

# Optimális határfrekvencia axiális dipól szelvények spektrális szűréséhez<sup>1</sup>

TÓTH ZOLTÁN<sup>2</sup>

A dolgozat az axiális dipól pszeudomélység szelvények térfrekvencia tartományon vett szűrését tárgyalja. A szűrés célja a földtani információ kiemelése. A vizuális hasonlósági vizsgálatokon túl egy kidolgozott képösszehasonlítási módszerrel is elvégeztem a szűrt képnek és a modell képének az összehasonlítását. Az elvégzett vizsgálatok alapján a legjobb egyezést a kétszeres dipól távolságnyi hullámhossztól vágott aluláteresztő szűrésnek megfelelő szűrők adták.

## Z. TÓTH: Optimal frequency limit for spectral filtering of dipole-dipole sections

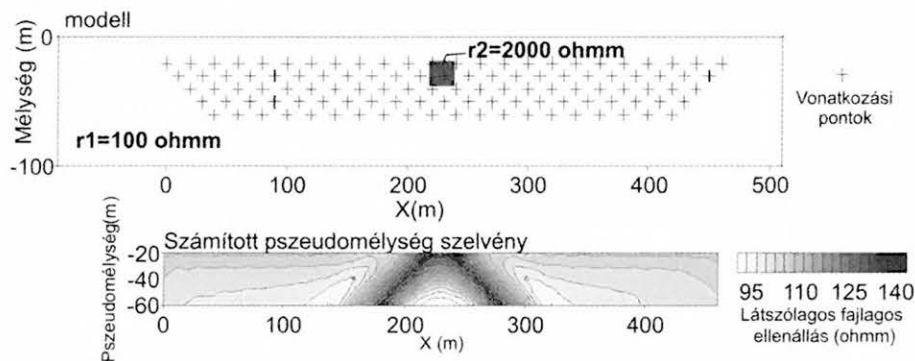
The paper discusses the spectral filtering of axial dipole pseudosections. Filtering these ranges of the spectra enhances the geological information. The justness of this finding was confirmed by visual comparison and a picture comparison method. In case of low-pass filtering the best correspondence was found at the wavelength of the duplex dipole distance.

### Bevezetés

A dipól axiális szelvényezések megfelelően számított Fourier-spektrumán a kötött vonatkozási mélységgel való ábrázolás hatásai jól megfigyelhetők [TÓTH 2000]. Ezen tartományok kiszűrése növelheti a pszeudomélység szelvények értelmezhetőségét. Az elektromos tér üregszerű ható felett axiális dipól méréseknél [SZALAI, SZARKA 2000] láthatóan olyan lefutású, hogy a kötött vonatkozási mélységgel ábrázolt szelvényeken a földtani információ torzultan jelentkezik.

Vizsgálataimat több modell típuson elvégeztem. Az elméleti szelvényeket az ELGI-ben kifejlesztett 2-D modell-

számító programmal készítettem [PRÁCSER 1998]. Teljes, az összes lehetséges határfrekvenciával történő vizsgálatot a következő modell típusokon végeztem: lokális inhomogenitás homogén féltérben (üregszerű ható), vertikális és dőlt ható homogén féltérben, lokális inhomogenitás rétegzett féltérbe ágyazva. Ezen szerkezetek analitikus modellezési [FERENCZY 1980, NYÁRI 1997] és paraméterérzékenységi vizsgálatai [GYULAI 1989, 1998] jól dokumentáltak. A dolgozatban történő megjelenéshez az üregszerű hatót tartalmazó modellre kapott eredményeket választottam (1. ábra).



1. ábra. Üregszerű ható homogén féltérben. Modell és számított szelvény

Fig 1. Cavity-like-body in homogeneous halfspace. Model and calculated section

A vizsgált modellekre kapott elméleti pszeudomélység szelvényeket sávvágó szűrővel dolgoztam fel. Már a vizuális vizsgálatok alapján is a kétszeres dipólméret (AB vagy MN elektródátávolság) körüli hullámhosszúságú alsó határfrekvenciák adták a legjobb eredményt, de szükségesnek láttam más módszerrel is megvizsgálni a szűrés eljárás jóságát. A modellt és a számított-szűrt szelvényt mintá-

veteleztem, kvantált képpé alakítottam, majd a szűrt kép hisztogramját egyalakúra hoztam a modellkép hisztogramjával. Ezek után végeztem el a különböző szűrőparaméterek használatával előállított szűrt szelvények és a modell képe közti eltérések vizsgálatát.

