

**FÁCIÉS AZONOSÍTÁS TÖRMELEKES  
ÜLEDÉKES KÖRNYEZETBEN NEURÁLIS HÁLÓ  
ALAPÚ KLASZTEREZÉS ÉS VALÓSZÍNŰSÉGI  
ALAPÚ KITERJESZTÉS SEGÍTSÉGÉVEL**

**ESETTANULMÁNYOK DÉLKELET-MAGYARORSZÁGI ÉS ÉSZAK-  
HORVÁTORSZÁGI MEZŐKBŐL**

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**HORVÁTH JANINA**

**TÉMAVEZETŐ  
GEIGER JÁNOS  
EGYETEMI DOCENS**



**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK**



**Szeged, 2014**

## **BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS**

TRYON (1939) fogalmazta meg elsőként a klaszterelemzés alapjait és dogozta ki az adathalmaz csoportokba történő felosztásának eljárását. Mindeközben az elmúlt több mint 70 év során a klaszterelemzés igen gyorsan fejlődött és számos csoportbontó eljárás alakult ki. Mint a legtöbb többváltozós adatelemzés, a klaszterezés szintén általánosan és széleskörűen alkalmazott eljárássá vált a szedimentológiában és azon belül is a fácies elemzésben. A fácies elemzés területén már számos szakirodalom és cikk foglalkozott az elmúlt néhány évtizedben a különböző többváltozós statisztikai módszerek alkalmazásával. A munkák jelentős része szintén valamely csoportosító vagy klaszterező eljárásra támaszkodva tette lehetővé a mintatér felosztását, hogy abban valamely szempont szerint homogén litológiai egységeket definiáljanak.

A dolgozat témája szintén az üledékes fácies elemzéséhez kapcsolódik. Jelent tanulmány a klaszterező módszer alkalmazásának és a szeparált csoportok valószínűségi alapú laterális kiterjesztésének kombinálásával valósítja meg az üledékes egységek azonosítását. A disszertáció egy munkafolyamatot kíván bemutatni, amelynek fő lépései a következők: (1) neurális háló alapú klaszterező eljárás alkalmazása a mintatér felosztására; (2) a klaszterek laterális kiterjesztése indikátor krigelés segítségével (IK); (3) és a kiterjesztett csoportok geometriai értelmezése. A módszer továbbá kiegészítő statisztikai összehasonlításra, illetve variancia analízisre egyaránt támaszkodik.

Számos, széles körben elterjedt klaszterező eljárás ismert, ennek ellenére a disszertációban a mintatér felbontása egy neurális háló alapú eljárással valósult meg. Jelen esetben ez az úgynevezett Kohonen háló, amely egy felügyelet nélküli eljárás a neurális hálók széles körében. A csoportosító eljárások közül maga a klaszterezés is tanító halmazpárt nélkülözve alakítja ki a szeparált részhalmazokat a mintatér struktúrája, vagy mintázata alapján, azaz felügyelet nélküli csoportosítást hajt végre.

A felügyelet nélküli hálózat speciális problémák megoldására alkalmas, mint a közvetett adatbányászat, klaszterezés, mintázat felismerés és megjelenítés. Az alkalmazott klaszterezési eljárást, az önszervező klaszterezést (az úgynevezett 'Self-Organised Map', SOM) KOHONEN dolgozta ki (1982, 1984). Mint bármely mesterséges neurális hálózat, ez is az emberi agy egyfajta analógiája. A klaszterezés tekintetében az emberi agy asszociációs képességének az analógiája, hiszen az emberi agy is a felismerésen és a hasonlóságok keresésén alapulva képes objektumokat besorolni és így klasztereket kialakítani.

Számos publikáció bizonyította, hogy a Kohonen háló alkalmas azonosításra, többek között alkalmazták litofácies azonosítására (CHANG et al. 2002), karotázsszelvények értelmezésére rezervoár fáciesek és fluidum tartalom azonosítása céljából (AKINYOKUN, 2009), vagy biogén üledékek csoportosítására (ULTSCH et al. 1995). A doktori disszertáció szintén a Kohonen háló egyfajta alkalmazására mutat példát azzal a céllal, hogy üledékes fácieket azonosítson, kiegészülve a klaszterek statisztikai értelmezésével és valószínűségi alapú laterális kiterjesztésével.

