

MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**MÉRNÖKGEOFIZIKAI SZONDÁZÁSI ADATOK
KIÉRTÉKELÉSE ÚJ STATISZTIKAI
ELJÁRÁSOKKAL**

Írta:

BALOGH GERGELY PÁL

Tudományos vezető:

DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

egyetemi docens,

PhD földtudományok

Miskolci Egyetem

Geofizikai Tanszék

Miskolc

2018.

I. TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A felszínközeli földtani szerkezetek vizsgálatában nagy jelentősége van a sekély mélységű fúrásokban végzett in-situ méréseknek, melyek a felszíni geofizikai módszerekkel kiegészülve alapvető kőzetfizikai információt szolgáltatnak a mérnök-, környezet- és hidrokeofizikai feladatok megoldása számára. A régebben gátak állékonyságának felmérésére használt, geomechanikai paramétereket vizsgáló CPT (Cone Penetration Test) módszer, ma már széles körben felhasználható a felszínközeli üledékek (agyag, iszap, homok, kavics és más laza üledékes képződmények) kutatására, valamint környezeti kockázatbecslésre, rekultivációs programok tervezésére, gátak állapotának felmérésére, a vízbázis védelmére, a hulladéklerakók jellemzésére, a talajvízszennyezés feltérképezésre, bányászati kárbecslésre és szénhidrogén-szennyezés kimutatására. Ezáltal jó néhány mérnöki tudomány és iparág alkalmazza a CPT eljárást, melyről Lunne és szerzőtársai (1997) részletes áttekintést nyújtanak. Az 1990-es évek elején az egykori Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben (ELGI) a penetrációs fúrással harántolt rétegek kőzetfizikai jellemzése céljából kibővítették a CPT technológiát. A mérnökgeofizikai szondázás (MGSZ) speciális érzékelők alkalmazásával már nemcsak a csúcscellenállás és a palástsúrlódás mérésére használható, hanem a mélyfúrási geofizikai módszerekhez hasonlóan számos fizikai paramétert is képes megmérni, mint például a fajlagos ellenállást, a természetes gamma-intenzitást, a neutronporozitást és a közetsűrűséget (Fejes és Jósa 1990). A jelenlegi gyakorlatban az MGSZ adatok feldolgozására a mélyfúrási geofizika területén alkalmazott determinisztikus, vagy inverziós technikákat alkalmazzák. Azonban a determinisztikus módszerek hatékonysága korlátozott, mivel a kőzetfizikai mennyiségeket általában egymástól függetlenül, paraméterenként egyféle mérésből származtatják. Hasonló korlátokkal találkozunk a talaj modellparaméterei becslésének pontosságára és megbízhatóságára vonatkozóan, ha a mélységpontokénti inverzió eljárást alkalmazzuk, melynél a mért szondaadatok száma egy adott mélységpontban alig haladja meg a releváns ismeretlenek számát, így kismértékben túlhatározott inverz feladatot kell megoldanunk. A Drahos (2005) által javasolt súlyozott legkisebb négyzetek módszerén alapuló pontokénti inverzióval mindenegybes mélységpontban külön inverziós eljárással határozhatók meg a kőzetfizikai paraméterek értékei.

A doktori kutatásaim célja volt, hogy a mérnökgeofizikai szondázási adatok kiértékelésének hatékonyságát növeljem. A kiértékelés eredményeinek minősége a szondaadatok együttes feldolgozásával javítható, melyre több lehetőség is kínálkozik.

