskolc.hu, baracza@uni-miskolc.hu

A dolgozatban egy bonyolult geológiai szerkezet meghatározására alkalmaztuk a kombinált geoelektromos inverziót, a CGI-t. A szerkezet bonyolultsága abból adódott, hogy az erősen töredezett, tektonizált andezitben az utólagos mállás hatására agyagos zónák alakultak ki. A CGI inverziót korábbi publikációkban szintetikus és terepi példákon teszteltük, valamint szintetikus példákon összehasonlítottuk a CGI és RES2DINV inverzió eredményeit. A korábbi dolgozatok bírálójának többszöri felvetésére ebben a dolgozatban a kétféle inverzió eredményét valódi terepi adatokon végzett kiértékelés összehasonlításával tettük meg. Az összehasonlítás azt mutatja, hogy a CGI inverziós programunk részletesebb és megbízhatóbb eredményt szolgáltat, mint a RES2DINV inverziós program. Az összehasonlítás alapja a mérési adatokból szerkesztett látszólagos fajlagos ellenállászelvény és az inverzió eredményszelvényének összehasonlítása. Foglalkoztunk még az eredmények elemzésével és a CGI inverziós módszer alkalmazásának általánosításával.

## Gyulai, Á., Turai, E., Baracza, M. K.: The analysis of CGI inversion results involving a field case

In the paper the Combined Geoelectric Inversion (CGI) was used to evaluate a complex geological structure. The complexity of the geological structure comes from the fact that clay zones were formed in highly fractured, tectonized andesite layers as a result of subsequent weathering. In our previous publications, the CGI inversion method was tested using synthetic and field data. Synthetic examples were compared by means of the CGI and RES2DINV inversion methods. Due to the repeated request of reviewers of the former publications, the results of the two inversions are compared in real field data, in this paper. The comparative study shows that our CGI inversion program gives more detailed and reliable results than the RES2DINV does. The comparison is made between the measured apparent resistivity profiles and inversion result profiles. We also dealt with the analysis of inversion results and generalization of the CGI inversion method.

*Beérkezett:* 2012. október 27.; *elfogadva:* 2013. február 12.

## Bevezetés

A CGI (*Combined Geoelectric Inversion*) inverziós módszer eredményét és eredményességét korábban számos publikációban mutattuk be. A bemutatott példák egy részét szintetikus modellen végzett inverziók, más részét terepi példák jelentették. A kombinált geoelektromos inverzió – amely nevét az angol elnevezés rövidítéséből kapta – kétlépcsős/kétlépcsés inverziót jelent (Gyulai et al., 2010). Az első lépésben az előremodellezésben 1D közelítést alkalmazunk a szelvény menti VESZ állomásokra, amelyben az inverziót a 2D szelvény egészére oldjuk meg. Innen ered a 1.5D inverziós módszer elnevezés. A szintetikus és terepi adatokon

végzett vizsgálataink megmutatták, hogy a 1.5D inverziós eljárás sokkal pontosabb paraméterbecslést ad, mint az 1D egyedi inverziók sorozata (Gyulai, Ormos 1997a, 1997b, 1999). Ez egyrészt a sorfejtéses inverzió sokkal kevesebb ismeretlent tartalmazó mivoltából, másrészt az inverzió szimultán jellegéből adódik. A 1.5D közelítő inverzióban a sorfejtéses módszert alkalmaztuk a modellparaméterek laterális változásának leírására. A programunkban kétféle sorfejtést alkalmaztunk. Az egyiket a hatványfüggvények szerinti sorfejtés, a másikat a Fourier-sorfejtés jelentette. Általánosabb leírási módszerrel is tárgyalható ez a probléma, az ún. bázisfüggvények szerinti sorfejtéssel, amelyet Dobróka (1994) és Kis (1998) vezetett be. Mivel a mi tapasztalatunk

szerint az egyenáramú gyakorlatban a Fourier-sorfejtés szerinti megoldás nagy stabilitást ad az inverzióban, ezért írjuk fel a megoldást a Fourier-sorfejtésre

$$\rho_n(s) = \frac{1}{2}d_{n_0} + \sum_{k=1}^{K_n} d_{n_k} \cos k \frac{2\pi s}{S_p} + \sum_{k=1}^{K_n} d_{n_k}^* \sin k \frac{2\pi s}{S_p}, \quad (1)$$

ahol  $n = 1, \dots, N$ ,

$$h_n(s) = \frac{1}{2}c_{n_0} + \sum_{l=1}^{L_n} c_{n_l} \cos l \frac{2\pi s}{S_p} + \sum_{l=1}^{L_n} c_{n_l}^* \sin l \frac{2\pi s}{S_p}, \quad (2)$$

ahol  $n = 1, \dots, N-1$ , valamint  $\rho_n(s)$  az  $n$ -ik réteg fajlagos ellenállás-függvénye,  $h_n(s)$  az  $n$ -ik réteg vastagságfüggvénye. A  $d_{n_k}, d_{n_k}^*, c_{n_l}, c_{n_l}^*$  azokat a sorfejtési együtthatókat jelenti, amelyeket az inverziós módszerrel kell meghatározni, és amelyek alapján lehet a modellparamétereket kiszámítani.  $N$  a rétegek száma, és  $s$  az  $S_p$  hosszúságú szelvény mentén számított laterális koordináta.  $K_n$  és  $L_n$  maximális értékeit a szelvény menti összes VESZ állomások jelentik.

Az 1D közelítés miatt a 1.5D inverzió eredményét csak laterálisan „lassan” változó geológiai szerkezeteknél célszerű elfogadni végeredményként. Ez akkor is igaz, ha a hiba becslése viszonylag jó eredményeket jelez. Nem szabad ugyanis elfelejteni, hogy a közelítésből adódó modellhiba nem kerül be a kovarianciamátrixba. Tehát a becslési hibát és a korrelációs mátrixot is csak mint közelítést lehet figyelembe venni.