A disszertáció a részletezett munkafolyamatot és kiértékelési szempontokat két, eltérő tanulmányterület bevonásával szemlélteti. Az első tanulmány az Algyő mező Szőreg-1 telepét reprezentálja, amely egy deltasík felhalmozódást ölel fel. A második esettanulmány egy mélyvízi hordalékkúp elemzését foglalja magába, amely egy Száva medencebeli rezervoár sorozat két kiválasztott egységére épül.

A disszertáció a klaszterezésen alapuló fácies elemzésen túl az eljárás hatékonyságának elemzésével is foglalkozik. Kohonen neurális háló alapú klaszterezést leginkább a K-means típusú csoportosítással hozzák összefüggésbe. A két eljárás összehasonlítását elsősorban tesztek alapján végezték és írták le. A disszertáció lehetőséget adott a két módszer gyakorlati szempontú összehasonlítására. Ez az összehasonlítás a csoportokhoz tartozó külső és belső szórások arányára támaszkodik.

## **ALKALMAZOTT MÓDSZEREK**

A neurális hálóval történő klaszterezés mintapontjait az egyes kutakból származó többváltozós vektorok adták, amelyek komponenseit petrofizikai és litológiai tulajdonságok képviselték. Ezen vektorok egy többdimenziós tulajdonságteret feszítenek ki, amelyen belül a neurális háló az adatpontokat csoportosította. A többváltozós eljárás elsődleges célja feltárni és azonosítani a genetikailag homogén részcsoportokat az inhomogén tulajdonságtérben úgy, hogy a cél elérése érdekében a minták több vagy akár összes tulajdonságait felhasználják egyidejűleg, vagy súlyozott formában. Ennek érdekében a tulajdonságtérben azonosíthatók úgynevezett klaszter magok, amelyhez csatolhatók a további minták. Ha a mag a többváltozós térben valós genetikai tartalommal bír, akkor a csoportosítás is működhet. A két módszertani csoport is széles körben alkalmazott, amely képes az adott összetett problémát kezelni. Ezek a klasszikus klaszterezési eljárások és a és egyes neurális hálózatok. Ezek közös háttérben egy könnyen érthető feltételezés áll: minél közelebb vannak a minták a többdimenziós térben,

annál hasonlóbb az eredetük is. Ez utóbbi feltétel biztosította a klaszterezés ellenőrzését is variancia vizsgálatokkal.

## **NEURÁLIS HÁLÓ ALAPÚ KLASZTEREZÉS**

A neurális háló alapú klaszterezés célja az volt, hogy a háló felismerjen és elhatároljon a mintatérben olyan részhalmazokat, amelyek mint lehetséges üledékes fációk eltérő tulajdonságokkal jellemezhetők.

A klaszterek kialakítása neurális háló (SANN, Statistica Automated Neural Networks) alapján történt. SANN többek között tartalmazza a Kohonen klaszterező eljárást, amelyet önszerveződő eljárásnak is neveznek. Az alkalmazott SANN egy széleskörű, igen hatékony, rendkívül gyors neurális háló alapú adatelemző programcsomag.

A neurális háló alapú klaszterezés megköveteli a változók normalizálását, azonban a SANN tartalmazza ezt a lépést. A hálózat tréninghalmaza a teljes adathalmaz 60%-val lett definiálva, a fennmaradó 20-20% képezte a háló teszt- és validálási halmazát. A részhalmazok definiálása a háló kialakításán belül random módon történt, elkerülve az irányított adatstruktúrát. A tréninghalmaz alapján épült ki a neurális háló struktúrája önszervező módon. A validálási halmaz segíti a korai leállást, ezáltal az úgynevezett „túltanítás” elkerülését. A teszt halmaz alkalmas a kialakított csoportok kiértékelésére.

