

Tanulóprogramok alkalmazása a mélyfúrási geofizikai értelmezésben

CZEGLÉDI ISTVÁN

Az elektronikus számítógépek alkalmazása a karottázsinterpretáció területén egy sor új lehetőséget kínál az interpretációs feladatok megoldására. A klasszikus interpretáción kívül (azaz a kézi interpretációnál alkalmazott eljárások gépesítése mellett) a nagysebességű számítógépek lehetőséget nyújtanak olyan új elvi alapokon felépülő interpretációs módszerek alkalmazására is, mint pl. az ún. tanulóprogramok felhasználása.

A dolgozat bemutatja az OKGT Ipari Geofizikai Osztályán a szerző által kidolgozott „3643” nevű 36 dimenziós karottázs térrel dolgozó programrendszert, a kísérleti interpretáció alapján nyert eredményeket, elemelve a módszer lehetőségeit és alkalmazási területét.

Применение ЭЦВМ открывает ряд новых возможностей в области решения задач интерпретации каротажных данных. Помимо классической интерпретации (т.е. автоматизации приемов, применяемых при ручной интерпретации), высокоскоростные вычислительные машины позволяют применять такие методы интерпретации, основывающиеся на новых принципах, как напр. использование так называемых самообучающихся программ.

В настоящей работе представляется система программ „3643”, работающих с 36-мерным каротажным пространством и разработанных автором; приводятся полученные при опытной интерпретации результаты, причем анализируются возможности и области применения метода.

Die Anwendung elektronischer Rechenautomaten bietet im Gebiet der Karottage- Interpretation zur Lösung von Interpretationsaufgaben eine Reihe neuer Möglichkeiten. Ausser den klassischen Interpretationsmethoden (d. h. deren Durchführung mit Rechenautomaten) ermöglichen die rasch arbeitenden Automaten die Anwendung solcher Interpretationsmethoden, die auf neuen theoretischen Grundlagen beruhen, wie z. B. die Anwendung der sog. Lern-Programme.

Im Vortrag wird das in der angewandten geophysikalischen Abteilung des Ung. Erdöl und Erdgas-Unternehmen vom Verfasser entwickelte und mit 36 dimensionalen Karottagefeld arbeitende Programmsystem 3643, und die aufgrund einer Experimentalinterpretation gewonnenen Ergebnisse besprochen, sowie die Möglichkeiten und der Anwendungsbereich diskutiert.

A nagysebességű elektronikus számítógépek alkalmazása, — a klasszikus interpretációs módszerek gépesítése, valamint egyes bonyolultabb értelmezési eljárások bevezetése mellett — lehetőséget nyújt olyan — elvi alapjaiban új — interpretációs eljárások alkalmazására, mint az alakfelismerő-, öntanuló stb. módszereké.

Az öntanuló (alakfelismerő) rendszerek — bár a felhasznált matematikai apparátust tekintve lényegesen eltérhetnek egymástól-, alapja a következő:

Egy X halmazt, melynek tagjait az x_i ($\nu_{1i}, \nu_{2i}, \dots, \nu_{ni}$) paraméterek jellemzik, e jellemzők alapján úgy kell az $X_1, X_2, \dots, X_k \in X$ részhalmazokra osztani, hogy e részhalmazok egymástól elkülönüljenek, és egy adott $X_j(\nu_{1j}, \nu_{2j}, \dots, \nu_{nj})$ tag paraméterei alapján valamely részhalmazba egyértelműen besorolható legyen.

Ilyen rendszernek felel meg pl. a karottázs-szelvények alapján a kőzetek litológiai tagolása (a kőzetek halmazának mészkő, homokkő, dolomit stb. részhalmazokra történő bontása).

A fenti megfogalmazás egyik esete egy olyan rendszer, melyben egy halmazt az említett kritériumoknak megfelelő két részhalmazra bontunk. Az ilyen felbontásnak nagy szerepe van a mélyfúrási geofizikai gyakorlatban. Ennek bizonyítására elegendő néhány példát említeni. A rétegek osztályozása

permeabilisra és impermeabilisra, vagy a tárolókőzetek csoportosítása olaj-tárolókra és gáztárolókra stb.