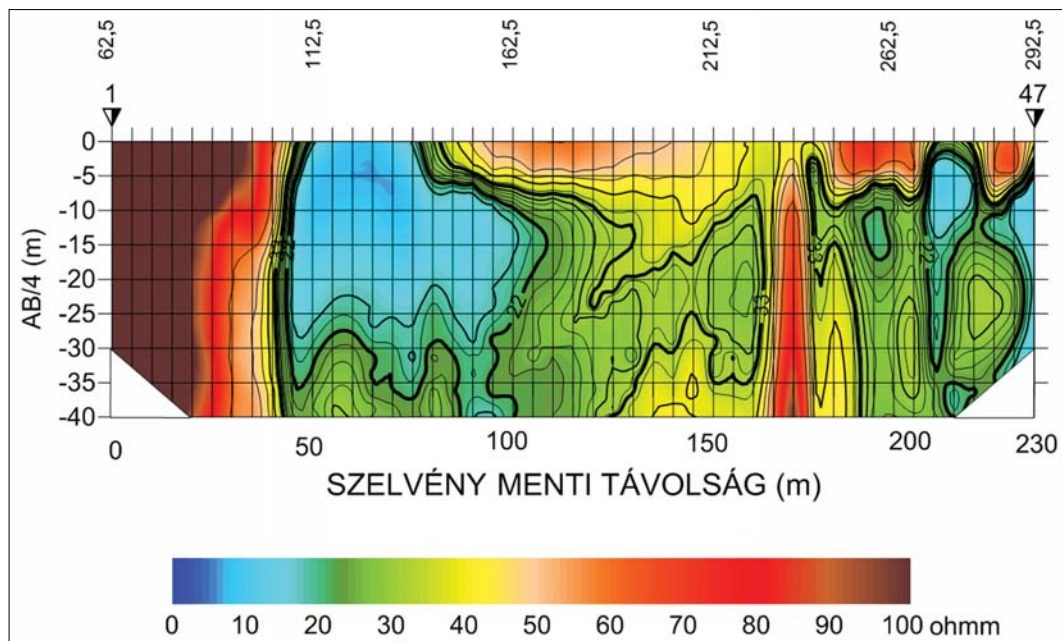
## A kombinált geoelektromos inverziós módszer

A pontosabb kiértékelési eredmények érdekében laterálisan „gyorsan” változó szerkezetek esetén szükség van az inver-

zióban egy második lépésre, amelynél az előremodellezésben 2D vagy 3D módszert alkalmazunk (Spitzer 1995) a geológiai szerkezet bonyolultságától függően a 1.5D inverzió után. Az eljárás első rövid leírása Gyulainál (1999) olvasható. A 2D előremodellezés hasonlóan alkalmazható közelítés lehet 3D esetén, mint az 1D előremodellezés 2D szerkezetek esetén. Gyulai és Tolnai (2012) bemutatta, hogy szelvények menti kétirányú VESZ mérési adatok szimultán inverziója 2D előremodellezéssel, a Steiner-féle súlyok alkalmazásával közelítő módszerként alkalmazható a gyakorlatban 3D szerkezetek kimutatására. A módszer lényege, hogy a „dőlés” és „csapás” irányú (kétirányú) méréseket együtt, (szimultán) értékeljük ki a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítéssel (Steiner 1988), amelyet szerzőjéről Steiner-módszernek neveztünk el. Ezzel a módszerrel azok az adatok, amelyek a közelítésből adódóan „kiugró” (*outlayer*) értékeket jelentenek, automatikusan (iterációs módszerrel) csak kis súllyal veszi figyelembe az inverzió. Az eljárás egy speciális alkalmazását is be fogjuk mutatni a terepi fejezet végén.