Egyik alternatívaként a felszínközeli üledékek víztelítettség becslésére alkalmas, Szabó és szerzőtársai (2012) által bevezetett többváltozós statisztikai módszer, a faktoranalízis mutatkozik. A többváltozós statisztikai módszereket (faktoranalízis, főkomponens- és klaszteranalízis) gyakran használják a geofizikai adatfeldolgozásban, de különösen alkalmas a fúrólyuk geofizika területén a szelvényadatok egyidejű elemzésére. Puskarczyk és szerzőtársai (2015), illetve Niculescu és szerzőtársai (2016) a mélyfúrási geofizikai adatrendszeren alkalmazott főkomponens-analízis segítségével el tudták különíteni egymástól a gáztározók egyes vékony rétegeit. A faktoranalízis ugyanazt a jelenséget kevesebb korrelálatlan változóval írja le, miközben közvetlenül nem megfigyelhető információkat tár fel a statisztikai mintából (Lawley és Maxwell, 1962). Az új statisztikai változókat faktoroknak nevezzük, melyek fúrólyukbeli alkalmazása során a kőzetek fizikai

tulajdonságairól hordozhatnak információt. A faktoranalízis mérnökgeofizikai adatokon történő alkalmazása során megbecsülhető a felszínközeli üledékek víztelítettsége (Szabó és szerzőtársai, 2012), de a faktorok a száraz sűrűségről is hordozhatnak információt (Szabó, 2012).

Másik lehetőségként a mérnökszondázási adatok hatékonyabb értelmezésére a mélyfúrési geofizikai inverziós adatfeldolgozás során jól bevált, Dobróka (1995), Szabó (2004), Dobróka és Szabó (2005), valamint Dobróka és szerzőtársai (2009) által bevezetett új inverziós eljárás, az intervalluminverzió kínálkozik, melynek mérnökgeofizikai adatokra alkalmazott adaptációját valósítottam meg. Az intervalluminverziós módszer keretén belül egy nagyobb mélységintervallum adatrendszerét egy közös inverziós eljárásban dolgozzuk fel, és becsüljük meg a közetfizikai paraméterek vertikális eloszlását. A modellparaméterek mélységfüggvényeinek sorfejtéses diszkretizációja alkalmazásával, jelentősen növelhető az inverz feladat túlhatározottsága a hagyományos mélységpontenkénti inverzióhoz képest, ezáltal lényegesen pontosabb megoldáshoz jutunk (Dobróka és Szabó 2012).

A fenti módszerek előnyös tulajdonságait kihasználva végeztem el a következő fejezetben szereplő módszerfejlesztéseket és a mérnökgeofizikai szondázási adatokon való vizsgálatokat és jutottam általuk új tudományos eredményekhez.

II. ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A szakirodalom áttekintése után MGSZ adatok kiértékelésére alkalmas statisztikai és inverziós módszerfejlesztést végeztem, mely eljárások hatékonyságát doktori értekezésemben a Bátaapáti kutatási terület konszolidálatlan, levegővel és vízzel telített képződményének felső 20–25 méteres szakaszán gyűjtött mérnökszondázási adatokon vizsgáltam. Elsőként a faktoranalízist adaptáltam és fejlesztettem tovább MGSZ adatok feldolgozására és a közetfizikai modell pontosabb és megbízhatóbb meghatározására, melynek alapját a Szabó és Dobróka (2017) által a mélyfúrési geofizikai adatok kiértékelésére fejlesztett, a Cauchy-súlyokat alkalmazó iteratív újrásúlyozott faktoranalízis képezi. Az MGSZ mérések alapvetően zajosabbak a karotázs méréseknél, többnyire nem Gauss-eloszlást követő és kiugró adatokat tartalmazó adatrendszert szolgáltatnak, ezért mérnökgeofizikai szondázási adok statisztikai kiértékelési eljárásait robusztifikáltam, a becslés minőségének és megbízhatóságának javítása érdekében. Az általam javasolt, a Steiner (1991) leggyakoribb érték módszerét és a fenti iteratív újrásúlyozott faktoranalízist kombináló eljárás az állandó értéknek rögzített skálaparaméterű Cauchy súlyfüggvény helyett az aktuális adatrendszerhez automatikusan számítja súlyokat, a mért és számított adatok különbségének függvényében. Az új, robusztifikált módszerrel mérnökgeofizikai adatokból factorszelvényeket számítottam, melynek eredményét összehasonlítottam a klasszikus faktoranalízis eredményével. Terepi mérnökgeofizikai szondázási adatok feldolgozásával igazoltam a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát, valamint annak hatékony zajelnyomó képességét és a kiugró adatokkal szembeni rezisztenciáját. Másrészt megmutattam, hogy a fenti Steiner-súlyokat alkalmazó iteratív faktoranalízis eljárás alkalmas a felszínközeli szerkezetek víztelítettségének független módszerrel történő meghatározására. Ehhez az első faktor és a mélységpontenkénti inverzióval számolt víztelítettség közötti javított (nemlineáris) regressziós