Az OKGT Ipari Geofizikai Osztályán ez utóbbi esetnek megfelelő olyan tanuló program-rendszert dolgoztunk ki, amely alkalmas 8 különböző geofizikai paraméter alapján a vizsgálatra kijelölt objektumokat két csoportra osztani. Vizsgálatainkat a porózus képződmények (kollektorok) víztároló és szénhidrogéntároló csoportokba történő besorolására végeztük, bár a kidolgozott program-rendszer lehetőséget nyújt bármilyen halmaz két részhalmazra történő felbontására.

A program-rendszer lényege a következő:

Kiválasztunk rétegvizsgálattal, vagy más módon bizonyított megfelelő számú szénhidrogén- és víztároló réteget az ún. minta, vagy tanuló rétegeket. Meghatározzuk e rétegekkel szemben a vizsgálatba bevont 8 geofizikai paraméter értékét és azokból komplex kódokat alakítunk ki. Miután a számításához *MINSzK - 2 tip.* számítógépet alkalmaztunk, ezért a kódok hosszúsága 36 bit. Geometriai értelemben tehát minden egyes szénhidrogénes, illetve vizes tanuló-rétegnek a 36 dimenziós térben egy-egy pont felel meg, a tanulórétegek összességének pedig két réteghalmazból álló ponthalmaz ebben a 36 dimenziós térben.

Meg kell jegyezni azt az igen fontos körülményt, hogy miután a rendelkezésre álló geofizikai paraméterek nem írják le (nem definiálják) egyértelműen a rétegeket – hisz közismerten azok csak közvetve utalnak a rétegre, ezért a két részhalmaz egymástól nem elhatárolható, részleges fedésben vannak. Ez megnehezíti az interpretáció kivitelezését, mert emiatt „abszolút” módszer helyett valószínűségi munkákkal kell dolgozni.

Miután 8 geofizikai paraméter 36 bites eloszlása mellett kb. 150 000 különböző szó képezhető (ennyi az elméletileg lehetséges pontszám a 36 dimenziós térben) nyilvánvaló, hogy a gép betanítása gyakorlatilag lehetetlenné válna, ezért a betanításnál a 36 dimenziós teret nem nyolc, hanem 3, 4, illetve 5 dimenziós alterekkel vizsgáljuk.

Három dimenziós betanulásnál a lehetséges variánsok száma pl. csak 5100, ami 30-szor kevesebb a fent említetttnél. Ha ehhez hozzászámítjuk azt a különbséget, ami abból adódik, hogy a 3 dimenziós betanulásnál egy réteg $\left(\frac{8}{3}\right) = 56$ variánst hordoz, míg 8-as betanulásnál $\left(\frac{8}{8}\right) = 1$ -et, úgy látjuk, hogy a mennyiségi javulás (elméletileg) 1700-szoros. Természetesen ezért a számszerű javulásért az információ-tartalommal kell fizetni, ez azonban – ahogy ezt később látni fogjuk – nem veszélyezteti a módszer hatékonyságát.

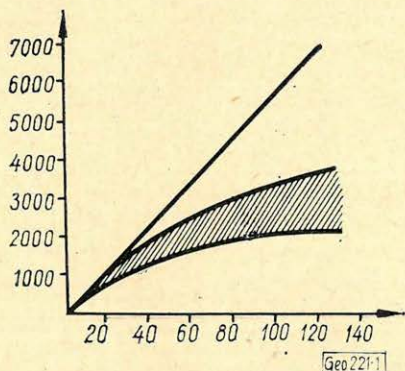
A négy- illetve ötdimenziós betanulásnál a variánsok száma lényegesen nagyobb, mint a háromdimenziósnál, de mint a gyakorlat mutatja, még ezek is használható eredményt adnak, ami annak a következménye, hogy a gyakorlatban a variánsok száma lényegesen kisebb az elméletinél. Ez a tény két okra vezethető vissza.

Ennek megtárgyalásához azonban vizsgáljuk meg közelebbről a betanulás folyamatát.