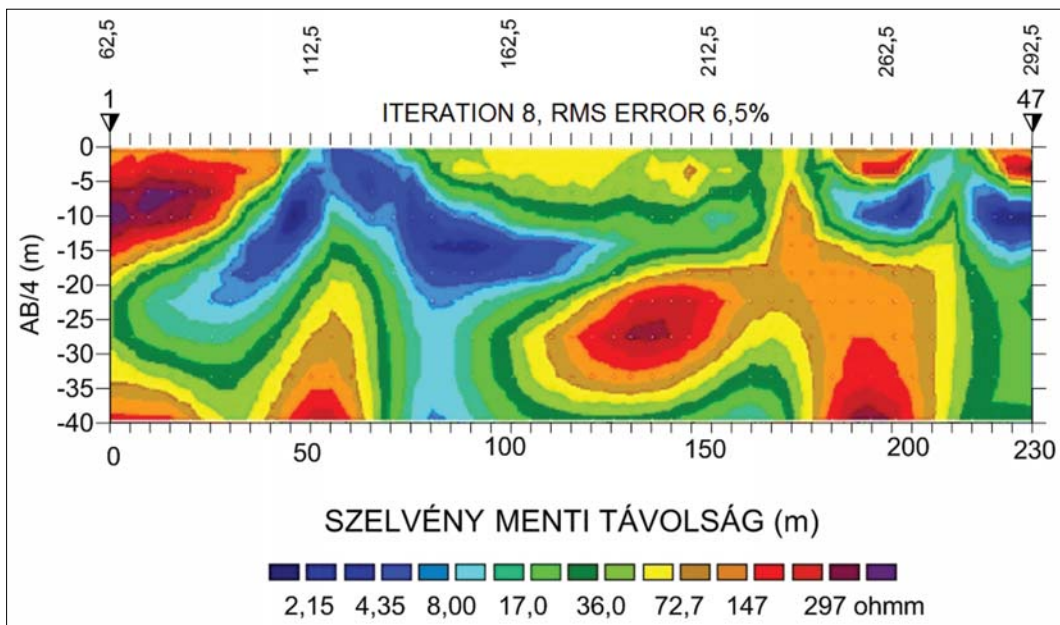
## Terepi példa

A terepi mérést a Mátra hegységben Gyöngyössolymos környezetében végeztük multielektrodás elrendezéssel, az IRIS SYSCAL Pro műszer alkalmazásával. A látszólagos fajlagos ellenállások eloszlását Schlumberger-elrendezésre az 1. ábra mutatja. Gyakorlati tapasztalataink alapján a leginkább 2D-s elemeket tartalmazó szerkezetek esetében az AB/4 (m) mélységpontokra vonatkoztatott látszólagos fajlagos ellenálláslasz-szelvény (pseudoszelvény) áll a legközelebb az inverzió által kapott paraméter képhez, azaz a



1. ábra | Schlumberger-féle látszólagos fajlagos ellenállásszelvény, Gyöngyössolymos

Figure 1 | Apparent resistivity profile in case of Schlumberger array, Gyöngyössolymos



2. ábra RES2DINV eredményszelvény  
 Figure 2 Result: profile given by RES2DINV

geológiai szerkezethez. Ebbe beleértjük a földtani struktúrák mélységi eloszlását is. Az 1. ábra az eloszlásszelvény egy csonkított szakaszát mutatja, a maximális AB/4 értéke 40 m, amely a kutatás maximális mélységének felel meg. A szelvényen kétféle szelvénytávolságot szerepeltetünk: egyrészt a teljes szelvényre vonatkozó értékeket „alul”, másrészt a 0 m-rel kezdődő relatív skálát „felül”. Ugyanezt a skálázást alkalmaztuk a későbbi eredményszelvényeknél is a szelvények könnyebb összehasonlíthatósága érdekében.

A 2. ábra a RES2DINV programmal számított inverziós eredményt mutatja. A szelvény eredeti változata, mint az a gyakorlatból ismeretes, hosszabb ennél, a szelvény szélein – az első és az utolsó elektródák felé haladva – fokozatosan csökkenő mélységekkel. A kombinált geoelektromos inverzióval való összehasonlításhoz a szelvény csonkított/rövidített változatát mutatjuk be. A szelvény színskálája az a speciális logaritmikus skála, amelyet a RES2DINV program meglehetősen nagy lépésközökkel kínál fel. A mi programunk alkalmazásakor az előbbtől némileg eltérő, részletesebb színskálát alkalmaztunk, amelyek azonban a jellegzetes kőzetváltozási helyeken hasonló szint mutatnak.

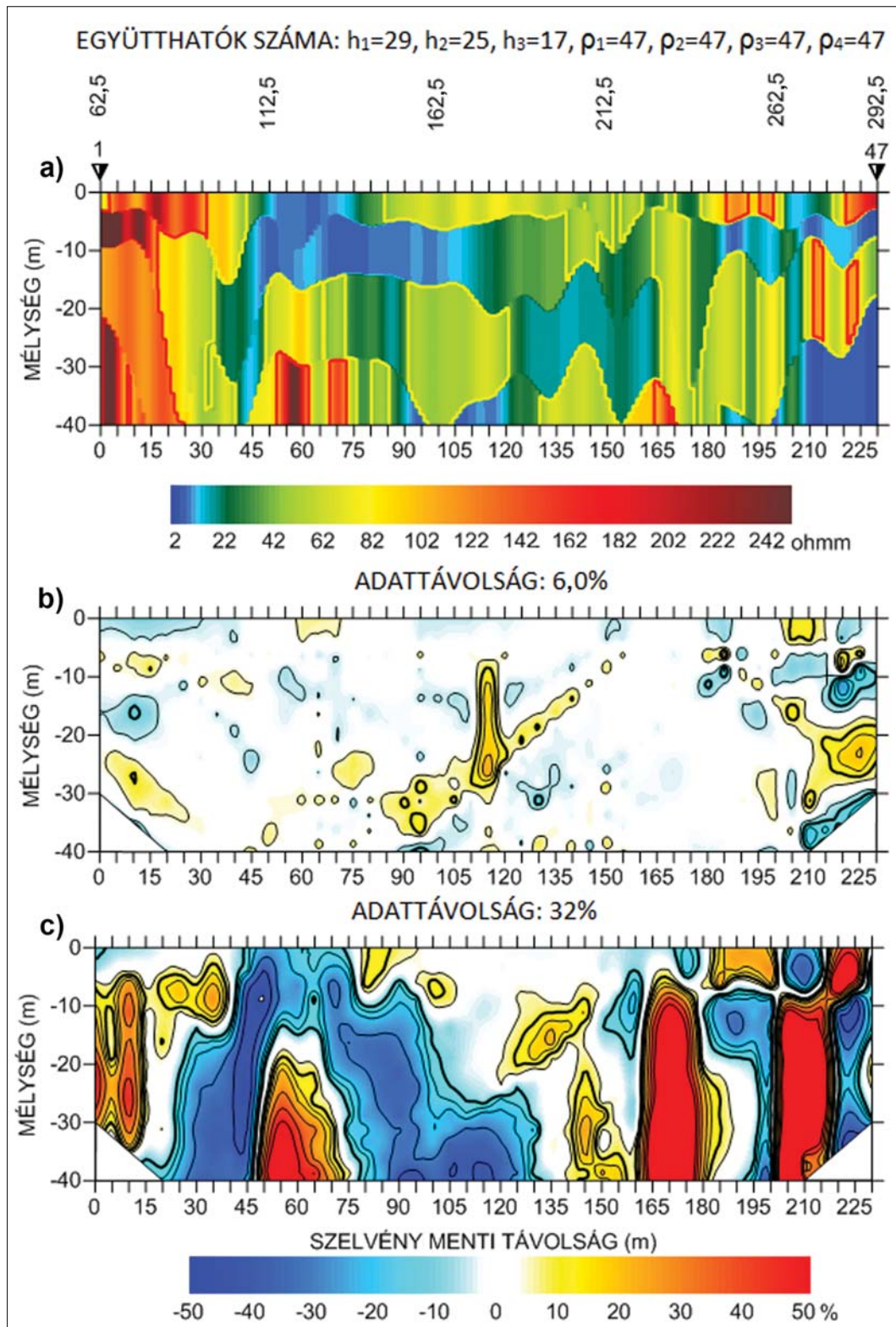
A kiértékelésnél felhasználtuk a lehetséges legnagyobb kutatási mélységet, amely 40 m-nek adódott.