függvénykapcsolatot használtam fel. Az eljárás érvényességét több penetrációs fúrás adatrendszerre esetén is igazoltam. A továbbfejlesztett robusztus, iteratív faktoranalízis eljárást MFV-FA módszernek neveztem el.

A leggyakoribb érték elvén alapuló iteratív faktoranalízis eljárást, Szabó és szerzőtársai (2012) 2-D-s esetre kiterjesztett módszerét követve, felhasználtam a faktorok térbeli eloszlásának meghatározására. Az így előállított statisztikai eljárás, mely a szomszédos fúrások adatrendszerét egyesíti és a faktorok értékét egyetlen eljárásban számítja, az egyedi fúrásokhoz képest legalább két nagyságrenddel nagyobb méretű statisztikai mintát feldolgozva, megbízhatóbb megoldást szolgáltat. Terepi mérnökgeofizikai szondázási adatok felhasználásával igazoltam a felszínközeli szerkezetek víztelítettségének többdimenziós meghatározására alkalmas módszer gyakorlati alkalmazhatóságát, feltártam az első faktor és a víztelítettség közötti regressziós függvénykapcsolatot. A faktorok kétdimenziós eloszlásának meghatározására alkalmas leggyakoribb érték módszerén alapuló iteratív faktoranalízis eljárást 2-D MFV-FA módszernek neveztem el. Korrelációs vizsgálatokkal megállapítottam, hogy az első faktor és a fajlagos ellenállás között is erős kapcsolat áll fenn. A fenti mennyiségek közötti regressziós kapcsolatának feltárásával módosítottam a víztelítettség meghatározására alkalmas hagyományos Schlumberger-féle modellt (Schlumberger, 1989).

A mérnökgeofizikai adatok hatékonyabb értelmezése céljából adaptáltam a geofizikai inverzió témakörében a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén született korábbi, eredetileg mélyfúrási geofizikai (olajipari) adatok feldolgozására kifejlesztett inverziós eljárást (Dobróka, 1995; Szabó 2004). Az intervalluminverziós módszer alkalmazása során egy nagyobb mélységintervallum adatrendszerét közös inverziós eljárásban dolgozzuk fel és becsüljük meg a közetfizikai paraméterek vertikális eloszlását. Alkalmas közetfizikai modellt állítottam fel a felszínközeli üledékek esetére és megoldottam a direkt feladatot. Kimutattam, hogy a modellparaméterek mélységfüggvényeinek sorfejtéses diszkretizációja alkalmazásával, jelentősen növelhető az inverz feladat túlhatározottsága a hagyományos mélységpontonkénti inverzióhoz képest. Terepi mérnökgeofizikai szondázási adatok intervalluminverziójával meghatároztam az agyag, homok és a víztartalom fúróluk menti eloszlását és azok becslési hibáját a szelvényezés teljes szakaszán. Az intervalluminverziós módszerrel és az MFV-FA eljárással becsült víztelítettséget összehasonlítottam, illetve az első faktor és az intervalluminverzióval számolt víztelítettség közötti regressziós függvénykapcsolatot meghatároztam.