### Osztályozott kép előállítás a modell- és az adat-térben

Az előállított képek feldolgozásánál probléma, hogy az azonos mintavételi közzel létrehozott modell és szűrt szelvény képe nem egyméretű, ha nincs extrapoláció az

<sup>1</sup> Beérkezett: 2004. június 17-én

<sup>2</sup> Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

adattérben. Előny viszont, hogy a két adatrendszer — különböző dinamikája ellenére — a világosságkódok megadásával összehasonlíthatóvá válik. A hisztogramok azonos alakúra hozása a képfeldolgozásban az azonos információtartalommal rendelkező képek összehasonlításakor kerül alkalmazásra [YOUNG, FU 1986]. A dolgozat a globális foltelemzéssel [ÁLLÓ et al. 1985, BERKE et al. 1996] analóg megoldást javasol az eredménykép modell alapján történő szegmentálására és összehasonlítására.

A geoelektromos modell képének „élesen” elkülönült, diszkrét értékeit hasonlítjuk össze a szűrt szelvény eltérő dinamikájú „elmosódott” képével. A hisztogram transzformáció eredményeként kapott képet osztályozott szűrt képnek nevezhetjük. A kvantálási szintek osztályokba sorolják a képet. Az egyes osztályok megfeleltethetők a modellteret és az adatteret felépítő fajlagos ellenállás tartományoknak. Jelölje  $q_i$  és  $q_i$  modell és a szűrt kép világosságkódjait.

A képpontok számának meg kell egyeznie — a képek egyméretűek, azaz

$$\sum_{i=1}^m M(q_i) = \sum_{i=1}^s S(q_i) = K \quad (1)$$

ahol

$M(q_i)$  — a modell  $q_i$  világosságértékéhez tartozó gyakoriság,

$S(q_i)$  — a szűrt kép  $q_i$  világosságértékéhez tartozó gyakoriság,

$m$  — a modell kvantálási szintjeinek a száma,

$s$  — a szűrt kép kvantálási szintjeinek a száma,

$K$  — a képpontok száma.

Általánosan elmondható, hogy nem jelent túl nagy szigorítást, ha az  $m < s$  feltételt szabjuk a kvantálási szintekre. A modellteret ugyanis nagy egedszámmal rendelkező osztályokba lehet sorolni, tehát a kvantálási szintek kis számával is jól jellemezhető. Az adattérben már nehezebb kijelölni a szelvényre jellemző osztályokat, ezért törekedni kell a minél több kvantálási szint alkalmazására.

A szűrt kép világosságértékeit úgy kell átsorolni, hogy az eredményhisztogram  $n_i$  felosztásokkal nyert rész-hisztogramjai eleget tegyenek a következő kritériumnak:

$$\sum_{i=1}^m \text{abs}(M(q_i) - L_i) = \min. \quad (2)$$

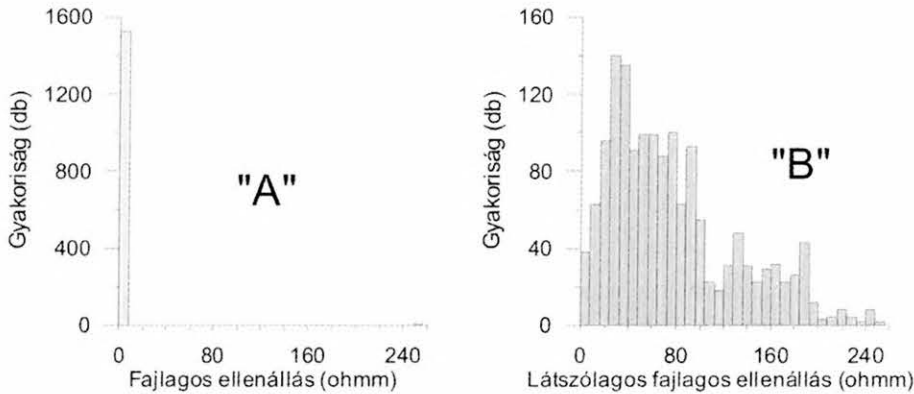
$$L_i = \sum_{i=1}^{n_i} S(q_i) - \sum_{j=1}^{n_{i-1}} S(q_j) \quad (n_i \geq n_{i-1})$$

ahol

$L_i$  — az átsorolt képpontokat tartalmazó osztályok gyakoriság értékei,

$n_i$  — a szűrt kép átsorolási felosztása.