Általános probléma a klaszterszám definiálása, amely alapvetően függ a felhasználó előismereteitől. A tanulmányban a klaszterek számát az egyes tanulmányterületeken várható különböző kifejlődések alapján lehetett megadni. Előzetes tanulmányokból ismert volt, hogy hány fáció építi fel az egyes üledékes kőzeteket. A Szőreg-1 tanulmányban hat klaszter fáció lett definiálva, míg a Száva mező esettanulmányában mindössze négy.

A neurális háló kialakítása a klaszterszám és tréning halmaz kialakításán túl további alapbeállításokon is múlik, mint például a tanulási ráta, hálóméret, tréning ciklus hossza, szomszédsági viszony stb.

## **STATISZTIKAI JELLEMZÉS, KIÉRTÉKELÉS**

A statisztikai kiértékelés három fő lépésből áll: (1) klaszterméret elemzése; (2) csoportok összehasonlítása nem-paraméteres próba alapján, amely kiegészül grafikus feltáró adatelemzéssel; (3) a csoportok homogenitás és heterogenitás vizsgálata varianciaelemzés alapján.

A kialakított klaszterek mérete különböző. Az eltérő elemszám és kis klaszterméret probléma lehet a csoportok összehasonlítása szempontjából. Ebben az esetben összehasonlításra nem alkalmazható nem-paraméteres statisztikai próba. A probléma feloldását a Monte Carlo szimuláció jelentette. A csoportok elemszámának növelésére az ismétlődő mintázási eljárás adott lehetőséget. A szimuláció megtartja az adott csoport eloszlását és tulajdonságait. Az ismételt mintázást követően a csoportok elemszáma megegyezett annak a geofizikai adatokat tartalmazó halmaznak a méretével, amelyből a klaszterezés input adatai lettek származtatva.

Továbbiakban ez a két adathalmaz a Goodman-Kruskal gamma nem-paraméteres rangkorrelációs próbával lett összehasonlítva. A teszt arra mutatott rá, hogy a két adathalmaz szignifikánsan nem eltérő. Ez igazolja, hogy az egyes klaszter fáciések a csoportokhoz tartozó adatpontokkal jellemezhetők, illetve a csoportok a megnövelt csoportszám mellett egymással nem-paraméteres tesz alapján is összehasonlíthatók.

Annak vizsgálatára, hogy az egyes klaszterek szignifikánsan elkülönülnek-e egymástól az úgynevezett Mann-Whitney teszt volt alkalmazva. Emellett a varianciaanalízis adott lehetőséget a csoportok homogenitásának elemzésére a csoportokhoz tartozó külső és belső szórás alapján. Ez a megoldás a klaszter kialakítás definíciójából következik, amelynek célja a hasonló elemek felismerése és csoportok kialakítása a variancia minimalizálásával.

MILLER és KHAN (1962) mutattak rá arra a tényre, hogy normál eloszlás esetén a teljes varianciát fel lehet bontani belső és külső szórások összegére. Mivel a klaszterezés a definíciójánál fogva arra törekszik, hogy minimalizálja a belső szórást és ezzel együtt maximalizálja a külső szórást ezért a Miller-Khan féle variancia felbontás alkalmas volt a csoportok szignifikáns elkülönítésének ellenőrzésére. A belső szórás méri a klaszter átlag körüli szóródását, míg a külső szórás a csoportok középpontjainak szórását reprezentálja. A két szórás közötti arány kifejezi a klaszterezés eredményének hatékonyságát. Minél alacsonyabb a belső szórás és nagyobb a külső szórás aránya annál heterogénebb klasztereket sikerült elválasztani relatíve homogén mintaelemekkel.

A varianciaanalízis szintén lehetőséget adott a tanulmányban alkalmazott neurális háló és a széleskörűen elterjedt K-means eljárás hatékonyságának összehasonlítására is.

## **VALÓSZÍNŰSÉGI ALAPÚ KITERJESZTÉS INDIKÁTOR KRIGELÉSSEL**

A klaszterek laterális kiterjesztésének és térbeli változékonyságának fontos szerepe van a felügyelet nélküli hálóval kialakított klaszterek kiértékelésében. A klaszterek pontszerű

kvalitatív információk, amelyek laterális kiterjesztése lehetőséget ad a csoportok geometriai megjelenésének elemzésére, értelmezésére. A különböző üledékes környezeteket bár nem feltétlenül különböző, azonban rá jellemző geometria és térbeli megjelenés írja le (MOORE, 1949 és PETTIJOHN et al. 1972). A doktori értekezésben az üledékes kifejlődések definiálása szintén ezt az elvet követve, illetve a csoportokat jellemző petrofizikai tulajdonságokat figyelembe véve történt.