A RES2DINV programot (Geotomo Software) világszerte alkalmazzák, ennek alkalmazása nem hozott olyan új módszertani eredményeket, amelyekre érdemes lenne kitérni. Közismert, hogy a struktúra fajlagos ellenállásait elemi hasábok sokaságának eloszlásából határozzák meg. A sok ismeretlen paraméter miatt a feladat alulhatározott. Ezt olyan simítási módszerekkel oldják fel, amelyeknek nincsenek geológiai alapjai. Ezzel biztosítják az inverzió stabilitását. Az előbbiekből következik, hogy a határfelületek nem rajzolódnak ki élesen, és a módszer felbontóképessége sem elegendő. A kényszerfeltételek alkalmazása alapján nem le-

het olyan minősítést (megbízhatósági paramétert) alkalmazni, amely a kovarianciamátrixon alapulna. Ezért az új inverziós módszer kifejlesztői meglehetősen kritikusan szemlélik ennek a lényegében inkább tomográfiai (inverziós) módszernek az „egyeduralmát” a felszínközeli kutatásokban, különösen a 3D szerkezetek esetében. A RES2DINV program felkínálja a mért és elméleti adatok összevetésének lehetőségét. Ezt azonban általában olyan módon teszi, ami praktikusán elsimítja az elméleti és mért adatok kis eltéréseit. Nem beszélve arról a problémáról, hogy ezek az adattérbeli eltérések bonyolult szerkezetek esetén a kiértékelés megbízhatóságát nem kellő módon jellemzik.

A 3–6. ábra a kombinált geoelektromos inverzió eredményeit mutatja be az 1. ábra adataiból. Ebben a dolgozatban nem foglalkozunk a sorfejtéses inverzió stratégiájával, mivel az részletesen szerepel Gyulai, Ormos és Dobróka (2010) cikkében. Annyit azonban mégis el kell mondanunk, hogy bonyolult szerkezetek esetén általában elegendő vagy csak a rétegvastagságokra, vagy csak a fajlagos ellenállásokra vonatkozó együtthatók nagy számának megválasztása a laterális változások gyors leírásához. Az ehhez szükséges próbafuttatások a 1.5D inverzió során gyorsan elvégezhetőek, és a szükséges gyakorlati rutin viszonylag hamar elsajátítható.

A kombinált inverziós kiértékeléseinkre két példát mutatunk be. Az egyik példa estén (5. ábra, 1. inverzió) a kombinált inverzió második lépésében (2D előremodellezés) ugyanazokat az együtthatószámokat alkalmaztuk, mint az inverzió első lépésében (1D előremodellezés). Általánosan ezt a megoldást szoktuk követni a gyakorlatban. Emellett azonban szeretnénk volna azt is bemutatni, hogy az együtthatók megválasztása – bár kritikus része a stratégiának – helyesen megválasztott együtthatószám esetén, annak közelében nincs jelentős különbség az inverzió eredményében.