A 2. ábra az üregerő ható modelljének és a számított, szűrt szelvénynek a hisztogramját mutatja. A hasonló lefutás ellenére a szűrt szelvény hisztogramján nem jelölhető ki egyértelműen az az osztály, melyhez a lokális hatót rendelhetnénk. Az is megállapítható hogy — noha a vizuális összehasonlíthatóság kedvéért a kvantálási szintek száma megegyezik az ábrán — elegendő lett volna két kvantálási szint is a modell osztályainak a leírásához.



2. ábra. A modell (A) és a szűrt szelvény (B) képének hisztogramjai

Fig. 2. Histograms of the model's (A) and the filtered section's (B) images

A 3. és 4. ábrán hisztogram transzformálással nyert szelvényeket láthatunk. Mindkét esetben az 1. ábrán bemutatott üregerő modellre kapott eredmények láthatók. A 3. ábra az elméleti pszeudomélyesség szelvényét, a 4. ábra ennek a spektrumszűrt változatát mutatja. A kvantálási szintek száma — a modell osztályaihoz igazodva — 2-re csökkent a transzformált képeken. A nagy területű képrészletek — homogén beágyazó közeg — a transzformáció során azonos világosságkódot kaptak. A kis területű változások a modell lokális inhomogenitásával vethetők össze.

### Szűrőalak, szűrőparaméterek

Az alkalmazott szűrő leírása:

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{ha } H_f > r > H_a, \quad u \neq 0 \\ \frac{H_a - r}{d} & \text{ha } H_a \geq r \geq H_a - d, \quad u \neq 0 \\ \frac{r - H_f}{d} & \text{ha } H_f + d \geq r \geq H_f, \quad u \neq 0 \\ 1 & \text{egyébként} \end{cases} \quad (3)$$

ahol

$H_a$  — alsó határfrekvencia,  
 $H_f$  — felső határfrekvencia,  
 $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ ,

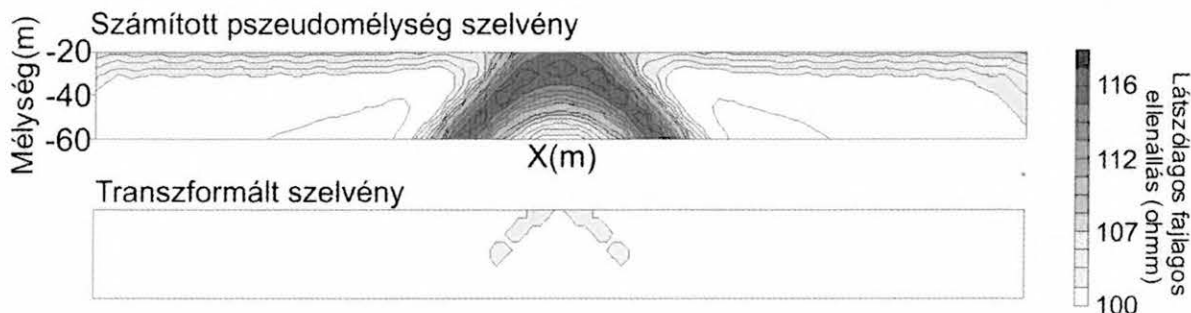
$d$  — az átmenet szélessége.