A 36 bitből minden lehetséges módon kiválasztunk – a betanulás típusától függően – 3, 4, vagy 5 egyes értékű bitet; ezekből szavakat alkotunk, megvizsgáljuk, mely szavak fordulnak elő a betanító rétegek egy csoportjánál (pl. a szénhidrogénes rétegeknél) legalább egyszer úgy, hogy az a másik réteg-

csoportnál nem fordul elő. Az ilyen szavakat annak megjelölésével, hogy a rétegek melyik kategóriát jellemzik, valamint a betanulás során hányszor fordultak elő – kódoknak nevezzük; ezek összessége a betanulás eredménye. Annak függvényében, hogy a betanulás során hányzori ismétlődést követünk meg az egyes szavaktól, különböző ismétlődési tényezőjű (k) betanulásról beszélünk.

Az előbbieket után visszatérve a kódok számának alakulására könnyen belátható, hogy a kódok száma egyrészt azért lesz kisebb az elméletinél, mert a szavak egy része mind a szénhidrogéntároló, mind a víztároló rétegeknél előfordul és ezek – a definíció értelmében – nem képeznek kódokat, másrészt egyes variánsok a fizikai függvénykapcsolatoknál nem fordulhatnak elő (például nagy neutron-gamma intenzitással jelentkező nem agyagos gáztároló homokkő nem rendelkezhet adott réteg víz ellenállás esetén egy meghatározott ellenállásnál kisebb ellenállásértékkel).



1. ábra $\Phi_{uz. 1. Fig. 1.$

Fentieket illusztrálja az 1. ábra. Ez egy trió-betanulás eredményét mutatja. Az ordinátán a kódok száma, az abszciszszán pedig a betanuló rétegek száma van ábrázolva. Mint látható, az elméleti görbe már 10 betanító rétegnél is 30–35%-kal meghaladja a gyakorlati görbét. 80–100 betanító rétegnél a gyakorlati görbe már erőteljesen ellaposodik, és jelentősen eltér az elméletitől. A jelentős eltérés a kódok egyenlőtlen eloszlásából adódik.

Ennek alapján meghatározható az optimális tanítórétegszám. Ez a triónál 80, a quartettnél 120 körül van.

A betanításnál igen fontos szempont a geofizikai paraméterek, illetve azok kategorizálásának (valamint a betanító rétegek) megválasztása. Laza agyagos-aleuritos homokkövekből álló tároló vizsgálatához az alább geofizikai paramétereket választottuk ki: laterolog ellenállás, rövid gradiens ellenállás, relatív PS, természetes gamma, neutron-gamma és mikropotenciál; továbbá két segédparaméter a rétegvastagság és iszapellenállás. Ezeket a 2. ábrán jelölt módon osztottuk fel.

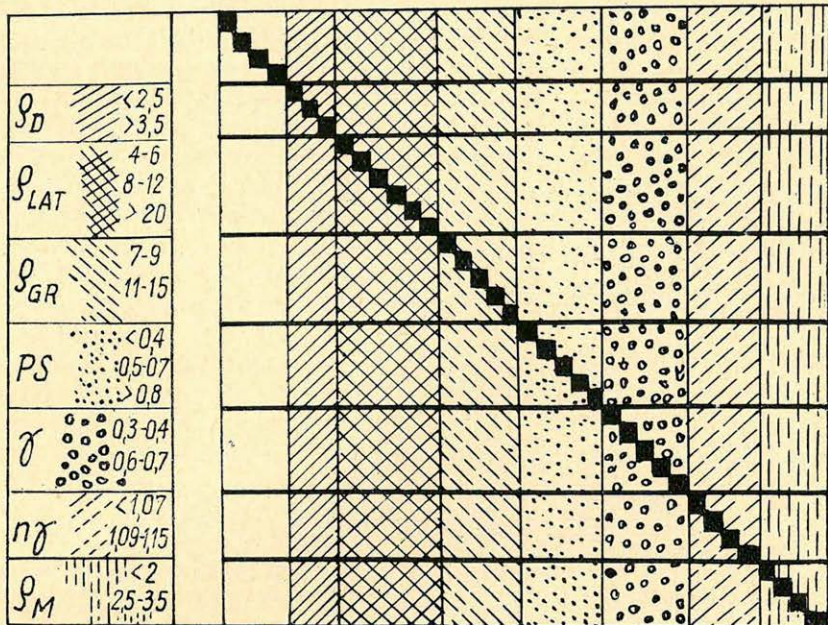
Látható, hogy a fontosabbnak ítélt paraméterek számára (pl. laterolog) több helyet biztosítottunk.