A „hagyományos” vizualizációs technikák közül csak a „classed post-map” segítségével lehet térbelileg megjeleníteni a klasztertagságot, azonban ezt alkalmazva nincs információnk mintázatlan területekről. Egy lehetséges megoldás azonban a valószínűségi alapú kiterjesztés alkalmazása indikátor krigelés (IK) segítségével. Az eljárás minden egyes gridpont körül valószínűségi eloszlás becslést végez a térbeli korrelációs struktúra alapján (JOURNEL, 1983, 1986). Az indikátor krigelés során az eljárás a folytonos változókat diszkrétizálás segítségével transzformálja bináris indikátor változókká. Jelen esetben a klaszterek jelentik a diszkrétizált formát, így az eljárás képes a kategóriaváltozók kezelésére is. Az IK általános eljárás különböző csoportok, mint közettípusok, talajok előfordulásainak feltételes valószínűségi becslésére (pl.: BIERKENS és BURROUGH, 1993).

Az indikátorváltozók és teljes valószínűségi eloszlás alapján az úgynevezett „ordinary,, krigelés adott becslést minden csoport valószínűségére minden egyes gridpontban. Végül, logikai függvény segítségével csak az a klaszter lett kiválasztva egy adott gridpontban, amely a legnagyobb valószínűségi értékkel rendelkezett. Ezeknek a klasztertagságoknak minden gridpontban való megjelenítésével már a klaszterek kiterjesztett eloszlását lehetett vizsgálni. Másik lehetőség, ha a becsült valószínűségi értékeket kontúrtérkép segítségével jelenítjük meg minden egyes klaszter esetében külön-külön. Ez rámutat az egyes csoportok valószínűségi térbeli megjelenésére. Azonban fontos megtalálni azt a valószínűségi értéket, (1) amely képes körvonalazni az adott csoporthoz tartozó fiziográfiai egységeket, (2) és nagyobb, mint 0.5.

## **ESETTANULMÁNYOK**

### **I. ESETTANULMÁNY**

A Szőreg-1 rezervoár DK-Magyarország területén az Algyő mezőben található egyik legnagyobb CH tározó. Ennek a rezervoárnak teljes vastagsága átlagosan 35m, de helyenként eléri az 50m-es vertikális vastagságot is. Néhány korábbi dolgozat (GEIGER, 2003, SEBŐK-

SZILÁGYI és GEIGER, 2012) alapján ismeretes, hogy a tározót alkotó üledékes összlet delta sík eredetű felhalmozódás. A disszertációban leírt módszertani eljárás alkalmazására nem a teljes üledékes rendszer, hanem csak annak két jól definiált szelete lett kiválasztva. Az üledékes felhalmozódás vertikumból kiválasztott egyik egység egy torkolati zátonytest üledékes sorozatot, míg a másik a zátonytesten megjelenő elágazó medrek rendszerét foglalja magába. Sztratigráfiai pozíciójuk alapján az első 34-35m-rel, míg a második 24-27m-rel a tetőt jelentő agyagmárga szintje alatt helyezkedik el a kőzettesten belül. Ezeknek a kiválasztott egységeknek a 3D-s geometriája és geostatistikai jellemzői már részletesen publikáltak (pl.: GEIGER, 2003, SEBŐK-SZILÁGYI és GEIGER 2012), így segítették a klasztereredmények kiértékelését és magának a módszernek a tesztelését. A neurális háló alapú klaszterezés bemeneti adatait a porozitás értékek, hidraulikus vezetőképesség és a homoktartalom együttesen képezték.