A szűrőparamétereket a lehetséges legkisebb lefutás ( $d=1$ ) mellett változtattam. A szűrt kép és a modell képe közti eltéréseket (4) szerint számítottam.

$$D = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left( \frac{q_k^m - q_k^s}{q_k^m} \right)^2}, \quad (4)$$

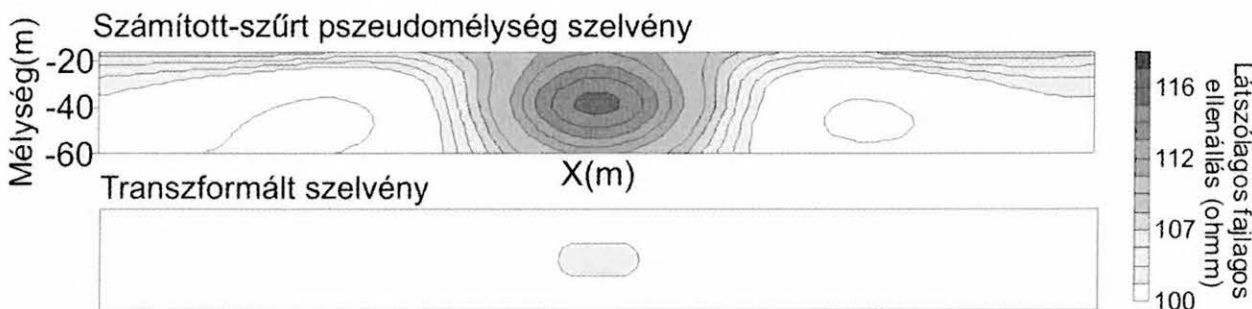
ahol

$q_k^m, q_k^s$  — a modell és a szűrt-osztályozott kép megfelelő képpontjainak világosságkódjai.



3. ábra. Hisztogram transzformáció eredménye a számított szelvényre

Fig. 3. Histogram transformation's result for the calculated profile



4. ábra. Hisztogram transzformáció eredménye a számított és spektrum-szűrt szelvényre

Fig. 4. Histogram transformation's result for calculated and spectrally filtered section

### Eredmények

A megvizsgált modellek mindegyike jellegében hasonló eredményt adott. A dipólméret kétszeresének megfelelő hullámhossz felett vágott képek adták a legjobb egyezést a modellel. Az optimális vágási sáv szélesség ebben a frekvenciatartományban modellről modellre változott, tehát a jelen vizsgálatok alapján nem lehetett megnyugtatóan meghatározni. Az azonban elmondható, hogy optimális alsó vágási frekvencia —  $H_a < F_{opt}$ , 5. ábra — mellett  $H_f$ -nek minél nagyobb értéke adott egységesen jó eredményt minden modell típus esetén:

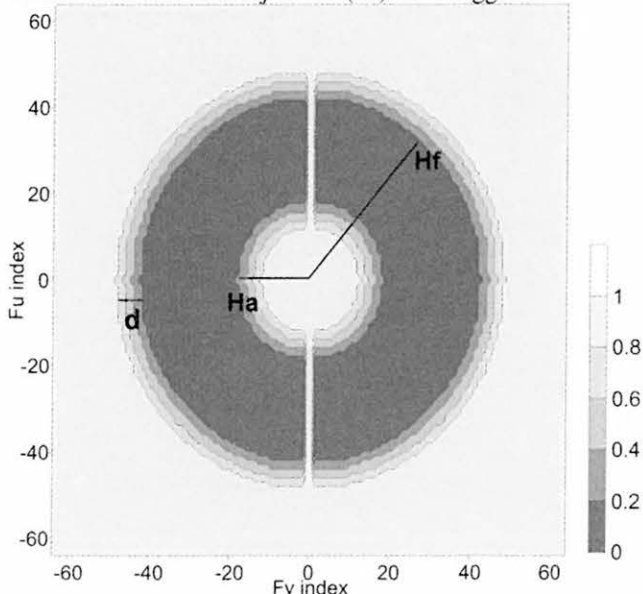
$$F_{opt} = \frac{1}{2 \cdot AB} \quad (5a)$$