Segédparaméterek felvételére azért volt szükség, mert a geofizikai adatokon semminemű korrekciót nem végeztünk el (lyukátmérő, iszapellenállás, rétegvastagság stb.)

A betanító rétegek megválasztásánál több szempontot kell figyelembe venni.

1. Minden olyan képződménytípusnak szerepelni kell a betanulásnál, amely a rétegsorban előfordul. Meg kell jegyezni, hogy a statisztikus alapon történő kiválasztás nem megfelelő. A problematikus rétegtípusokból lényegesen többet kell bevonni a betanulásba, mint a könnyen interpretálhatókból.

2. Gondoskodni kell, hogy a telítettségi viszonyoktól nem függő paraméterek a vizes, illetve szénhidrogéntárolók csoportjában kb. egyforma meg-

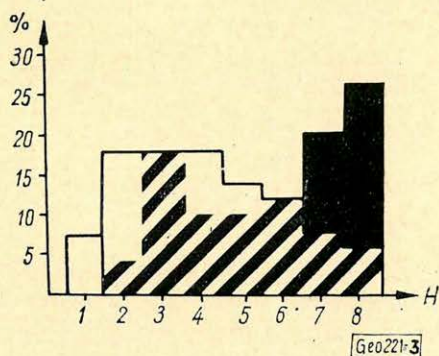


Geo221-2

2. ábra Фuz. 2. Fig. 2.

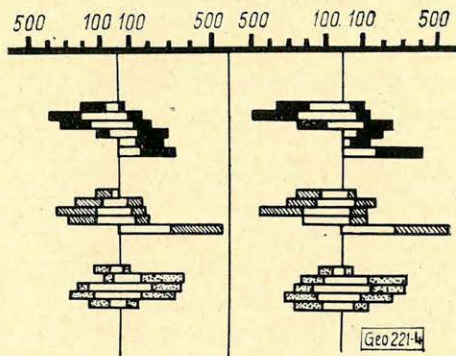
oszlásban szerepeljenek. A 3. ábrán az első betanításnál felhasznált rétegek vastagság szerinti megoszlását mutatjuk be. Itt elkövettük azt a hibát, hogy kevés vékony vizes réteget választottunk ki, ami torzítja az eredményeket. Pl. a legkisebb rétegvastagság-kategóriában nincs vizes réteg, ezért az ilyen rétegek vizsgálatánál a „szavazat-arány” a szénhidrogénés „szavazatok” irányába tolódik el.

A betanítás jóságáról a természetes ellenőrzésen – a vizsgáztatáson – kívül, különböző, erre a célra készült betanuláselemző programok segítségével győződhetünk meg.



Geo221-3

3. ábra Фuz. 3. Fig. 3.

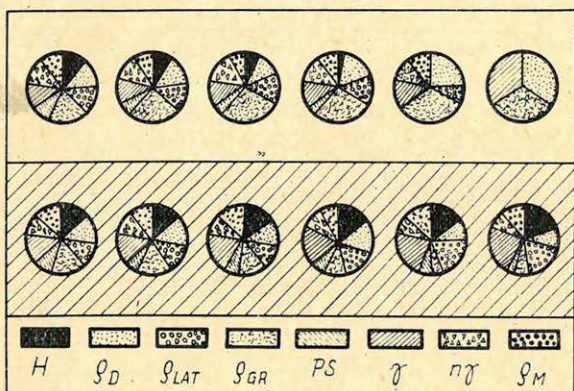


Geo221-4

4. ábra Фuz. 4. Fig. 4.

