

# Egyszerű eljárás szeizmikus reflexiók automatikus kijelölésére

K É S M Á R K Y I S T V Á N - T H U M A A T T I L A

*Az előadásban a szerzők olyan egyszerű és gyors eljárást mutatnak be a reflexiók kijelölésére, amely a szeizmikus értelmezésében szükséges szintkijelölést objektivebbé teszi. Az eljárás különösen olyan feladatok megoldásához nyújthat segítséget, ahol a szintkijelölések bizonytalanok vagy többértelműek.*

*Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzeménél kifejlesztett kiértékelési programrendszer elvi működése két fázisra bontható!*

*1. A szomszédos csatornák különböző dőlések menti összegén végzett hipotézis-vizsgálattal elemi reflexiók események kijelölése.*

*2. Horizontkijelölés és osztályozás a számítógépes alakzatfelismerés matematikai eszközeivel. (mondatszerkezeti képanalízis)*

*В докладе представляется простой и быстрый способ маркировки отражений, который сделает более объективным намерение горизонтов, необходимое при интерпретации сейсмозаведочных данных. Способ может оказаться особенно полезным при решении таких задач, в которых намерение горизонтов является неопределенным или многозначным.*

*В принципиальную основу способа лежит гипотезное исследование по суммам соседних каналов, накопленным при различных наклонах.*

*In the paper the authors present a simple and rapid technique to mark seismic reflections, which makes the marking of horizons needed for seismic interpretation more objective. This technique may contribute particularly to the solution of tasks, where the marking of horizons is uncertain or ambiguous.*

*Functioning of the interpreting programpackage developed at the Geophysical Exploration Company of the Hungarian Oil and Gas Trust, can be divided into two main parts:*

*1. Picking of elementary reflection events using a hypothesis test carried out on the sum, computed from neighbouring traces along various dips.*

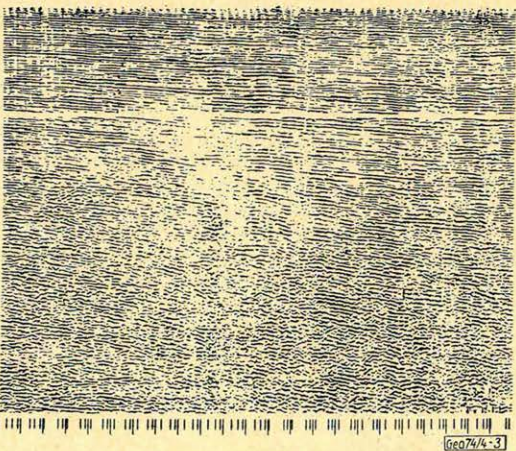
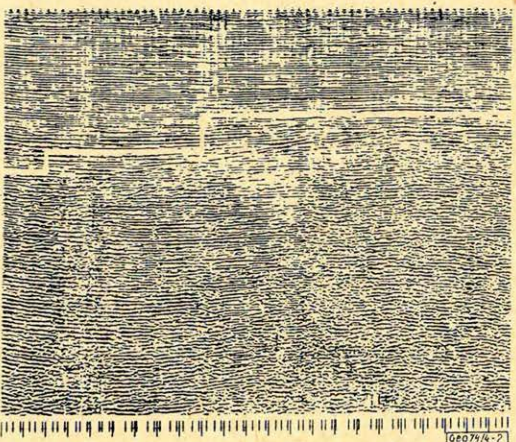
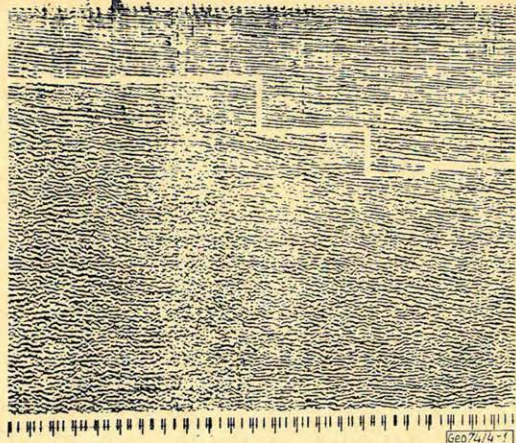
*2. Marking and classifying of horizons by the mathematical tools of computer pattern recognition (phrase structure picture analysis).*

## A földtani probléma

A szeizmikus időszelvényeken gyakran kell kijelölnünk olyan nagy dőlésű felületeket, melyekre intenzív, közel vízszintes többszörösök szuperonálódnak. A nagy dőlésű felület jelenlétére sokszor csak reflexió-töredékek, esetleg egyéb geológiai megfontolások vagy adatok utalnak. Az ilyen feladatok megoldása rendkívül bizonytalan, mégis gyakran kényszerül a geofizikus az ilyen szintek kijelölésére is.