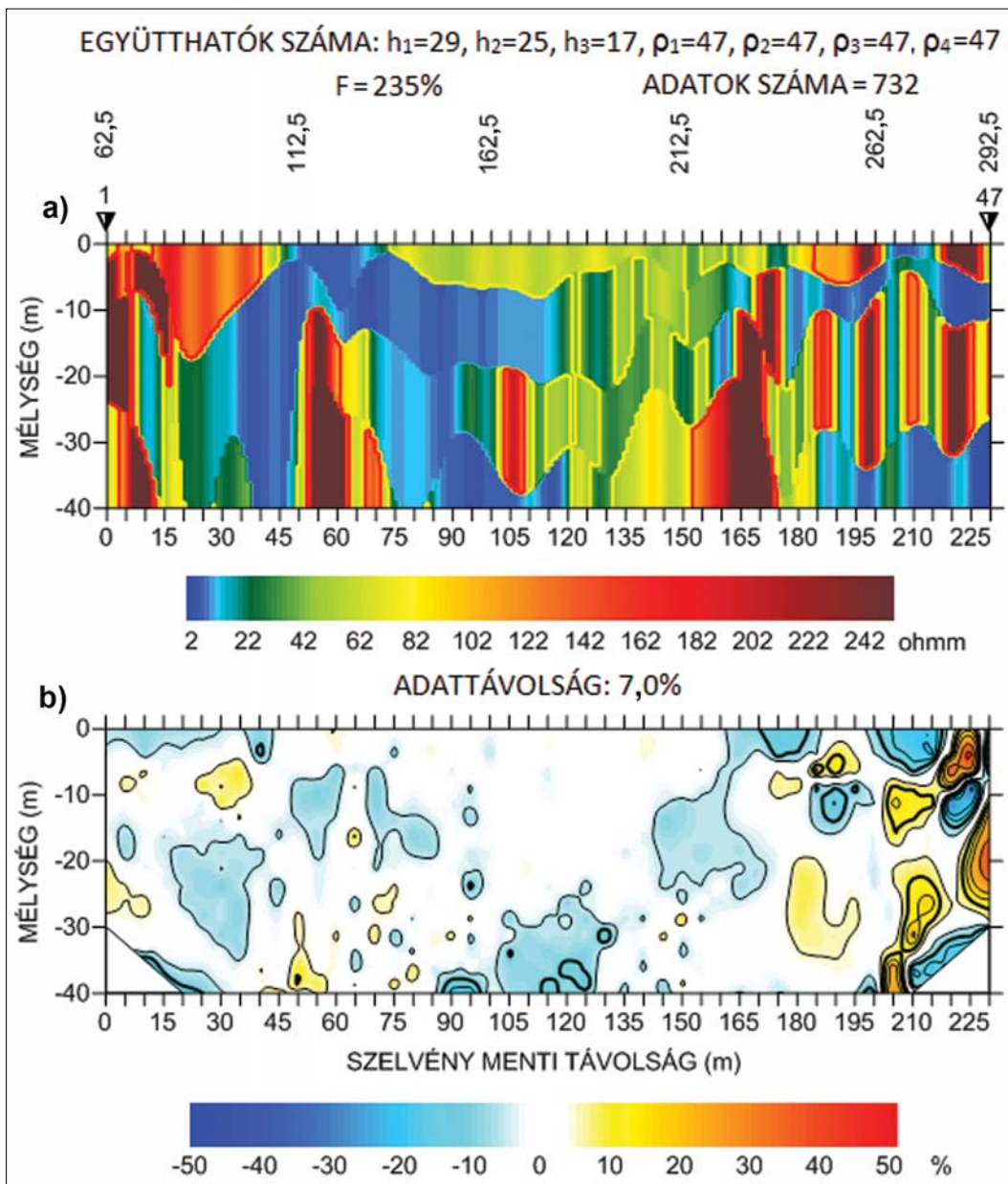


**3. ábra** a) VESZ 1.5D inverzió eredményszelvény, Gyöngyössolymos, b) VESZ 1.5D inverzió adattávolság eloszlás, Gyöngyössolymos, c) CGI 2D inverzió adattávolság eloszlás 0. iterációnál

**Figure 3** a) Result: profile given by VESZ 1.5D inversion, Gyöngyössolymos, b) data model distance distribution of VESZ 1.5D inverted profile, Gyöngyössolymos, c) data model distance distribution of CGI 2D inverted profile, at iteration step 0

Ezért az inverziót „elágaztattuk”, azaz az együtthatók számait némileg megnöveltük a 16. iterációs lépéstől kezdve

(5. ábra, 2. inverzió). Tehettük volna ezt korábbi iterációs lépésnél, vagy akár később is.



4. ábra a) CGI inverzió eredményeszelvénye (1. inverzió), b) CGI inverzió adattávolság eloszlása (1. inverzió)

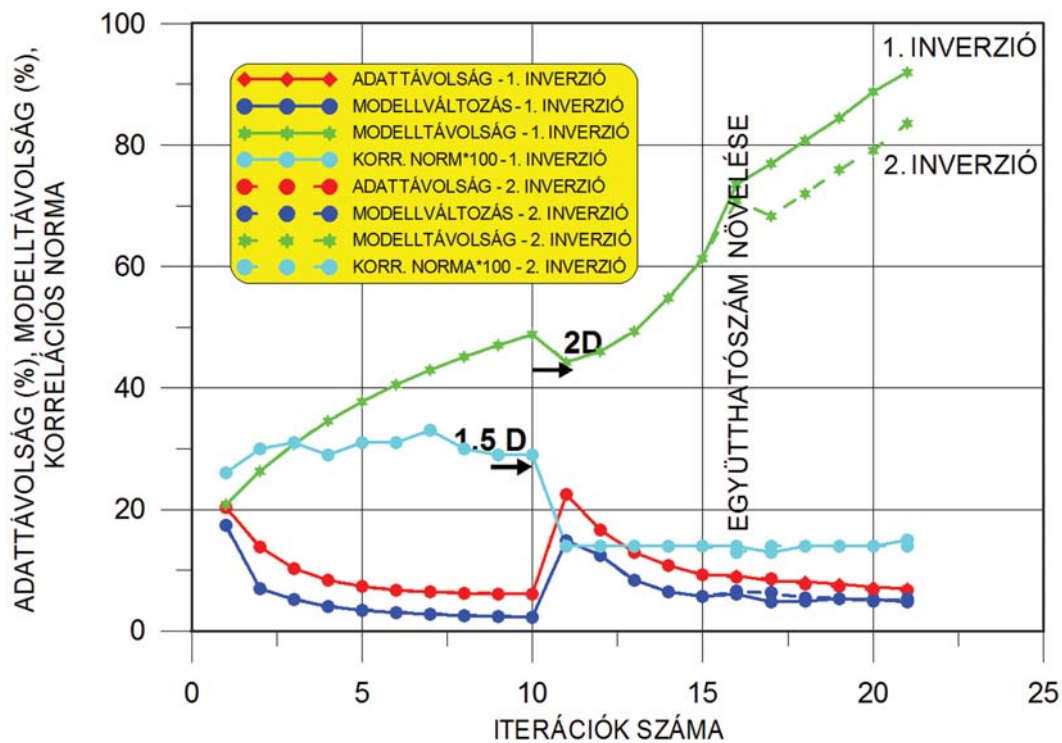
Figure 4 a) Result: profile given by CGI inversion, at inversion 1, b) model data distance distribution of CGI inverted profile, at inversion 1