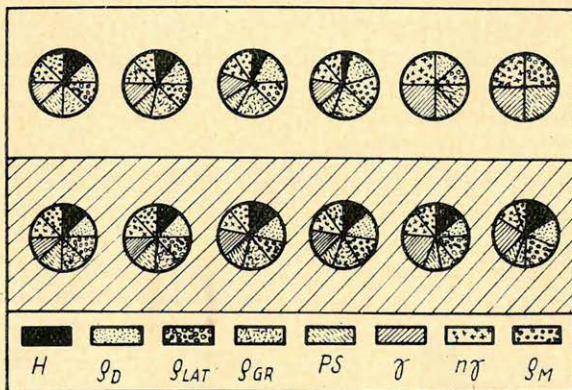
A 4. ábrán látható két betanulás laterológ – gradiens és PS -eloszlása az általuk képzett kódok számával. Nyilvánvaló, hogy annál jobb a betanulás, minél jobban, minél differenciáltabban jelentkeznek a képződő kódok. Ezt a paraméterek jó felosztásával lehet elérni. Mint az az ábrából kitűnik, a 2. betanulásnál a paraméterek jobb besorolásával sikerült a betanító rétegek megváltoztatása nélkül a kódok számát jelentősen megnövelni.

Egy sor érdekes geofizikai következtetés vonható le a betanulások elemzéséből. (Az 5. ábrán látható egy különböző ismétlődési tényezőjű 3 dimenziós betanulás-sorozat eredménye.)



Geo221-5

5. ábra Физ. 5. Fig. 5.



Geo221-6

6. ábra Физ. 6. Fig. 6.

Látható, hogy a kis ismétlődésű tényezők melletti egyenletes paramétermegoszlás erőteljesen polarizálódik. Az olajos kódokban az ismétlődési tényező növekedésével lényegesen megnő a gradiens és természetes gamma szerepe, míg a többi paraméteré csökken. A vizes kódoknál pedig a természetes gamma mellett a laterológ szerepe növekszik.

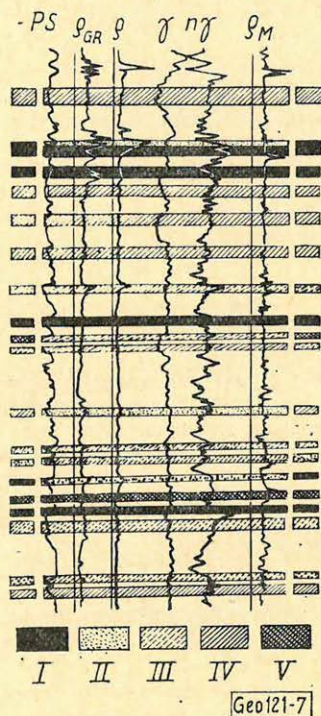
A négydimenziós betanulásnál (6. ábra) annyiban tér el a helyzet, hogy itt a relatív PS-indikáció szerepe az ismétlődési tényező növekedésével nem csökken.

A 7. ábrán egy fúrásban felvett karottázs-szelvényeket láthatunk.

Gépi interpretáció céljára 20 réteget választottunk ki, melyek között vannak tiszta homokok, agyagos–aleurolitos képződmények és szendvics-típusúak. Különböző színnel tüntettük fel a hagyományos módon végzett értelmezés eredményét az olajiparban szokásos 5 kategóriába sorolással.

Az ábra bal oldalán látható a gépi interpretáció eredménye. Ebből kitűnik, hogy a betanuló program a vizsgáztatásnál mindössze egy hibát követett el. Egy szendvics-típusú képződményben nem tudta kimutatni a szénhidrogén jelenlétét. (Hozzá kell tenni, hogy ilyen típusú réteg a betanító rétegek között nem szerepelt.) Az összes többi rétegben a gépi interpretáció eredménye vagy megegyezik a kézzel, vagy annál megbízhatóbb.

Fentiek alapján az alakfelismerő eljárásokat – melyek gyors interpretációt adnak – (20 rétegre 56 sec.) – perspektivikusnak kell tekinteni.



7. ábra Физ. 7. Fig. 7.