

MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Doktori értekezés tézisei

**A FOURIER TRANSZFORMÁCIÓ MINT INVERZ
FELADAT**

**Írta:
VASS PÉTER**

**Tudományos vezető:
DR. DOBRÓKA MIHÁLY**
egyetemi tanár,
a műszaki tudomány doktora

**Miskolci Egyetem
Geofizikai Tanszék
Miskolc
2010.**

I. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A geofizikai mérési adatokban foglalt információ kiolvasása rendszerint hosszú műveletsor végén válik lehetővé. E folyamatban az adatfeldolgozás jelenti a kezdetet, amelynek eszköztárában kiemelten fontos szerepet játszik a Fourier transzformáció. Időben (vagy térben) változó jelenségek vizsgálatára a műszaki- és természettudományok területén igen hasznos eszköznél bizonyult a Fourier analízis, melynek segítségével az időtartományban mért jel frekvenciatartománybeli (spektrális) jellemzése végezhető. A spektrum előállítására egzakt matematikai formulákon ill. azok bázisán különböző feladatokra kidolgozott algoritmusokon alapul, így széles körben alkalmazott eszköz a diszkrét idősorok Fourier analízisében a DFT (diszkrét Fourier transzformáció) ill. annak számítógépi környezetre specializált változata, az FFT. A Fourier transzformáció inverze fontos szerepet játszik az adatfeldolgozásban. A Fourier transzformálton az inverz transzformációt végrehajtva a bemeneti jelet kapjuk vissza (egzakt algoritmusokkal egzaktul).

A mérési adatok mindig zajjal terheltek, így a feldolgozás, ill. értelmezés módszereit abból a szempontból is vizsgálnunk kell, milyen mértékben zajérzékenyek. A Fourier transzformáció lineáris leképezés, diszkrét variánsaiban (DFT, FFT) pedig a spektrumot (általában) inhomogén lineáris algebrai egyenletrendszer megoldásaként állíthatjuk elő. Érthető tehát, hogy az időtartományban jelentkező zajt a lineáris transzformációval leképezzük a frekvencia tartományba, emiatt a Fourier transzformáció zajérzékeny eljárás. Egy hasonlattal élve: a Fourier analízis jelen gyakorlata annak a nem létező DC geoelektromos kutatási felfogásnak felel meg, amelyben pl. egy háromréteges földtani szerkezetet kutatva az öt ismeretlen modellparaméter meghatározására öt adatot mérnének meg, ezek alapján oldanánk meg az inverz feladatot. Ez a feladat ekkor egyértelmű –öt adat öt ismeretlen- egyenletrendszert jelent. (A modellparaméterek előállítása felel meg a Fourier transzformációnak.) A megoldás ismeretében a direkt feladat megoldásaként, az öt (zajjal terhelt) mérési adat állna elő (ez felel meg az inverz Fourier transzformációnak). A DC geoelektromos (és általában a geofizikai inverzió) gyakorlata ezen túllép.

A mérési adatokban hordozott véletlen zaj ellen hatásosan védekezhetünk a mérési adatok számának növelésével. A geofizikai inverzió számos hatékony eljárást kínál az ún. túlhatározott inverz feladat megoldására úgy, hogy akár kiugróan zajos adatrendszerek is si-

kerrel feldolgozhatók. Adódik a gondolat, hogy a Fourier transzformációra az inverzió eszköztárára támaszkodva keressünk megoldást, ezáltal csökkentve annak zajérzékenységét. A jelen PhD doktori értekezésben dolgozatban erre kidolgozott eljárásokat mutatunk be.

