

# A számítógépes geofizikai értelmezés aktuális problémái

F E R E N C Z Y L Á S Z L Ó \* — K I S S B E R T A L A N \*\*

*A számítógépek széles körű használata mélyfúrási geofizikai és földtani adatok feldolgozásában önkéntelenül is az értelmezési folyamat elmechanizálódásához vezethet, amely súlyos következményekkel járhat az interpretált végeredmény szempontjából. A számítógép csak egy eszköz, nem pedig az „értelmezési hierarchia” csúcán lévő mindent tudó irányító gépezet, amely az interpretátort másodrendűként, kiszolgáló apparátusként kezeli. Az előadás példákon keresztül ezekre a veszélyekre hívja fel a figyelmet, és megpróbál néhány nem újkeletű, de ma már talán a feledés felé menetelő javaslatot adni arra, hogy milyen módon kerülhető el a „gépi hatalomátvétel”.*

*Широкое применение ЭВМ в обработке геофизических и геологических данных глубокого бурения самовольно может привести к механизации процесса интерпретации и могут возникнуть тяжёлые последствия с точки зрения суммарных конечных результатов. ЭВМ является только одним из предметов и в конечном этапе „на пике” интерпретации не зопольняет роль всеполюющего, управляющего механизма, в котором интерпретатор является второстепенным. Авторы доклада через примеры направляют внимание на эту опасность и постараются дать несколько, но уже забытых предложений о том, что как можно избежать „захват власти машинами”.*

*Application of computers in processing of geophysical and geological data can lead to a routine practice, which occurs a difficult conclusion in the results of interpretation. The computer is only a 'machine', it is not a machinery on the top of interpreter hierarchy having had all the knowledge what can be expected from it. It can't treat operator as a slave man. This lecture calls attention to these dangers reviewing some examples and tries to give some idea which were forgotten, how the 'computers fetish' can be eliminated.*

Programfejlesztők és felhasználók szakmai összefogételén talán merészségnek tűnik arra figyelmeztetni, hogy a számítógépek túlzott fetiszizálása milyen káros következményekkel járhat. Meglehet, mondandónkkal kivívjuk a software-sek és számítógépes értelmezők egy részének haragját, amit a legkevésbé szeretnénk, de úgy gondoljuk, hogy a szaktudás, az értelmezett eredmények minősége és a földtani realitás érdekében fogant gondolataink szakmánk fejlődését szolgálhatják. Természetesen nem a számítógépek ellen propagálunk — hiszen mi is azok hasznélvezői és használói vagyunk — hanem annak ésszerű, optimális alkalmazására szeretnénk a következőkben rávilágítani, elsősorban a mélyfúrási geofizika területéről szerzett tapasztalatok alapján.

A kutatás során nyert adatok értelmezési folyamata számítógépek nélkül ma már elképzelhetetlen. Ez a folyamat három jól elkülöníthető, de nagyon is egymásraható és szerves egységet alkotó elemből áll: a feldolgozás, a kiértékelés és maga az értelmezés:

— feldolgozás alatt olyan cselekvést értünk, melynek során valamilyen anyagot (adatot) úgy átalakítunk, hogy az használhatóvá váljon,

azaz az anyagot (adatot) használati cikké alakítjuk; pl. a szelvényeket lyukhatásra korrigáljuk, a zajt eltávolítjuk (szűrjük), a jelenséget kódoljuk stb.

— kiértékelés során valamit valamilyen értékűnek tekintünk vagy állapítunk, határozunk meg; azaz a feldolgozott adatot egyszerű vagy bonyolult formulák segítségével számunkra érdekes értékűvé alakítjuk, pl. szelvényekből porozitást, agyagtartalmat, víztelítettséget stb. határozunk meg;

— az értelmezés az a tevékenység, amelynek során valamit egy adott cél érdekében valamiből kikövetkeztetünk, lefordítunk, azaz a feldolgozott és kiértékelt adatokból földtani következtetéseket vonunk le; pl. szelvényválaszokat földtani nyelvre fordítunk, a szeizmikus időszelvényt sztratigráfiaialag értelmezzük, stb.