A 3a–c. ábra a 1.5D inverzió eredményeit mutatja be. A 3a. ábra az inverzióval meghatározott szerkezetet, a 3b. ábra az adattávolságok (mért és elméleti adatok normálva az elméleti adatokkal) eloszlását mutatja. A 1.5D inverzióval kapott szerkezet fő jellemzőiben hasonlít a későbbi kombinált inverzió eredményeihez, a  $d$  adattávolság 6%-os értéke valamivel kisebb, mint a RES2DINV esetén. Érdekesek azonban a 3c. ábra nagy értékei, amely a kombinált geoelektromos inverzió 0. iterációs lépésénél az adattávolságok eloszlását mutatja be (2D modellre számítva). A 2D előremodellezés „0. iterációjához” tartozó nagy adattávolságai arra utalnak, hogy a 1.5D inverzió a „gyors” geológiai változások miatt nem képes a 2D szerkezet megfelelő leképezésére, annak ellenére, hogy az átlagos adattávolság kis 6%-os értéknek adódott.

A 4a. és 4b. ábra a kombinált inverzió eredményét mutatja. Az együtthatók száma:  $h_1 = 29, h_2 = 25, h_3 = 17, \rho_1 = 47, \rho_2 = 47, \rho_3 = 47, \rho_4 = 47$ . Az inverzióban a vastagságok „lassabban” változnak, a fajlagos ellenállások pedig a lehető „leggyorsabban”, az inverzió által megengedett maximális mértékben (az együtthatók maximális száma ugyanis megegyezik, a VESZ állomások számával: 47 db).

Az „F” a paraméterbecslés átlagos hibáját jelenti, amelyet Gyulai, Ormos és Dobróka (2010) részletesen definiálták cikkükben.

Az inverzió eredményeszelvénye nagy változásokat mutat 2–250 ohmm között, amely igen nagy felbontást jelez. Kiemelendőnek tartjuk a szelvény 50–70 m szakaszán jelentkező mintegy 30 m magas függőleges szerkezeti változást, ahol a fajlagos ellenállás 2 ohmm-ről (kövér agyag) 200



5. ábra | A CGI inverzió lefutása

Figure 5 | Iteration steps of CGI inversion

ohmm-re (tömör andezit) változik. Korábban nem gondoltunk arra, hogy geoelektromos módszerrel olyan nagy változások is kimutathatók lesznek, amelyek több helyen is jelentkeznek ebben a szelvényben. Az inverziós eredmény-szelvény korrelál az 1. ábra látszólagos fajlagos ellenállás-eloszlás szelvényével. Nem véletlen, hogy a látszólagos fajlagos ellenállás-szelvényt még sok esetben ma is végeredményként kezelik, hiszen az sokszor jobb eredményt adhat, mint egy „rossz” inverzió.

Az 5. ábrán az inverzió lefutása látható az iterációk számának függvényében, amelyet a 3., 4., 6. ábrán látható inverziók alapján szerkesztettünk. Az ábrát 3 részre lehet osztani: 1–10. iteráció 1.5D inverzió, 11–16. iteráció átmeneti szakasz az 1D modelltől a 2D típusú modell felé (bár az előremodellezés, már a 11. iterációtól 2D), 16–21. iteráció során az inverzió lassan megtalálja a 2D megoldást.

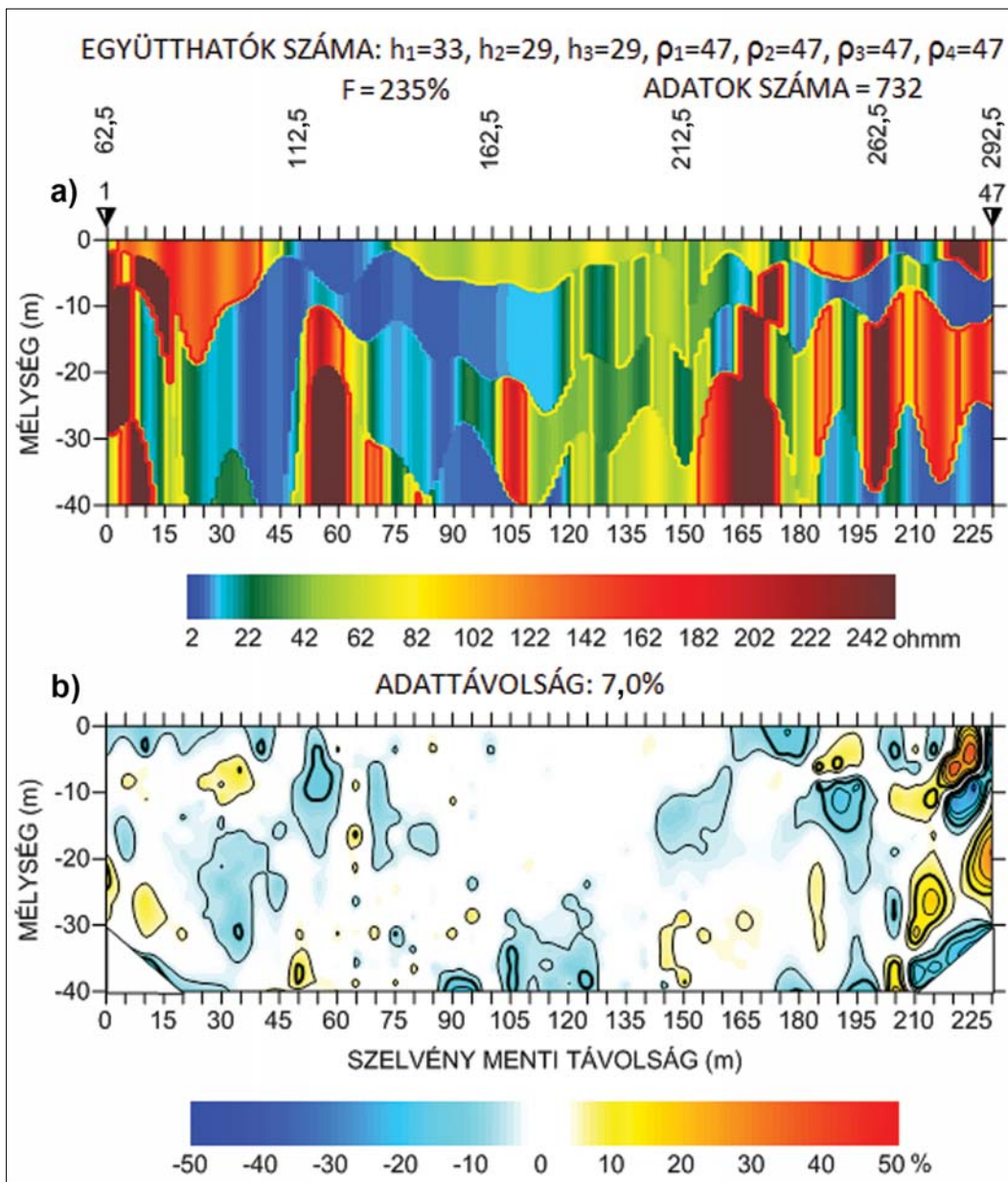
Még egy fontos jelenségre hívnánk fel a figyelmet. Egy hasonló négyréteges modellnél, az egyedi 1D inverzióknál a korrelációs norma általában  $\sim 0,7$ , 1.5D-nél  $\sim 0,3$ , 2D-nél  $\sim 0,15$ . A korrelációs norma alacsony értékei mutatják a kombinált geoelektromos inverzió igazi erejét. Ebből származik a korábbiaknál sokkal pontosabb becslés és felbontás ugyanazon adatrendszer esetén. Ez vezet a zajos adatrendszer ekvivalenciájának jelentős csökkentéséhez. Az ekvivalenciaprobléma további feloldása más típusú geofizikai adatrendszerek bevonásával és szimultán inverziójával lenne lehetséges.