A bemutatandó eljárásokat egy a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén évtizedek óta követett kutatási irányhoz igazodva, a kutatások eredményeire támaszkodva dolgoztam ki. A kutatási irány lényege, hogy a kutatandó modell (pl. földtani szerkezet) valamilyen folytonos változótól (pl. hely, frekvencia, lecsengési idő stb.) függő modellparaméterét alkalmasan választott bázisfüggvények szerinti sorfejtés formájában diszkretizáljuk és a sorfejtési együtthatókra fogalmazzunk meg (rendszerint) túlhatározott inverz feladatot. Ezt az eljárást hullámvezető szerkezetek diszperziós jellemzőinek inverziójában Dobróka (1997) dolgozta ki. Laterálisan változó földtani szerkezeteken mért adatok együttes inverziójára Gyulai és Ormos (1999) dolgozott ki 1.5D inverziós eljárást, amelyben az 1D előremodellezésre alapozott inverzió a szinusz és koszinusz függvényeket bázisfüggvényként használó sorfejtés együtthatóra nyert megfogalmazást. (Gyulai, Á., Ormos, T. 1999a: A new procedure for the interpretation of VES data: 1.5-D simultaneous inversion method. *Journal of Applied Geophysics* 41, pp. 1-17.) Ennek általánosításával - a sorfejtés lokális alkalmazása helyére integrál-közeget állítva- épített fel inverziós eljárást PhD doktori értekezésében Kis M. (1997) melynek eredményeit a *J. of Applied Geophysics*-ben is publikálta (Kis, 2000). A mélységpontonkénti inverziós eljárás hiányosságaiból eredő problémák megoldására Szabó N. PhD értekezésében egy új inverziós értelmezési eljárást vezetett be, az ún. intervallum inverziós módszert. Ennek keretében egy nagyobb mélységintervallum adatrendszerét egyetlen inverziós eljárásba integrálva, nagymértékben túlhatározott inverz problémát definiált, amelynek ismeretlenjei az intervallumon folytonos függvényekként értelmezett petrofizikai jellemzők Legendre függvények (ill. intervallumon konstans függvények) szerinti sorfejtésének együtthatói voltak. Az indukált polarizációs adatok feldolgozására Turai (19..) vezette be az ún. TAU transzformáció fogalmát. A TAU-transzformált meghatározására egzakt matematikai megoldást Dobróka, Turai és Vass (2007) (Turai, E., Dobróka, M., Vass, P.: On the New IP Method for the Solution of Near Surface Environmental Problems Using TAU-Transformation with Global Inverse Algorithm. *Near Surface 2006, 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 4-6 September 2006, Helsinki, Extended Abstract, A019, (ISBN 90-73781-62-0)*

adott, amikor is a sorfejtéses inverziós eljárás család keretében az IP. spektrumot a tau lecsengési időtől való függésében sorfejtéssel diszkrétizálta és a sorfejtési együtthatókra fogalmazott meg túlhatározott inverz feladatot. Eötvös inga mérések eredményei, függővonal-elhajlás értékek és digitális terepmodell adatok együttes felhasználásával Dobróka és Völgyesi (2009) a gravitációs potenciáltér rekonstrukciójára vezettek be inverziós eljárást, amelyet a Legendre-függvényekkel diszkrétizált potenciál sorfejtési együtthatóira fogalmaztak meg. (Dobróka, M., Völgyesi, L. 2008. Inversion Reconstruction of Gravity Potential based on Gravity Gradients. *Mathematical Geoscience*, Vol.40, pp.299-311). Legutóbb Gyulai, Ormos és Dobróka a 1.5D inverzió módszerét a sorfejtéses inverzió gondolatkeretében általánosította 2D (és 3D) szerkezetek inverziós vizsgálatára alkalmas módon. (Gyulai, Á., Ormos, T. Dobroka, M. 2010: A quick geoelectric inversion procedure for investigating 2-D geological structures . *Journal of Applied Geophysics*, közlés alatt)

II. AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A Fourier-transzformáció rövid bemutatása után vizsgáltam a Diszkrét Fourier Transzformáció (DFT) zajérzékenységét. Ezután háromféle bázisfüggvény rendszerre alapozott diszkrétizálással INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓS (I-FT) eljárásokat definiáltam. Az Hermit függvények, az intervallumonként konstans függvények és a Dirac-féle delta függvények, mint bázisfüggvények gyökeresen eltérő INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓS eljárásokat eredményeztek. Az újonnan bevezetett módszerek algoritmusai alapján MATLAB rendszerben működő INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓS programokat készítettem. Ezek alkalmazásával numerikus összehasonlító vizsgálatokat végeztem a hagyományos DFT és az új INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓS eljárások között. Az inverziós algoritmusokat Gauss eloszlást ill. Cauchy eloszlást követő zajjal terhelt szintetikus adatokon teszteltem. A vizsgálatokkal az inverziós eljárások pontosságára, megbízhatóságára, stabilitására kerestem választ, és bemutattam az új inverziós módszerekkel történő paraméter-meghatározás előnyeit a hagyományos módszerekkel szemben. Fontos határesetként bemutattam, hogy a Dirac-féle delta függvényekkel, mint bázisfüggvényekkel megvalósított INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓS eljárás – az új inverziós felfogásból – visszavezet a hagyományos DFT világába.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. tézis

Az időtartománybeli zajok frekvenciatartománybeli hatásának csökkentése érdekében a folytonos Fourier-transzformációt túlhatározott lineáris inverz feladat megoldására vezettem vissza. Az ilyen módon kialakított INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ (I-FT) a folytonos Fourier-transzformáció végrehajtásának egy sajátos szemléletmódja, amely a folytonos frekvenciaspektrum véges hosszúságú sorfejtéssel megvalósított diszkretizálásán alapul. A sorfejtési együtthatók, mint ismeretlen paraméterek vesznek részt az inverz feladat kialakításában. Az inverz feladat megoldásával kapott sorfejtési együtthatókat a diszkretizálás során felvett függvénysorba helyettesítve állítható elő a becsült frekvenciaspektrum. A sorfejtési együtthatókat a direkt feladat összefüggésében felhasználva számítható a becsült spektrum időtartománybeli reprezentációja.

Az inverz feladat megoldására alkalmazott eljárások kiválasztásával az INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ két alapvető csoportját vezettem be.

1.a) A csoporthoz tartozó módszerek legfontosabb jellemzője az, hogy a spektrum előállításához szükséges sorfejtési együtthatók optimális értékeit a mért és számított adatok eltérésvektorára L_2 normája minimalizálása útján szolgáltatják. Ezt a Gauss által bevezetett elvet követve alakítottam ki legkisebb négyzetek elve (LSQ) szerinti megoldási módszeren alapuló INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ LSQ-FT csoportját.

1.b) Kialakítottam az INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ iteratív újrásúlyozás módszere szerinti IRLS-FT csoportját. Ennél a csoportnál a sorfejtési együtthatók optimális értékeit az eltérésvektor súlyozott normájának minimalizálása biztosítja. A Cauchy súlyozás alkalmazása mellett előálló nemlineáris egyenletrendszer megoldása az iteratív újrásúlyozás módszerével történik.

2. tézis

A frekvenciaspektrum Hermit függvényrendszeren alapuló, függvénysoros diszkretizálását alkalmazva bevezettem az LSQ-FT csoportba tartozó H-LSQ-FT módszert. A módszer

algoritmusát számítógépi program formájában implementáltam, és felhasználásával numerikus vizsgálatokat végeztem el.

2.a) A H-LSQ-FT módszer véges energiájú, determinisztikus, zajmentes jel esetében bizonyította működőképességét és megfelelő beállítások mellett nagyon kedvező spektrum, ill. időfüggvény becsléseket szolgáltatott.

2.b) A H-LSQ-FT módszer Gauss eloszlású zajjal terhelt, véges energiájú jel esetében a hagyományos DFT-vel összehasonlítva nagyon jó zajcsökkentő képességet mutatott. A spektrális zaj mértékének meghatározására bevezetett spektrumtávolság tekintetében megközelítőleg háromszoros, az időtartománybeli zajt jellemző (zajmentes jelhez viszonyított) adattávolság vonatkozásában pedig több mint négyszeres javulást eredményezett a H-LSQ-FT módszer.

3. tézis

Az Hermit függvénytörzses spektrum diszkretizálás alkalmazásával bevezettem az IRLS-FT csoportba tartozó H-IRLS-FT módszert. A módszer algoritmusát alapján számítógépi programot fejlesztettem ki, és numerikus vizsgálatokat végeztem a segítségével.