$$H_a \leq F_{opt} \leq H_f \quad (5b)$$

$$H_a \ll H_f \quad (5c)$$

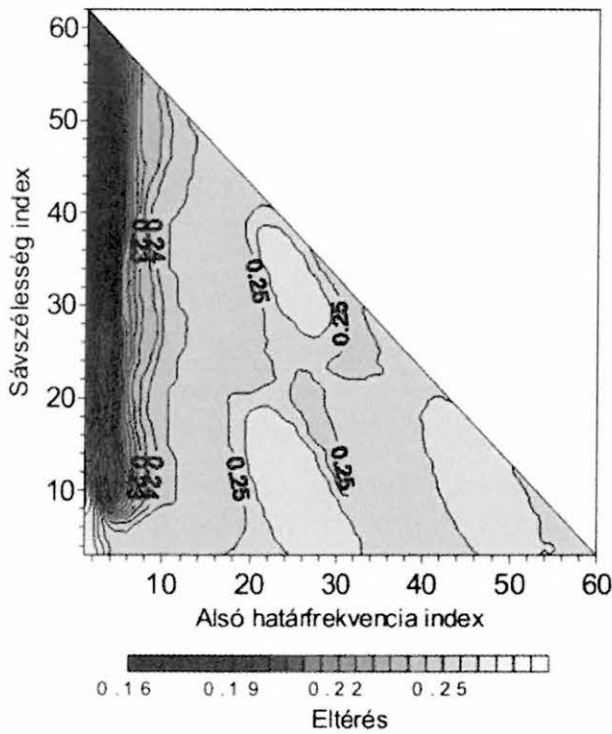
A 6. ábrához a szűrt szelvényeket az 1. ábrán bemutatott modell 20 m-es dipóltávolsággal 5 mélység szintre számított ellenállás szelvényekből állítottuk elő. A szelvényt 3,6 m-es mintavételi közzel 128x13 méretű tömbbé alakítottuk. Az  $F_{opt}$  a 11 indexfrekvencia körül van. A legkisebb eltéréseket

mutató sötét területre teljesül az (5b) összefüggés.



5. ábra. A sávszűrő alakja

Fig 5. Shape of the band-cut filter



6. ábra. Szűrt szelvény és a modell képe közti eltérések a szűrőparaméterek függvényében

Fig 6. Differences between the filtered section and the model's image as a function of filter parameters

### Összefoglalás

Az elvégzett vizsgálatok alapján elmondható, hogy szűrési eljárással — a megfelelően mintavételezett, jól tervezett mérési paraméterekkel kutatott — üregerő hatók felett mért pszeudómélység szelvények képe hatékonyan

javítható. A (3) szerinti sávvágó szűrő optimális paramétere az alul-áteresztő szűrőhöz közelítenek. Az alsó határfrekvencia — vágási frekvencia — a kétszeres dipóltávolságnak megfelelő hullámhosszúságú vágásoknál van. A hisztogram transzformáció lehetővé teszi a szűrt kép és a modell képe közti egzakt összehasonlítást. Az eltérések szűrőparaméterek függvényében történő megjelenítése kijelölte azokat a beállításokat, melyeknél a szűrés eredményesen emeli ki a földtani információt.

### HIVATKOZÁSOK

- ÁLLÓ G., FÖGLEIN J., HEGEDŰS Cs., SZABÓ J. 1985: Bevezetés a számítógépes képfeldolgozásba. BME kézirat
- BERKE J., HEGEDŰS Cs., KELEMEN D., SZABÓ J. 1996: Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai. Tankönyv, Keszthelyi Akadémiai Alapítvány
- FERENCZY L. 1980: Felszínközeli üregek mélységének és méretének meghatározása geoelektromos dipól szelvényezéssel. Magyar Geofizika XXI, 4, 164–142
- GYULAI Á. 1989: Parameter sensitivity of underground DC measurements. Geophysical Transactions 35, 3, 209–225
- GYULAI Á. 1998: A geoelektromos üregekutatás néhány kérdése. Magyar Geofizika 39, 2, 43–50
- NYÁRI Zs. 1997: Analitikus modellezés a geoelektromos üregekutatás lehetőségeinek vizsgálatára. Magyar Geofizika 38, 3, 194–204
- PRÁCSER E. 1998: Pontforrás potenciáljának a számítása két-dimenziós modell esetén. Magyar Geofizika 39, 4, 126–132
- SZALAI S., SZARKA L. 2000: An approximate analytical approach to compute geoelectric dipole-dipole responses due to a small buried cube. Geophysical Prospecting 48, 871–885
- TÓTH Z. 2000: Dipól-dipól pszeudómélység szelvények spektrális vizsgálata. Magyar Geofizika 40, 2, 90–99
- YOUNG T. Y., FU K. S. 1986: Handbook of pattern recognition and image processing. Academic Press Inc., London