## **II. ESETTANULMÁNY**

A második mintaterület mélyvízi üledékes környezetet képvisel. Ez a mintaterület a Száva medencén belül, Észak-Horvátország területén található. Maga a tanulmány fókuszában lévő terület csak a medence egyik rezervoár sorozatának két, egymás felett elhelyezkedő tagját foglalja magába. A teljes üledékes szekvencia a Neogén és Negyedidőszaki képződmények sorozatába tartozik. Az elemzésbe bevont két egységet Felső Miocén korú agyagok, aleuritok és homokkövek építik fel. Az utóbbi két üledéktípus (pl.: ŠIMON, 1980) szakaszosan ismétlődő turbidit áramlatok hatására halmozódtak fel az egész medence területén. Ezek a turbidites áramlatok aktívak maradtak a lakusztikus környezetben végig a Pannon időszakban (pl.: VRBANAC, 1996).

A kiválasztott tározóközetek sztratigráfiai koordinátarendszerbe lettek transzformálva, amelyben a vertikális koordináta a rezervoár tetejétől számított. Mindkét rezervoár az új koordinátarendszerben 1m vastag egységekre lett felbontva. A kőzettest méterenkénti felszeletelése a tározókat elválasztó agyagmárga talpával párhuzamos horizontok mentén történt. Minden horizontban az adatponti értékeket az adott egy méter vastag kőzetegységben mért mélyfúrési geofizikai adatok átlaga adta. Eredetileg a geofizikai adatok 20cm-kénti sűrűséggel álltak rendelkezésre. Tehát a bemeneti adatok minden egyes metszetsíkból egyidejűleg származtak és tartalmazták kutanként a porozitás, víztelítettség és agyag tartalmat, illetve egy kategória típusú változót, amely azt írja le, hogy a homokos egységek mennyire tagoltak közbetelepülő agyagos rétegekkel.



## TÉZISEK

1. Kialakítottam az üledékes környezetek elemzésnek és 3D modellezésnek egy neurális háló, indikátor krigelés és klasszikus statisztikai alkalmazásokon alapuló komplex munkafolyamatát.
2. Kimutattam, hogy (1) a felügyelet nélküli neurális háló képes felismerni egy fáciest még azon helyzetben is, mikor a K-means algoritmus már nem képes az adott üledékes egység ésszerű besorolására. (2) Egy másik előnye a neurális háló alkalmazásának, hogy a klaszterek kialakítása önszabályozó, ezért sokkal hatékonyabb, mint a „klasszikus” csoportosítás.
3. A Száva mező esetében, négy neurális háló alapú fáciest definiáltam (C\_1-C\_4 fáciesek a doktori értekezésben): (1) nyugodtvízi szedimentációhoz kötődő, alacsony porozitású agyagmárgák; (2) agyag, aleurit és vékonyrétegzett homok váltakozása alacsony sűrűségű turbidites áramlatok felhalmozódásából; (3) vékonyrétegzett homokkövek aleurit betelepülésekkel alacsony sűrűségű turbidites áramlatok felhalmozódásából, (4) tiszta homokkövek. A fent felsorolt kifejlődéseket megfeleltettem VRBANAC által definiált F4, F3, F2, F1 fácieseknek (VRBANAC, 1996 és VRBANAC et. al, 2010).
4. Az üledékes kifejlődések azonosítása alapján kimutattam: (1) C\_2 fácies (agyag, aleurit és vékonyrétegzett homok váltakozása) a Bouma sorozat Td-Te tagjainak megfeleltethető kifejlődés, amely kijelöli a turbidites hordalékelosztó csatornák között felhalmozódó üledékeket és a lobok előterét. (2) C\_3 fácies (vékonyrétegzett homokkövek aleurit betelepülésekkel) mélyvízi hordalékkúp rendszer lob-típusú üledékeinek kifejlődése. (3) C\_4 fácies a turbidites mederkitöltés és mederalakulatos lobok kifejlődése, amely kijelöli a homokban gazdag turbidites áramlatok tengelyét.
5. A definiált kifejlődések alapján azonosítottam egy homokban gazdag mélyvízi hordalékkúp középső (ú.n. „suprafan”) területét, mint a Száva mező fácies modelljét. A leírt kifejlődések a mintaterület alsó rezervoárjában a suprafan disztális részén található, míg a felső rezervoárban ezek a fáciesek a proximális részt jelölik ki.
6. A kifejlődések migrációja alapján következtettem a mélyvízi hordalékkúp rendszer ÉNy-DK-i irányú progradációjára, amely közben az üledékes lobok oldalirányú eltolódása is megfigyelhető. Ez a laterális irányú mozgás csak az alsó telepen belül figyelhető meg. Az



akkumuláció fő iránya az üledék laterális eltolódása miatt áthelyeződött a rezervoár centrális részéről a szélek irányába.