Különösen nehéz az alaphegység reflexióinak követése a nagyenergiájú, közel vízszintes többszörösökön keresztül.

Az 1-3. ábra erre mutat tipikus példát. Korábban auto- és retrokorrelációs szelvényekkel kimutatták, hogy a szelvény alsó felében levő erős koherens beérkezések többszörösök. A kiértékelést megnehezíti, hogy a föltételezett lejtos lemenet energiája ezeknél jóval kisebb. A megtévesztő energiaviszonyok miatt egy lépcsős vető gondolata is felmerülhet, mint lehetséges megoldás. A kőolaj-perspektivitás becslése és a fúrások telepítése szempontjából nagy jelentősége van a különböző lehetőségek közti döntésnek.



1-3. ábra. A szabványosan feldolgozott szelvény, A/D konverzió, korrekciók, automatikus statikus alkalmazás és 600%-os stacking után. A vonal fölött, a jó jel/zaj arány miatt, szigorúbb detekálási kritériumot fogunk alkalmazni

Рис. 1-3. Разрез, обработанный стандартным способом, после проведения преобразования аналог-код, ввода поправок, автоматического ввода статических поправок и 600%-ного накопления. В связи с благоприятным отношением сигнал/шум будет применяться более строгий критерий детектирования

Fig. 1-3. Normally processed section, after A/D conversion normal-, static-, automatic corrections and 600% stacking. Above the line, due to good signal/noise ratio, more rigorous criteria of detection will be applied

A digitális szeizmikus feldolgozás során lehetőség van olyan speciális programok alkalmazására, melyek megkönnyítik az ilyen problémák megoldását. Számos lehetőség közül egy egyszerű statisztikai jeldetektálási módszert választottunk. Az eljárással néhány konkrét esetben sikerült tisztázni a tényleges viszonyokat, vagy legalábbis érvet szolgáltatni az egyik, vagy másik megoldás mellett.

### Bevezetés

Az általunk bemutatásra kerülő eljárást elveiben már az analóg-korszakban is alkalmazták.

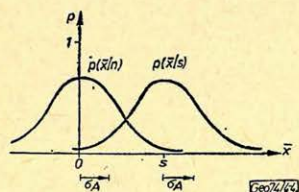
A matematikai statisztika segítségével bizonyos számú mérési adatból, melyeket valamilyen eloszlásból vett véletlen mintáknak tekintünk, következtetéseket vonhatunk le az eloszlás tulajdonságaira.

Az eloszlás paramétereire tett minden föltevés ( $H_i$  hipotézis) az elkövethető véletlen hibák miatt csak bizonyos  $p_i \leq 1$  valószínűséggel igaz. Nagy számú konkrét esetre a helyes hipotézis választásának relatív gyakorisága megközelíti az illető  $p_i$  valószínűséget. Két hipotézis esetén kétféle hibát követünk el:

$H_1$  hipotézis elfogadása, midőn  $H_0$  igaz (elsőfajú hiba), és  $H_0$  elfogadása, mikor  $H_1$  hipotézis igaz (másodfajú hiba).

Optimális döntési stratégiának nevezzük azt a választási kritériumot, mely rögzített elsőfajú hibavalószínűség mellett minimalizálja a másodfajú hiba valószínűségét.

A jeldetektálási feladatnál a „ $zaj$ ”, illetve „ $jel + zaj$ ” hipotézisét vizsgáljuk. Valamilyen statisztikai függvény (például egy dőlésmenti csatorna-átlag) konkrét értékéről kell eldöntenünk, hogy a két hipotézisnek megfelelő két eloszlás közül melyikből származik (4. ábra).