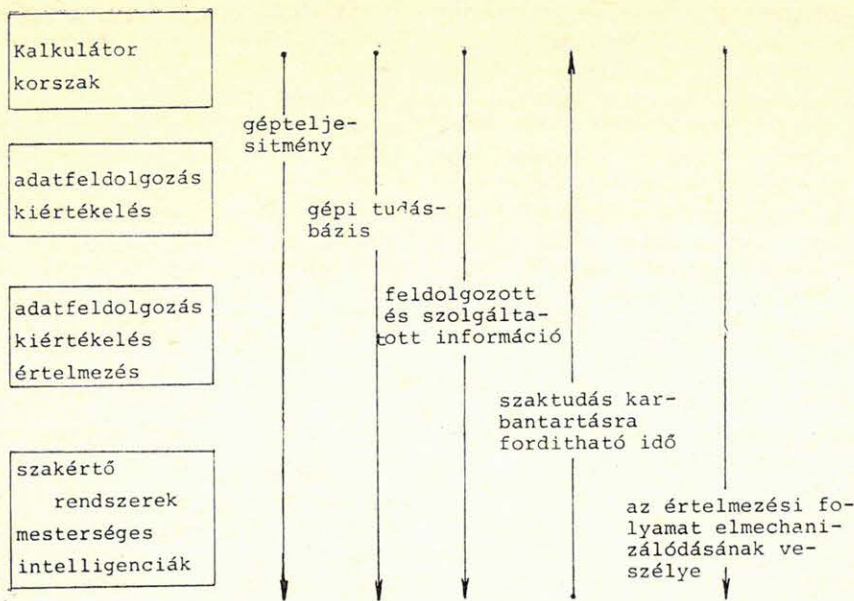
Az adatok értelmezési folyamatában a számítógépek szerepe a gépek fejlődésével fokozatosan növekedett (lásd ábra).

A teljesítmény fokozódásával a gépek tudásbázisa (tudásszintje) és a szolgáltatott információk mennyisége is növekedett. Sajnálatosan ezzel a gyors fejlődéssel párhuzamosan nem tartott (talán nem is tarthatott) lépést a szakembérgárda ez irányú szakmai fejlődése. Ennek okait hosszán lehetne boncolgatni, de most csak a leglényegesebb elemeit emeljük ki:

\* Geofizikai Kutató Vállalat, Budapest

\*\* Kőolajkutató Vállalat, Szolnok

„A számítástechnika szénhidrogénipari alkalmazásai az Alföldön” c. anketén elhangzott előadás.



Geo-90/9-1

- a kvantitatív szemlélet mindenek felett való erőltetése: a számok mögötti fizikai, geológiai realitások nagyvonalú kezelése;
- a felhasznált algoritmusok felületes ismerete;
- az új információk nem kellő mélységű (szakmai és tudományos) kezelése, vagy figyelmen kívül hagyása;
- megfelelő érdekeltség és normatív rendszerek hiánya;
- a szakmai továbbképzés, önképzés hiánya.

Ezek összetett hatása az értelmezési folyamat fokozatos elmechanizálódásához, a szakember aktív, döntési lehetőségeinek csökkenéséhez vezet. Mit tudunk tenni, egyáltalán mit tehetünk ezen fenyegető veszély elkerülése, megakadályozása érdekében.

A legfontosabb teendők — szerintünk — a következők:

1. *Modell-szemlélet erősítése.* Az értelmezési modell, mint ismeretes, olyan közelítések és feltételezések összessége, amelyek egyrészt az adott geofizikai módszer alapvető fizikai leírásával és mérési körülményekkel, másrészt a tárolóközzel, harmadrészt a modell és a „valóság” közötti viszony matematikai leírásával kapcsolatos. A modell felállításánál arra kell törekedni, hogy csak azokat a legfontosabb paramétereket tartalmazza, amelyek:

- elméletileg is bizonyíthatóan, a legmarkánsabban kapcsolódnak a meghatározni kívánt kőzet- vagy rétegjellemzőkhöz,
- ugyanakkor a mért mennyiségekkel a lehető legkevesebb áttétellel legyenek kifejezhetőek.

Ez a kettős, egyidejűleg teljesítendő kívánság megvalósulása szabja meg egy adott értelmezési modell gyakorlati alkalmazhatóságát, illetve az abból származó eredmények megbízhatóságát.