7. A Száva mező alsó rezervoárban két fiziográfiai egységet írtam le. Ezek az üledékelosztó csatorna és mederalakulatos lob. Az elosztó meder hosszúkás, faágszerű geometriát mutat a progradáció irányában (ÉNy-DK). A csatorna maximális hossza 1200-1300m, és szélessége 750m. A lob radiális tölcser, vagy legyező alakkal jellemezhető. A lob körülbelül 700m hosszú a fő tengely irányába (ÉNy-DK) és erre merőlegesen maximum 500m széles.
8. A Száva mező felső telepén belül egy fiziográfiai egységet írtam le, amelyet elnyúló, úgynevezett cipőfűző geometria ír le, elosztó csatornák nélkül. A meder körülbelül 2000m hosszú a progradáció irányában (ÉNy-DK) és maximum 800m széles.
9. A fiziográfiai egységek leírása alapján következtettem arra, hogy a rezervoárokat kis heterogenitás jellemzi. A rezervoárok folytonossága és kapcsolata oldalirányban nagyon jó, illetve a felső telepen belül vertikálisan is.

## A DOLGOZAT TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK PUBLIKÁCIÓK SZAKMAI LAPOKBAN

**HORVÁTH, J., MALVIĆ, T.** (2013): Characterization of clastic sedimentary environments by clustering algorithm and several statistical approaches – case study, Sava Depression in Northern Croatia, Central European Geology, Vol. 56/4, pp. 281-296, DOI: 10.1556/CEuGeol.56.2013.4.1

**HORVÁTH, J.** (2013): Characterization of clastic sedimentary environments by clustering algorithm and several statistical approaches; two case studies (South-Eastern Hungary, Northern Croatia) - (Selected studies of the 2012 Croatian-Hungarian Geomathematical Convent, Mórahalom), Edited by Geiger, J., Pál-Molnár, E., Malvić, T.; pp. 71-85; GeoLitera Publishing House Institute of Geosciences, University of Szeged, Hungary, Szeged, 2013. ISBN: 978-963-306-235-7

**HORVÁTH, J., NOVAK-ZELENIKA K.** (2012): Application of clustering methods for identification of environments, case study in one Croatian field, in Sava depression in New Horizons in Central European Geomathematics, Geostatistics and Geoinformatics (Selected

studies of the 2011 Croatian-Hungarian Geomathematical Convent, Mórahalom), Edited by Geiger, J., Pál-Molnár, E., Tomislav Malvić. - pp. 8-99, GeoLitera Publishing House Institute of Geosciences, University of Szeged, Hungary, Szeged, 2012. ISBN: 978-963-306-136-7

**HORVÁTH, J., NOVAK-ZELENIKA K.** (2011): Identification of Palaeo-environments Using Clustering Methods and Indicator Kriging, Case Study from Late Miocene Sandstones, the Sava Depression, Nafta: exploration, production, processing, petrochemistry, Vol.62/11-12, pp. 364-376, Zagreb, Croatia

**HORVÁTH, J.** (2011): Define of depositional environment using neural network, Geologia Croatica, Vol. 64/3, pp 251-258. Zagreb, Croatia (doi: 104154/gc.2011.21)

### **PUBLIKÁCIÓK KONFERENCIA KIADVÁNYOKBAN**

**HORVÁTH, J.** (2014): Depositional facies analysis in clastic sedimentary environments based on neural network clustering and probabilistic extension - Conference Book of 6th Croatian-Hungarian and 17th Hungarian geomathematical congress, "Geomathematics - from theory to practice", Opatija, Croatia, pp. 77-82 (ISBN: 978-953-95130-8-3)