A kutatómunkám során a valódi (terepi) mérnökgeofizikai adatokat feldolgozó fenti vizsgálatok (MFV-FA, 2-D MFV-FA, intervalluminverziós eljárás) mindegyikéhez számítógépes algoritmus- és programfejlesztést végeztem.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. tézis

A hagyományos és az új, robusztus Steiner-féle leggyakoribb érték módszerén alapuló iteratív faktoranalízis (MFV-FA) eljárás összehasonlítása mérnökgeofizikai adatrendszerre

Az iteratívan újrásúlyozott faktoranalízis módszerét (Dobróka és szerzőtársai, 2016) mérnökgeofizikai szondázási adatokra adaptáltam, majd azt a robusztus Steiner-féle leggyakoribb érték módszerével kombinálva általánosítottam. A továbbfejlesztett súlyozott faktoranalízissel (MFV-FA) a klasszikus faktoranalízis eredménye iteratív úton javítható. A leggyakoribb érték elvét felhasználó módszerrel a mérnökgeofizikai adatokból faktorszelvényeket számítottam. Az MFV-FA módszerrel becsült faktorokat numerikusan összehasonlítottam a klasszikus faktoranalízis eredményével. A statisztikai vizsgálatokhoz számítógépes algoritmust fejlesztettem és programot írtam. Terepi mérnökgeofizikai szondázási adatok feldolgozásával igazoltam a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát, valamint annak hatékony zajelnyomó képességét és kiugró adatokkal szemben mutatott rezisztenciáját.

2. tézis

Felszínközeli szerkezetek víztelítettségének meghatározása az új, robusztus Steiner-féle leggyakoribb érték módszerén alapuló iteratív faktoranalízis (MFV-FA) eljárással

A leggyakoribb érték módszerén alapuló kombinált, iteratív faktoranalízis eljárást (MFV-FA) alkalmaztam a felszínközeli szerkezetek víztelítettségének független módszerrel történő meghatározására. Nukleáris, elektromos és mechanikai elven mért terepi mérnökszondázási szelvényekből az MFV-FA eljárással faktorszelvényeket számítottam. A víztelítettség független meghatározását mélységpontonkénti inverzióval végeztem el. Regresszióanalízissel kimutattam, hogy a robusztus MFV-FA faktoranalízissel előállított első faktor erősen korrelál az inverzióval kapott víztelítettséggel. Hazai kutatási területen több fúrásban nemlineáris regressziós kapcsolatot mutattam ki. A fenti vizsgálatokhoz számítógépes algoritmus- és programfejlesztést végeztem.

3. tézis

A faktorok és a felszínközeli szerkezetek víztelítettsége térbeli eloszlásának meghatározása az új, robusztus Steiner-féle leggyakoribb érték módszerén alapuló iteratív faktoranalízis eljárás kétdimenziós kiterjesztésével (2-D MFV-FA)

A leggyakoribb érték módszerén alapuló iteratív faktoranalízis eljárást (MFV-FA) - Szabó és szerzőtársai (2012) kétdimenziós kiterjesztési algoritmusát követve - alkalmaztam a faktorok térbeli eloszlásának meghatározására. Az így előállított 2-D MFV-FA módszer a szomszédos fúrások adatrendszerét egyesíti és a faktorok értékét egyetlen eljárásban számítja. A módszer gyakorlati alkalmazhatóságát terepi mérnökgeofizikai szondázási adatok feldolgozásával

igazoltam és víztelítettség-szelvényt állítottam elő. A fenti vizsgálatához számítógépes algoritmus- és programfejlesztést végeztem.

4. tézis

Az első faktor és a fajlagos ellenállás szelvény kapcsolata, valamint víztelítettség meghatározás a módosított Schlumberger-moddal

Mérnökgeofizikai szondázási mérések esetén kimutattam, hogy az első faktor szoros fordított kapcsolatban áll a felszínközeli telítetlen rétegek fajlagos ellenállásával. A víztelítettség meghatározására használt, a szelvényértelmezés gyakorlatában általánosan elterjedt és elfogadott Schlumberger-féle modellt módosítottam azzal, hogy a modellegenletben szereplő fajlagos ellenállást az első faktorról fejeztem ki. A fenti módszert terepi adatokon alkalmazva megmutattam, hogy az általam módosított Schlumberger-moddal alapján becsült víztelítettség szoros egyezést mutat a független mélységpontokénti inverzió eredményeivel. A fenti vizsgálatokhoz számítógépes algoritmus- és programfejlesztést végeztem.