A fejezet elején jeleztük, hogy az inverzió során a 16. iteráció után az inverziót „elágaztatjuk”, azaz a rétegvastagsá-

gok együtthatóinak számát jelentősen megnöveltük a nagyobb felbontóképesség eléréséhez. A rétegvastagságok együtthatóinak száma  $h_1 = 33$ ,  $h_2 = 29$ ,  $h_3 = 29$  lett, a fajlagos ellenállásoké maradt egyenként a lehetséges maximális 47. Az eredmények a 6a. és 6b. ábrán láthatók.

Megállapítható, hogy ez a változtatás a geológiai szerkezetben csak jelentéktelen változást eredményezett, és nincs lényeges változás az adattávolság-eloszlás-szelvényben sem, az inverzió érzéketlen az együtthatók változtatására. Az  $F = 235\%$  átlagos becslési hiba a geoelektromos gyakorlatban magas érték, amely a nagy fajlagos ellenálláskontrasztból, 2–250 ohmm-es értékekből adódik. Még további kisebb hibákat okoz a mintavételezés mélységi hiányossága, ami az egyenközü elektrodaelrendezésekből adódik. Az elektródák közötti távolság 5 m volt.

A 2.5D inverzióra történő hivatkozásnál jeleztük, hogy valamely szelvény dőlés- és csapásirányú méréseinek szimultán inverzióját valósítjuk meg az ún. Steiner-súlyozás alkalmazásával. Ha azt feltételezzük, hogy bonyolult szerkezeteknél a mérések egy része dőlésirányú, a másik része csapásirányú, akkor ugyanaz a szelvény egyszerre lehet egy szimultán inverzió dőlésirányú és csapásirányú bemeneti szelvénye. A dőlés- és csapásirányú mérési adatok 2D szerkezetek esetén, más-más információt, paraméterérzékenységeket tartalmaznak a geológiai szerkezettről (Gyulai 1995). Együttesük szimultán felhasználása többletinformációt jelent a paraméterek meghatározásához az inverzióban. Ennek persze akkor van értelme, ha az inverzió a dőlésirányú szelvényszakasznál a csapásirányú adatokat



6. ábra a) CGI inverzió eredményeszelvénye (2. inverzió), b) CGI inverzió adattávolság eloszlása (2. inverzió)