**HORVÁTH, J.** (2012): Characterization of Clastic Sedimentary Environments by Self-Organize Clustering Algorithm and Several Statistical Approaches, 2nd Central and Eastern European International Oil and Gas Conference, Sibenik, Croatia

**HORVÁTH, J.** (2012): Statistical characterization of clastic sedimentary environments derived by clustering method, Conference Book of 4th HU-HR and 15th HU geomathematical congress - "Geomathematics as Geoscience", Opatija, Croatia, pp. 51-61 (ISBN: 978-953-95130-6-9)

GEIGER, J., MALVIĆ, T., **HORVÁTH, J., NOVAK-ZELENIKA K.** (2011): The role of stochastic view in reservoir characterization – Conference Book of The First Central and Eastern European International Oil and Gas Conference and Exhibition - Siófok, Hungary

**HORVÁTH, J., NOVAK-ZELENIKA K.** (2011): Application of clustering methods for identification of environments, case study in one Croatian field, in Sava depression, XIV. Congress of Hungarian Geomathematics and the III. Congress of Croatian and Hungarian Geomathematics – Mórahalom (ISBN: 978-963-8221-45-2)

GEIGER, J., MALVIĆ, T., **HORVÁTH, J.**, NOVAK-ZELENIKA K. (2010): Handling uncertainty in the case of lateral extension of log-porosity values in a turbidity reservoir (Analiza nesigurnosti u slučaju lateralne procjene logaritamskih vrijednosti poroznosti u ležištu turbiditnog podrijetla), 4th Croatian geological congress, Šibenik-Croatia (ISBN 978-953-6907-23-6)

**HORVÁTH, J.** (2010): Define of depositional environment using neural network (Određivanje taložnog okolišom neuronskom mrežom), 4th Croatian geological congress, Šibenik-Croatia (ISBN 978-953-6907-23-6)

GEIGER, J., MALVIĆ, T., **HORVÁTH, J.**, NOVAK-ZELENIKA K. (2010): Statistical characters of realizations derived from sequential indicator simulation, 14th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences-IAMG 2010, Budapest, WECO Travel Ltd. , 2010. 5-5 (ISBN: 978-963-06-9829-0)

**HORVÁTH, J.** (2010): Potential application of neural networks in identification of depositional environments, 14th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences-IAMG 2010, Budapest, WECO Travel Ltd. , 2010. 5-5 (ISBN: 978-963-06-9829-0)

**HORVÁTH, J.** (2010): Define of depositional environment using neural network, Conference of MFT, Szeged, Abstract book-GeoLitera, editor: Pál-Molnár, E. (ISBN: 978-963-306-016-2)

**HORVÁTH, J.** (2009): Multivariable statistical method and potential application of non-controlled learning neural networks in paleontology - 10th Anniversary Conference of the Czech, Polish and Slovak Paleontologists, Banská Bystrica, Slovak Republic (ISBN: 978-80-8083-807-2)

**HORVÁTH, J.** (2009): Potential application of non-controlled learning neural networks in geology - XIII. Congress of Hungarian Geomathematics and the II. Congress of Croatian and Hungarian Geomathematics, Mórahalom

**HORVÁTH, J.** (2008): Biometric Research and Multivariate Statistic Treatment of Viviparus Species in Lake Pannon with a Genetic Approach - XII. Congress of Hungarian Geomathematics and the I. Congress of Croatian and Hungarian Geomathematics – Mórahalom

## **KUTATÁSI JELENTÉS**

**HORTVÁTH, J., WAGENHOFFER, A., GEIGER, J. (2012):** Alapvető rezervoár tulajdonságok tudás bázisának módszer fejlesztése. Az EOR és IOR eljárások számára alkalmazható rezervoár tudásbázis kialakítása a pannóniai (s.l.) törmelékes CH-tárolókban. A kisújszállási, fegyverneki és nagykörűi területek telepeinek vizsgálata. ("Analyses of reservoirs in Kisújszállás, Fegyvernek, Nagykörű Fields" in Development of 'knowledge base' of general reservoir properties for EOR and IOR methodologies in Panonian (s.l.) clastic CH-reservoirs).—MOL Plc. Kutatásjelentés, projektszám: UX0317.12.69/95, MOL. Budapest, Hungary, p. 179