5. tézis

Mérnökgeofizikai szondázási adatok intervalluminverziója a felszínközeli konszolidálatlan üledékek kőzetfizikai paramétereinek meghatározására

Az intervalluminverziós módszert továbbfejlesztettem mérnökgeofizikai szondázási adatok feldolgozására. Alkalmos kőzetfizikai modellt állítottam fel és kidolgoztam a direkt feladatot. Terepi mérnökgeofizikai szondázási adatok intervalluminverziójával meghatároztam az agyag, homok és víztartalom eloszlását és azok becslési hibáját a szelvényezés teljes szakaszán. Az intervalluminverziós eljárás numerikus vizsgálatával nyomon követtem a relatív adattávolság, a modellparaméterek közötti korrelációs együtthatók és a csillapítási tényező változását az iterációs eljárás során és kimutattam, hogy a kőzetfizikai paraméterek a szondázás teljes szakaszán stabil inverziós eljárásban becsülhetők. A mérnökgeofizikai adatok intervalluminverziós vizsgálataimhoz számítógépes algoritmus- és programfejlesztést végeztem.

AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA

Az értekezésben bemutatott terepi példák és numerikus eredmények alapján megállapítható, hogy az új statisztikai és inverziós eljárások hatékonyan elősegítik a heterogén konszolidálatlan képződményeknek az eddiginél hatékonyabb kőzetfizikai modellezését és jól alkalmazhatók a mérnökgeofizikai és a környezetvédelmi problémák megoldására. Akár arra is lehetőség adódik, köszönhetően pl. a szénhidrogén szennyezés jelenlétére érzékeny indukált polarizációs (IP) és a geokémiai elemzésre alkalmas UV-fluoreszcencia eszközök MGSZ-ba való integrálásának, hogy újabb típusú szondaadatokat vonhassunk be a faktoranalízis eljárásba, mellyel újabb és megbízhatóbb információt nyerhetünk a kőzetek fizikai tulajdonságairól, illetve a szennyeződések jelenlétéről és azok minőségi és mennyiségi jellemzőiről. További lehetőség nyílna a faktorok és a kőzetfizikai

paraméterek, valamint az új szondatípusokkal mért szelvények közötti kapcsolat feltárására. A 2-D MFV-FA eljárás háromdimenziós kiterjesztésével egy adott terület felszínközeli szerkezete víztelítettségének és víztartalmának még megbízhatóbb becsléséhez juthatunk.

Mérnökgeofizikai szondázási adatok intervalluminverziójával a felszínközeli üledékek zónaparamétereit meghatározhatjuk (Szabó, 2018). Az új, leggyakoribb értéken alapuló iteratív faktoranalízis és az intervalluminverziós eljárások kombinálásával növelhető az intervalluminverziós probléma túlhatározottsága, ha konstansként rögzítjük az MFV-FA módszerrel meghatározott víztartalom szelvényt az intervalluminverziós eljárás során.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsőként szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Szabó Norbert Péter lelkiismeretes segítségét, gondos szakmai irányítását kutatásaim során, megosztva velem széles látókörű szakmai tapasztalatait, mellyel kicsit más szemszögből is ráláthattam a világra, tágítva ezzel a végzettségemből adódó fizikusi szemléletem.

Másrészt nagyon szépen köszönöm Dr. Dobróka Mihály professzor úrnak bölcs tanácsait illetve a szakmai segítséget, és azt, hogy mindig bizalommal fordulhattam hozzá.

Hálás köszönettel tartozom Dr. Drahos Dezső egyetemi docens úrnak, illetve az Elgoscár-2000 Kft. igazgatójának, Stickel János úrnak szakmai együttműködésükért.

Szeretném megköszönni Dr. Turai Endre tanszékvezető egyetemi docens úrnak és a Miskolci Egyetem Geofizika Tanszék valamennyi oktatójának illetve dolgozójának segítségét, és azt, hogy nyugodt, családi munkahelyi légkört biztosítottak a doktoranduszi éveim és doktorjelölt státuszom ideje alatt.

Egyúttal köszönetet mondok, hogy a Széchenyi 2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alapok társfinanszírozásával megvalósuló az Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet GINOP-2.3.2-15-2016-00010 jelű „Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése” projektjében részt vehettem, mely támogatása jelentősen segítette kutatásaimat.