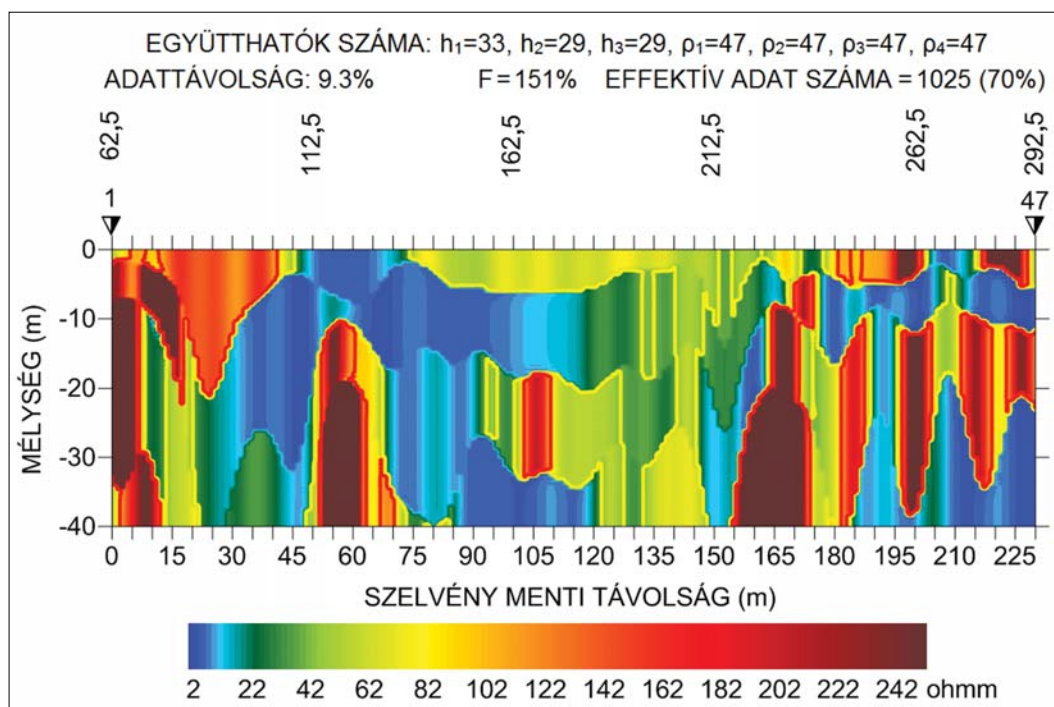
Figure 6 a) Result: profile given by CGI inversion, at inversion 2, b) model data distance distribution of CGI inverted profile, at inversion 2

(mint kiugró adatokat) kisebb súllyal veszi figyelembe, és fordítva is így kell lennie. A 2.5D inverziónál azt is említettük, hogy a Steiner-módszer egy iterációs súlyozási eljárással automatikusan alkalmas erre, mert a módszer kiugró (oda nem való) adatokat nem vagy csak kis súllyal veszi figyelembe.

Ilyen kiértékelési módszer eredményét mutatja be a 7. ábra. Az inverziós becslés eredménye alig különbözik a 4a. és 6a. ábrán közölt eredménytől. A paraméterbecslésben alig van észrevehető eltérés az egyes inverziók között. Azonban lényeges különbség adódik a becslés átlagos hibáinál. A 7. ábrán bemutatott szelvényben a becslés átlagos hibája jelentősen alacsonyabb, mint a két másik inverzióban.

### Összegzés

A publikációban bemutatott egy bonyolult geológiai szerkezet felett mért Schlumberger-szondázási adatok kombinált geoelektromos inverziójának (CGI) eredményét. A mérési adatok és inverziós eredmények elemzése azt mutatja, hogy a két lépésből álló sorfejtéses inverzió alkalmas bonyolult geológiai szerkezetek meghatározására. A két inverzió (CGI, RES2DINV) eredménye a szelvény első felében azonos jelleget mutat, a szelvény második felében viszont igen nagy mértékű az eltérés a két szelvény között. A (CGI) inverzió eredménye, a réteghatárok és réteg-fajlagosellenállások kijelölése és meghatározása szempontjából a szerkezeti elemekre vonatkozó felbontóképesség szempont-



7. ábra A CGI inverzió eredménye Steiner-súlyokat alkalmazva

Figure 7 Result: profile given by CGI inversion using Steiner's weights

jából sokkal jobb, mint a világon leggyakrabban használt RES2DINV eredménye. Továbbá fontos még, hogy az új inverziós módszerrel minősíteni tudjuk a terepi mérésekből történő geológiai–geofizikai szerkezetek meghatározásának megbízhatóságát is.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 jelű projekt részeként, az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

### A tanulmány szerzői

Gyulai Ákos, Turai Endre, Baracza Mátyás Krisztián

### Hivatkozások

Dobróka M., 1994: Változó rétegvastagságú inhomogén szeizmikus hullámvezetőben terjedő love-típusú hullámok diszperziós relációja; Az abszorpciós–diszperziós jellemzők inverziója. PhD-értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc  
 Geotomo Software: Res 2DINV ... 3.55. Malaysia, www.geoelectrical.com

Gyulai Á., 1995: Dőltréteges földtani szerkezetek geoelektromos kutatási lehetőségeinek vizsgálata analitikus előre modellezéssel. Magyar Geofizika 36/1, 40–67  
 Gyulai Á., 1999: Új geoelektromos inverziós eljárás geológiai szerkezetek meghatározására: Kombinált 2-D és 3-D függvényinverzió. Magyar Geofizika 40/4, 94–98  
 Gyulai Á., Ormos T., 1997a: Vertikális elektromos szondázások kiértékelése 1.5-D inverziós módszerrel. Magyar Geofizika 38, 25–36  
 Gyulai Á., Ormos T., 1997b: Újabb eredmények a VESZ adatok 1.5-D inverziós kiértékelésében. Magyar Geofizika 38, 257–264  
 Gyulai Á., Ormos T., 1999: A new procedure for the interpretation of VES data: 1.5-D simultaneous inversion method. Journal of Applied Geophysics 41, 1–17  
 Gyulai Á., Ormos T., Dobróka M., 2010: A quick 2-D geoelectric inversion method using series expansion. Journal of Applied Geophysics 72, 232–241  
 Gyulai Á., Tolnai É. E., 2012: 2.5D geoelectric inversion method using series expansion. Acta Geod. Geophys. Hung. 47/2, 210–222  
 Kis M., 1998: Felszínközeli földtani szerkezetek vizsgálata szeizmikus és egyenáramú geoelektromos adatok együttes inverziójával. PhD-értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc  
 Spitzer K., 1995: A 3-D finite difference algorithm for DC resistivity modelling using conjugate gradient methods. Geophysical Journal International 123, 902–914  
 Steiner F., 1988: Most Frequent value procedure (A short monograph). Geophysical Transactions 34, 139–260