## A TÉZISFÜZETBEN FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE

- AKINYOKUN, O.C., ENIKANSELU, P.A., ADEYEMO, A.B., ADESIDA, A. (2009): Well Log interpretation model for the determination of lithology and fluid contents - The Pacific Journal of Science and Technology, Springer, Vol. 10, pp. 507-517
- BIERKENS, M. F. P. AND P. A. BURROUGH (1993) The Indicator Approach to Categorical Soil Data. I. Theory. Journal of Soil Science, 44, 361-368
- CHANGE, H.C., KOPASKA-MERKEL, D.C., CHEN, H.C. (2002): Identification of lithofacies using Kohonen self-organizing maps, Computers, Geosciences Vol. 28, pp. 223-229
- GEIGER, J. (2003): A pannóniai újfalui (törteli) formációban levő Algyő-delta fejlődéstörténete – I.: Az Algyő-delta alkörnyezeteinek 3d modellezése (Depositional history of the Pannonian Algyő-delta (Újfalú Formation). Part one: 3D modeling of the sub-environments of Algyő-delta) - Földtani Közlöny, Vol. 133, no. 1, pp. 91-112
- JOURNEL, A. G. (1983): Nonparametric estimation of spatial distributions, Mathematical Geology, Vol.15, no.3, pp.445-468
- JOURNEL, A. G. (1986) Constrained Interpolation and Qualitative Information - the Soft Kriging Approach. Mathematical Geology, 18, 269-305
- KOHONEN, T. (1982): Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, Vol. 43, pp. 59-69
- KOHONEN, T. (1984): Self-Organization and Associative Memory, (3rd edition 1989), New York, Springer-Verlag, p. 312
- MOOR, R. C. (1949): Meaning of facies. In “Sedimentary facies in Geologic History”, Geol. Soc. Am. Mem. no. 39, pp. 1-34
- SEBŐK-SZILÁGYI, SZ., GEIGER, J. (2012): Sedimentological study of the Szőreg-1 reservoir (Algyő Field, Hungary): a combination of traditional and 3D sedimentological approaches, *Geologia Croatica*, Vol. 65, no. 1, pp. 77-90
- PETTIJOHN, F. J., P. E. POTTER, R. SIEVER (1972): Sand and sandstone, Springer-Verlag, New York, p 618
- ŠIMON, J. (1980): Prilog stratigrafiji u taložnom sustavu pješćanih rezervoara Sava-grupe naslaga mlađeg tercijara u Panonskom bazenu sjeverne Hrvatske. (Contribution to

stratigraphy of sandstone reservoirs depositional system in the Sava Group sediments in Late Tertiary of Pannonian Basin in the Northern Croatia – in Croatian) PhD Thesis, University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Zagreb p. 66

TRYON, R. C. (1939): Cluster analysis. Edwards Brothers, Ann Arbor, Michigan, p. 122

ULTSCH, A., KORUS, D., WEHRMANN, A. (1995): Neural networks and their rules for classification in marine geology, Raum und Zeit in Umweltinformations-systemen, 9<sup>th</sup> Intl. Symposium on Computer Science for Environmental Protection CSEP ´ Vol. 95, no. I, ed. GI-Fachausschuß 4.6 „Informatik im Umweltschutz“ 7, Metropolis-Verlag, Marburg, pp. 676-693

VRBANAC, B. (1996): Paleostrukturalne i sedimentološke analize gornjopanonskih naslaga formacije Ivanić Grad u Savskoj depresiji (Palaeostructural and sedimentological analyses of Late Pannonian sediments of Ivanić Grad formation in the Sava depression). PhD dissertation, Faculty of Natural Sciences, University of Zagreb, p. 303

VRBANAC, B., VELIĆ, J., MALVIĆ, T. (2010): Sedimentation of deep-water turbidites in the SW part of the Pannonian Basin. *Geologica Carpathica*, Vol. 61, no.1, pp. 55-69