A H-IRLS-FT módszer Gauss zajos, kiugró hibákkal terhelt és Cauchy zajos jelek esetében egyaránt bizonyította kiváló zajcsökkentő képességét, mind a becsült spektrumok mind a belőlük számított időfüggvények vonatkozásában. A kiugró hibákkal terhelt és a Cauchy zajos jeleknél a hagyományos DFT-hez képest egy nagyságrendnyi javulást mutattam ki az időtartománybeli és a frekvenciatartománybeli zajviszonyok tekintetében.

4. tézis

Megvizsgáltam az Hermit függvénytörzses diszkretizációs paramétereinek (skalázó tényező, függvénytörzs hosszúság) hatását a becsült spektrumok és a belőlük számított időfüggvények jószágára vonatkozóan. Megállapítottam, hogy a kedvező eredményekhez vezető skalázó tényező és függvénytörzs hosszúság kombinációkat lehatároló tartományok nagyobb részt a jel zajmentes részének tulajdonságaitól függenek, és kiterjedésüknek köszönhetően nem jelentenek szigorú korlátot a módszerek alkalmazhatósága tekintetében.

Az elvégzett vizsgálatok alapján megismertem, és be is mutattam az Hermit függvényesoros diszkretizációnak köszönhető zajcsökkentő hatás mögött álló működési mechanizmust. Mindezek fényében megállapítottam, hogy a Gauss zajjal terhelt jel esetében a bemeneti adatsor jellemzőinek figyelembe vétele alapján lehetőség van a H-LSQ-FT kedvező eredményekhez vezető beállításainak meghatározására.

Statisztikai vizsgálatokkal szolgáltatottam további bizonyítékokat a H-LSQ-FT és a H-IRLS-FT módszerek hatékony zajcsökkentő képességére vonatkozóan.

5. tézis

A frekvenciaspektrum diszkretizációjára intervallumonként konstans függvényeket alkalmazva kialakítottam az INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ koncepciójának megfelelő további két módszert.

5.a) A legkisebb négyzetek elvének és az intervallumonként konstans spektrum diszkretizációnak a kombinálásával bevezettem a C-LSQ-FT módszert. A C-LSQ-FT módszer véges energiájú, determinisztikus jel esetében bizonyította működőképességét és Gauss-zajjal terhelt bemenő adatrendszer esetében kedvező spektrum, ill. időfüggvény becsléseket szolgáltatott.

5.b) Bevezettem az IRLS-FT csoportba tartozó intervallumonként konstans függvényes spektrum diszkretizációt alkalmazó C-IRLS-FT módszert. Ennek vizsgálata során megállapítottam, hogy a mintavételi törvényből adódó intervallumhossz és megfelelően megválasztott intervallumszám választása mellett, a módszer – a hagyományos DFT-vel összehasonlítva – a frekvenciatartományban több mint négyszeres, az időtartományban pedig még ennél is jelentősebb zajcsökkenést képes biztosítani kiugró hibákkal terhelt és Cauchy- eloszlást követő zajjal terhelt jelek esetében.

6. tézis

A diszkrét és a folytonos Fourier-transzformációk közötti kapcsolatot megteremtő - a Dirac-delta sorozatot a frekvenciaspektrum diszkretizálására a sorfejtés bázisfüggvényeiként felhasználó- eljárás-ként, az INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ koncepciójának megfelelő további két módszert vezettem be:

6.a) A legkisebb négyzetek elve szerinti inverziós feladatmegoldó technikát ötvözve a spektrum Dirac-delta függvények szerinti diszkretizációjával kialakítottam a D-LSQ-FT módszert. Megállapítottam, hogy az ismert adatok és az ismeretlen paraméterek számának egyezésekor bekövetkező határesetben, a D-LSQ-FT algoritmus átmegy a hagyományos DFT algoritmus egyenletrendszer megoldással működő változatába. Ennek érvényességét a matematikai összefüggések hasonlósága és a numerikus vizsgálatok eredményei is alátámasztották. A felismerés jelentősége abban áll, hogy átmenetet létesít az értekezésben bemutatott új - függvényes diszkretizációra épülő - inverziós Fourier transzformáció koncepciója és a DFT, mint hagyományos spektrumszámítási módszer között.