Végül köszönöm családomnak, aki végig támogatott és erőt adott tanulmányaim és kutatásaim során.

A TÉZISFÜZETBEN SZEREPLŐ HIVATKOZÁSOK LISTÁJA

- Dobróka, M.: 1995 Együttes inverziós algoritmusok bevezetése a mélyfúrési geofizikai értelmezésbe. Zárójelentés. Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék, Miskolc.
- Dobróka M., Szabó P. N., 2005: Combined global/linear inversion of well-logging data in layer-wise homogeneous and inhomogeneous media, *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* **40**:(2) pp. 203-214.
- 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* **44** (4), 459–479.

- Dobróka M., Szabó N. P., 2012: Interval inversion of well-logging data for automatic determination of formation boundaries by using a float-encoded genetic algorithm. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. **86–87**, 144-152.
- Dobróka M., Szabó N. P., Vass P., Turai E., Kiss A., 2016.: Mélyfúrási geofizikai adatok faktoranalízise és az eredmények hasznosítása (2015–2016). Kutatási zárójelentés, Miskolci Egyetem, Geofizikai Tanszék, 248 p.
- Drahos D. 2005. Inversion of engineering geophysical penetration sounding logs measured along a profile. *Acta Geodaetica et Geophysica* **40**, 193–202.
- Fejes I. and Jósa E. 1990. The engineering geophysical sounding method. Principles, instrumentation, and computerised interpretation. In: *Geotechnical and environmental geophysics, Environmental and groundwater*, Vol. 2 (ed. S.H. Ward), pp. 321–331, SEG, ISBN 978-0-931830-99-0.
- Lawley D.N. and Maxwell A.E. 1962. Factor analysis as a statistical method. *The Statistician* **12**, 209–229.
- Lunne T., Robertson P.K. and Powell J.J.M. 1997. *Cone-penetration testing in geotechnical practice*. Taylor & Francis, ISBN 9780419237501.
- Niculescu B.M., Andrei G. and Ciuperca C. 2016. Improved formation evaluation through principal component analysis. 78th EAGE Conference & Exhibition 2016, Vienna, Austria, Expanded Abstracts, Paper Tu STZ2 15.
- Puskarczyk E., Jarzyna J. and Porebski S. 2015. Application of multivariate statistical methods for characterizing heterolithic reservoirs based on wireline logs – example from the Carpathian Foredeep Basin (Middle Miocene, SE Poland). *Geological Quarterly* **59**, 157–168.
- Schlumberger, 1989: *Log interpretation principles/applications: Seventh printing*: Schlumberger Co Steiner F. 1991. *The most frequent value: Introduction to a modern conception of statistics*. Akadémiai Kiadó, ISBN 9789630556873.
- Szabó N. P. 2004. Mélyfúrási geofizikai adatok értelmezésének modern inverziós módszerei. Doktori (PhD) értekezés, Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék.
- Szabó N.P. 2012. Dry density derived by factor analysis of engineering geophysical sounding measurements. *Acta Geodaetica et Geophysica* **47**, 161–171.
- Szabó N.P., Dobróka M. and Drahos D. 2012. Factor analysis of engineering geophysical sounding data for water saturation estimation in shallow formations. *Geophysics* **77**, (3), WA35–WA44.
- Szabó N.P. and Dobróka M. 2017. Robust estimation of reservoir shaliness by iteratively reweighted factor analysis. *Geophysics* **82**(2), D69–D83.
- Szabó N. P., 2018: A genetic meta-algorithm-assisted inversion approach: hydrogeological study for the determination of volumetric rock properties and matrix and fluid parameters in unsaturated formations. *Hydrogeology Journal*, manuscript accepted: 1 February 2018, 30 p. DOI: 10.1007/s10040-018-1749-7.