Gyakran hajlamosak vagyunk modelljeink túlbonyolítására. Olyan paramétereket próbálunk meghatározni, amelyek hatásai sokszor egyáltalán nem, vagy csak alig érzékelhetők méréseinkben, vagy éppen fizikailag a kapcsolatuk még tisztázatlan. Ilyenkor nem árt végig gondolni, hogy egy bizonytalan új paraméter mennyi kárt okozhat a jól definiált paraméterek vagy ami még lényesebb, számításaink végeredménye szempontjából.

Egy reális objektív modell szemléletnek kell tehát áthatni az értelmezési folyamat minden fázisát az adatfeldolgozástól kezdve a nyert végeredmény minősítéséig. Az értelmező szakember felelőssége, hogy egy adat (vagy adatsorozat) számítógépbe való „belépésétől” milyen változásokat, változtatásokat szenved, csorbult-e információ-tartalma, egyáltalán a végkövetkeztetés szempontjából milyen megbízhatóságú információt hordoz.

2. *A felhasznált programok működésének teljes ismerete.* Szakterületünk nagyon leegyszerűsítve kétféle programot használ:

- saját fejlesztésű és
- vásárolt programokat.

Míg a számítógépek szélesebb körű elterjedésének kezdetén a saját fejlesztésűek domináltak, ma már nagy részben hazai vagy külföldi intézményektől vásárolt programokkal dolgozunk. Ez utóbbiak közös jellemzője, hogy védettek, sok esetben „elvarázsoltak”, titokzatosak, csak alkotói ismerik igazán. A dokumentációk szűkszavúak, csak a leglényesebb futtatási utasításokat tartalmazzák. Mennyire bízhatunk meg a „fekete doboz” programokban? Nyilvánvalóan annyira, amennyire sikerült azokat működés közben megismerni és amennyire a szolgáltatott eredmények elfogadhatóak. Ezért elengedhetetlenül szükséges a programok rutin-folyamatban való alkalmazása előtti

tesztelése, elvi adatokkal történő, lehetőség szerint minden variációt figyelembe vevő futtatása.

Természetesen, amikor az algoritmusok teljes ismeretéről beszélünk, nem az a fő elvárás, hogy a programok által használt matematikai apparátust teljes egészében ismerjük, de mindenképpen kívánatos ismerni pl. azt, hogy egy iterációs algoritmus egy adott feladat megoldásában milyen veszélyeket rejt. Tekintsük a következő táblázatot, ahol a mélyfúrás geofizika válaszgyenletei közül néhány-  
nak az egyes, meghatározandó paraméterekre való érzékenységét tüntettük fel egy átlagos törmelékeny közetösszetétel mellett:

paraméter válasz egyenlet ↓	porozitá- s (FI)	mátrix térf. 1. (VMA1)	mátrix- térf. 2. (VMA2) %	telített- ség (SXO)
DEL	1,0	7,0	1,0	1,0
FINLM	11,0	0,3	—	1,0
ATL	4,5	4,0	1,0	3,0
RXO	22,0	—	—	23,5

(DEL a sűrűség, FINLM a neutronporozitás, ATL az akusztikus és RXO a kispert zóna ellenállásának válaszgyenletét szimbolizálja).

Látható, ha a fenti válaszgyenletekből alkotott egyenletrendszer adott korlátozó feltételek mellett iterációs úton akarjuk megoldani, akkor a paraméterek különböző érzékenysége alapvetően befolyásolja az iterációs lépésköz megválasztását. A paraméterek a válaszgyenlettől függően, hol gyorsabban, hol lassabban változnak az iteráció során, így a legérzékenyebb (leginkább változó) paraméterek gyorsabb változtatását a kevésbé érzékenyek nem követik. Ennek eredményeként a program futása akkor is befejeződhet, amikor az érzékenyebb paraméterek már pontosak ugyan, de az érzéketlenek még nem veszik fel tényleges értéküket.

Ez a probléma elsősorban a mátrix-jellemzőiben nem sokban különböző mátrixösszetevők térfogatának meghatározásánál jelentkezik. A teljes mátrixtérfogaton belül ugyanis a mátrixkomponensek, elég széles térfogattartományban, tetszőleges értékeket vehetnek fel (természetesen az anyagmérleg-egyenlet teljesülése mellett). Ez az ekvivalenciahatás a mátrixösszetevőkre leginkább érzékeny sűrűségi szelvényénél jelentős.