6.b) Az iteratív újrásúlyozás elve szerinti inverziós feladatmegoldó technikát kombinálva a spektrum Dirac-delta sorozatos diszkretizációjával, kifejlesztettem a D-LSQ-FT és a D-IRLS-FT módszert. A D-LSQ-FT módszer véges energiájú, determinisztikus jel esetében bizonyította működőképességét, és Gauss-zajjal terhelt bemenő adatrendszer esetében DFT-hez közeli spektrum, ill. időfüggvény becsléseket szolgáltatott. A numerikus vizsgálatok eredményei egyértelműen bizonyítják, hogy a kiugró hibákkal terhelt, valamint a Cauchy zajos jelek esetében a D-IRLS-FT a hagyományos DFT-hez és a C-IRLS-FT-hez viszonyítva is jobb spektrális és időtartománybeli zajcsökkentő hatást mutat.

AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA

Az értekezésben bemutatott eljárások az INVERZIÓS FOURIER-TRANSZFORMÁCIÓ új módszerei, amelyek a Fourier-transzformáció új koncepcióját tükrözik. Ebben az értelemben a dolgozat eredményei elméleti eredményeknek tekintendők. Gyakorlati hasznosulásuk minden olyan műszaki-természettudományos területen is várható, amelyeken zajjal terhelt adatokból a Fourier-transzformáció közbeiktatásával kell információt kivonni. Tekintettel az értekezés terjedelmi korlátjaira alkalmazásokkal nem foglalkoztunk. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a kifejlesztett eljárások gyakorlati alkalmazását nem tartanánk fontosnak, későbbi munkásságunkban tervezünk ilyen irányú kutatásokat.

IV. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉVEL, VALAMINT AZ INVERZIÓ MÁΣ TERÜLETEI- VEL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓK ÉS ELŐADÁSOK JEGYZÉKE

PUBLIKÁCIÓK

1. P. Vass, M. Dobroka 2010: Sorfejtéses Inverzió - Fourier transzformáció, mint inverz feladat, Magyar Geofizika, 50. évf. 4. szám
2. Dobróka M, Szabó P N, Cardarelli E, Vass P 2009: 2D inversion of borehole logging data for simultaneous determination of rock interfaces and petrophysical parameters, Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, Volume 44, Number 4, December 2009, Akadémiai Kiadó, Budapest (ISSN 1217-8977)
3. P. Vass, M. Dobroka 2009: Robust Fourier Transform Algorithm Using Inversion Tools. 15th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 7-9 September, Dublin, Ireland
4. N.P. Szabo, M. Dobroka, P. Vass 2009: The Determination of Textural Parameters Using Interval Inversion of Borehole Geophysical Data. 15th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 7 - 9 September, Dublin, Ireland.
5. Turai E. Dobróka M. Vass P. 2008: TAU-transform of Time-Domain IP data measured over a slag ash site, IV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Konferencia Kiadvány I. kötet, 269. old. Debrecen, (ISBN 978-963-06-4625-3)
6. P. VASS 2007 Determining the Frequency Spectrum of Noisy Data Sets by Geophysical Inversion Method. 6th International Conference of PhD Students, Engineering Sciences, Konferencia Kiadvány, pp. 167-172, Miskolc, ISBN 978-963-661-783-7 Ö, ISBN 978-963-661-779-0
7. Dobróka M., Vass P. 2007: On the Robustification of the Fourier Transform (in „Intellectual Service for Oil & Gas Industry – Analysis, Solutions, Perspectives”, Editors: Patko Gy. and Shammazov A. M. (ISBN 978-963-661-761-5), pp. 13-17.
8. E. Turai, N. Szabó, P. Vass 2007: Analysis of Electromagnetic Parameters for the Application in Environmental Protection. III. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Konferencia Kiadvány, 96.-100. old. Kolozsvár, ISSN 1842-9815
9. Turai, E., Dobróka, M., Vass, P. 2006: Solution of Near Surface Environmental Problems Using TAU-Transformation of IP Data. Near Surface 2006, 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics Helsinki, Extended Abstract, A019, (ISBN 90-73781-62-0)
10. Dobróka, M., Vass, P.: Fourier transform as an Inverse Problem. Near Surface 2006, 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 4-6 September 2006, Helsinki, Extended Abstract, P069, (ISBN 90-73781-62-0)
11. VASS P. 2006: Zajos adatsorok spektrumának meghatározása inverziós módszerek segítségével. Földtani Kutatás internetes szakmai folyóirat 2006. II. szám,