IV. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK ÉS ELŐADÁSOK JEGYZÉKE

FOLYÓIRAT CIKKEK

1. Szabó Norbert Péter, Balogh Gergely Pál, Stickel János, 2018: Most frequent value based factor analysis of direct-push logging data, *Geophysical Prospecting*, Vol. 66, No. 3, pp. 530-548, (Q1), IF=1.846, DOI: 10.1111/1365-2478.12573.
2. Balogh Gergely Pál: Interval inversion of engineering geophysical sounding logs, *Geosciences and Engineering, A Publication of University of Miskolc, Volume 5, Number 8 (2016)*, Miskolc University Press 2017, pp. 22-31, (HU ISSN 2063-6997).
3. Balogh Gergely Pál: Improved statistical analysis of geophysical logs measured in penetration holes, *Geosciences and Engineering, A Publication of the University of Miskolc, Volume 4, Number 7 (2015)*, Miskolc University Press 2016, pp. 7-19, (HU ISSN 2063-6997).
4. Balogh Gergely Pál: Mérnök-szondázási adatok kiértékelése súlyozott faktoranalízis alkalmazásával, *Magyar Geofizika*, 57. évf. (2016) 1. szám, pp. 23–34.

NEMZETKÖZI ÉS HAZAI KONFERENCIÁK KIADVÁNYAI

1. Balogh Gergely Pál: Local inversion assisted factor analysis of direct-push logs, „Doktoranduszok Fóruma” Műszaki Földtudományi Kar szekciókiadványa, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2016, pp. 11-17.
2. Szabó Norbert Péter, Balogh Gergely Pál: Most frequent value based factor analysis of engineering geophysical sounding logs, 78th EAGE Conference & Exhibition 2016, Vienna, Austria, 30 May-2 June 2016 pp 1-5, (Tu SBT4 12).
3. Balogh Gergely Pál, Szabó Norbert Péter: Penetrációs szondaadatok feldolgozása kétdimenziós súlyozott faktoranalízis alkalmazásával, *Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2016*, Konferencia kiadvány, pp. 27-34, (ISBN 978-963-7064-33-3).
4. Balogh Gergely Pál: New statistical approach for water content determination in shallow geological environment, *MultiScience - XXX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference*, Miskolc, Hungary 21-22 April 2016, pp. A_5, (ISBN 978-963-358-113-1).

NEMZETKÖZI ÉS HAZAI KONFERENCIA ELŐADÁSOK

1. Szabó Norbert Péter, Szűcs Péter, Dobróka Mihály, Balogh Gergely Pál: Új eredmények a telítetlen felszín alatti közeg hidrokeofizikai modellezésében: Új eredmények a Magyar Tudományos Akadémia által támogatott csillagászati-földtudományi kutatások köréből c. tudományos gyűlés, Budapest, MTA székház, 2018.02.14.
2. Balogh Gergely Pál: Mérnökgeofizikai szondázási adatok pontonkénti inverzióval támogatott faktor analízise, Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, Miskolci Egyetem, 2016.11.16.
3. Balogh Gergely Pál, Szabó Norbert Péter: Mérnökgeofizikai szondázási adatok robusztus faktor analízise, Inverziós Ankét, Miskolc, 2016.11.14.
4. Szabó Norbert Péter, Balogh Gergely Pál: Most frequent value based factor analysis of engineering geophysical sounding logs, 78th EAGE Conference & Exhibition 2016, Vienna, Austria, 30 May-2 June 2016 pp 1-5, (Tu SBT4 12).
5. Balogh Gergely Pál, Szabó Norbert Péter: Penetrációs szondaadatok feldolgozása kétdimenziós súlyozott faktoranalízis alkalmazásával, Műszaki Tudomány az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2016 Konferencia, Miskolc, 2016.05.25.
6. Balogh Gergely Pál: New statistical approach for water content determination in shallow geological environment, MultiScience - XXX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference, Miskolc, Hungary 21-22 April 2016.
7. Szabó Norbert Péter, Balogh Gergely Pál: Steiner-súlyok alkalmazása mérnökszondázási adatok statisztikus kiértékelésében, Magyar Geofizikusok Egyesületének 34. Vándorgyűlése, Budapest, 2015.09.24-26.