Hasonló jelenség lép fel, elsősorban a nagyobb porozitások tartományában, az ellenállás válaszgyenleténél is. Az RXO nagymértékben változik FI és SXO változtatásával (táblázat), amelyekre az egyenletrendszer legérzékenyebben és közel egyenlő mértékben reagál. Az iterációs algoritmus így a két változót a többitől szinte függetlenül és egymással ellentétesen „mozgatja” (FI növekedésével SXO csökken és fordítva). Ez azt eredményezheti, hogy a tényleges FI-tól és SXO-tól eltérő értékeknél is leállhat a program.

Sorolhatnánk a programok, az egyes megoldások rejtett buktatóit, de itt nem ez a célunk. Csupán a figyelmet szeretnénk felhívni arra, hogy a progra-

mok megfelelő mélységű tesztelésével a fentiekhez hasonló jelenségek felismerhetők és kiküszöbölhetők.

Szorosan ehhez a ponthoz tartozik, de fontosságánál fogva külön kiemelve tárgyaljuk a statisztikus algoritmusok problematikáját.

3. *A statisztikus algoritmusok teljes kihasználása.* Jelenleg kevés olyan értelmezési rendszer működik, amelynek ne lenne valamilyen statisztikai alapon működő program része, ezért különösen fontos az ezek által szolgáltatott eredmények hozzáértő kezelése. Ezzel kapcsolatban két lényeges problémára szeretnénk felhívni a figyelmet:

- az egyik a hibajellemzőkkel
- a másik a statisztikai algoritmusok robusztusságával kapcsolatos.

A statisztikus algoritmusok óriási előnye, hogy számított végeredményeinket a *hiba-jellemzők* keresztül minősíteni tudjuk, képet kapunk azok megbízhatóságáról. Úgy érezzük azonban, hogy miközben a statisztikák teljesen meghódítják szakmánkat, nem fordítunk kellő figyelmet a hibák értelmezésére és közlésére. Tudjuk, az eddigiek során nem volt illendő egy adat megbízhatóságáról beszélni, mert az esetleg az illető szakma presztízsét rontotta volna. Úgy gondoljuk, hogy ezeket nem szabad elhallgatni még akkor sem, ha azok a hibák megdöbbentő nagyságúak. Ma amikor az információk nagyfokú integrációját tűzzük ki célul, a régi szemlélet továbbvitele károsan hatna erre a folyamatra. Az integrációban résztvevő szakterületek egymás iránti amúgy sem túl nagy bizalma tovább csökkenne. Merjük kimondani adataink korlátait, hibáit, megbízhatóságát; legyünk őszinték és a „szakma fényre derül”.

A hibajellemzők kellő ismerete és értelmezése egy adott folyamat megítélésén, minősítésén felül további lehetőségeket teremt számított eredményeink pontosságának a növelésében. Ha vesszük magunknak a fáradtságot és a számított eredmények mellett azok hibáit is értelmezzük (nem pedig egy pusztá számsorként fogjuk fel), akkor például kiderülhet az, hogy a hiba-szelvény hirtelen változása az értelmezési modell megváltoztatását jelentheti és egy újabb, arra a szelvényszakaszra vonatkozó modellel az értelmezés pontosítható.

A geológiában és a geofizikában alkalmazott statisztikus algoritmusok zöme a hagyományos, Gauss- (normális) eloszlást feltételező statisztikai eljárásokra épül. Gyakorlati tapasztalataink azonban azt mutatják, hogy adatrendszerünk *sokszor még közelítően sem a Gauss-eloszlást követik* és gyakran az adatok tömörödésétől távol eső értékeket, ún. *kieső pontokat* is tartalmaznak. Ezeket a következő fő jelenségek okozhatják:

- a modellnél figyelembe nem vett hatások,
- az elméleti feltételek még közelítően sem teljesülnek (pl. a rétegek horizontális és vertikális irányban is inhomogének),
- mérési hibák.

Ezen felül számítani kell arra, hogy méréseink (mag- és szelvényadatok egyaránt) csak ritkán reprodukálhatók (nem úgy, mint pl. egy egyszerű súlymérés). Nincs tehát lehetőségünk, hogy a

Az összevont szám ára: 65,—Ft