12. Turai, E., Dobróka, M., Vass, P. 2006: Method Development for Waste Site Characterization Using TAU-Transformation of IP Curves. 68th EAGE Conference & Exhibition, 12-15 June 2006, Vienna, Conference CD, Extended Abstract, H007, (ISBN 90-73781-00-0)
13. E. Turai, M. Dobróka, P. Vass (2006): Newer Results in the Waste Sites Characterization Using Tau-transform of IP Data. microCAD 2006 International Scientific Conference, Section B: Geoinformatics-Spatial Informatics, Konferencia Kiadvány, pp. 57-62, Miskolc, 2006. március 16.-17. ISBN 963 661 700 7 Ö, ISBN 963 661 702 3
14. P. VASS., M. DOBRÓKA 2006: New Method for the Determination of Fourier Transform of Noisy Data Set. microCAD 2006 International Scientific Conference, Section B: Geoinformatics-Spatial Informatics, Konferencia Kiadvány, pp. 63-68, Miskolc, 2006. március 16.-17. ISBN 963 661 700 7 Ö, ISBN 963 661 702 3

HAZAI KONFERENCIA ELŐADÁSOK

1. Vass P., Herczeg Á., Kamrás Á.: Spektrumszámítás sorfejtéses inverzióval, Inverziós Ankét, Miskolc 2008 április 28-29
2. Vass P.: Determining the Frequency Spectrum of Noisy Data Sets by Geophysical Inversion Method. 6th International Conference of PhD Students, Miskolc, 2007. augusztus 12.-17.
3. Vass P.: A Fourier-transzformáció, mint robusztus inverz feladat. Előadói nap az EAGE csoport és az ELGI rendezésében, 2006. november 16.
4. Vass P.: Inverziós módszerek alkalmazása a frekvenciaspektrum előállítására. Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, 2006. november 9.
5. Vass P.: Zajos adatsorok frekvenciaspektrumának meghatározása inverziós módszerek segítségével. Geofizikai-Földtani-Környezetvédelmi Vándorgyűlés és Kiállítás, Zalakaros, 2006. szeptember 22.-23.
6. Vass P.: Zajos adatsorok frekvenciaspektrumának meghatározása inverziós módszerek segítségével. XXXVII. Ifjú Szakemberek Ankétja, Balatonkenese, 2006. március 31.-április 1.
7. Vass P., Dobróka M.: A Fourier-transzformált inverziós előállítása. Inverziós Ankét 2006, Miskolc, 2006. március 20-21.
8. Vass P., Dobróka M.: New Method for the Determination of Fourier Transform of Noisy Data Set. microCAD 2006 Nemzetközi Tudományos Konferencia, Miskolc, 2006. március 16-17.

9. Fourier-transzformáció, mint inverz probléma. Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, 2005. november 9.

NEMZETKÖZI KONFERENCIA ELŐADÁSOK

1. P. VASS, M. DOBRÓKA: Robust Fourier Transform Algorithm Using Inversion Tools. Near Surface 2009, 15th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 2009 Dublin, Ireland
2. N.P. Szabo, M. Dobroka, P. Vass 2009: The Determination of Textural Parameters Using Interval Inversion of Borehole Geophysical Data. 15th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 7 - 9 September, Dublin, Ireland.