4. ábra. A két hipotézis által meghatározott kétfeltételes valószínűség-sűrűségfüggvény

Рис. 4. Функция плотности условной вероятности, определенной по двум гипотезам

Fig. 4. Two conditional probability – density function as determined by the two hypotheses

Adott  $\bar{x} = C$  minta esetén annak valószínűsége, hogy a kapott érték „ $jel + zaj$ ”;

$$P = \int_C^{\infty} p(\bar{x}|s) d\bar{x}$$

Hogyan értelmezhető a jeldetektálás elméletének az az állítása, hogy egy időszelvény bizonyos helyén például  $P = 0,6$  valószínűséggel egy bizonyos reflexióelem van? Természetesen a megfelelő réteghatár vagy létezik, vagy nem. Az ellentmondás a Shannon-féle jelentrópia (bizonytalanság) fogalmának bevezetésével oldható fel. Belátható, hogy a kiértékelés utáni (a posteriori) valószínűség kis értéke lényegében a kérdéses réteghatárról szerzett kevés információt jelent. Az információt kétféle módon növelhetjük: megfelelőbb terepi metodika megválasztásával, illetve finomabb feldolgozási és detektálási eljárások alkalmazásával.

Világos, hogy az első *jel/zaj*-energianövelési mód lényegesen költségesebb. A terepi adatok megfelelő információtartalma azonban elengedhetetlen. Gazdaságosnak látszik tehát az adott terepi anyagban meglévő információk maximális feltárása és kihasználása.

A számítógépes reflexiókijelölés legfőbb előnye a kézi kiértékeléssel szemben, hogy az optimális döntési stratégia következetesen megvalósítható [Green, Swets 1966].

Összefoglalva: célunk az emberi kiértékelői tevékenység modellezése. Természetesen a modell primitív; nem helyettesítheti, csupán segédeszköze lehet az emberi munkának.

### *Az eljárás leírása*

Vizsgáljuk meg valamely időszelvény  $n$  darab szomszédos csatornáját. Egy adott dőlésű egyenes-menti átlag az egyenes és a csatornák metszéspontjaiban vett  $n$  darab mintából áll elő.

Válasszuk a következő igen egyszerű csatorna-modellt:

Minden csatornaelem egy  $\sigma$  szórási normális eloszlásból vett „*zaj*”-minta, melyhez bizonyos reflexiótengelyek mentén hozzáadódik egy ismert  $s(t)$  „*jel*”-érték.

Ha a vizsgált egyenes egybeesik egy reflexiótengellyel, akkor az összes  $s$  jel-minta azonos, azaz csupán az átlag várható értéke tolódik el  $s$  értékével.

Föltesszük, hogy a csatornák *zaj*-mintái egymástól függetlenek. A normális eloszlás föltételezése szeizmikus anyagra indokolt.

Az átlag eloszlása szintén normális,

$$\sigma_A = \sigma/\sqrt{n} \text{ szórással.}$$

Az adott dőlés mentén vett átlag-csatorna minden lokális szélső érték helyén két hipotézisünk van:

$H_0$ : A számított átlag nulla közepű Gauss-eloszlásból vett minta (*zaj* esete)

$H_1$ : A számított átlag  $s \neq 0$  közepű Gauss-eloszlásból vett minta (*jel + zaj* esete)

Ez utóbbi hipotézis összetett, azaz  $s$  értéke különböző lehet.

Célszerű ezért egy általunk választott kis *jel/zaj* energia-arányra konstruálni optimális döntési stratégiát, mivel nagyobb *jel/zaj*-arány esetén szuboptimális döntés is megfelelő.

A két hipotézist jellemző eloszlás-függvények:

$$H_0 : N(0, \sigma_A), \quad H_1 : N(s, \sigma_A),$$

ahol  $s \cong s_k$  teljesül a választott  $s_k$  kritikus jelamplitúdóra.

A Neyman – Pearson lemma alapján meghatározható az optimális döntési stratégia:

A  $H_0$  hipotézist elvetjük, ha az

$$l_{(x)} = \frac{N'(s_k, \sigma_A)}{N'(0, \sigma_A)} \text{ likelihood-arány}$$

nagyobb egy  $c$  küszöbnél. Ellenkező esetben a  $H_0$  hipotézist elfogadjuk. Mivel az  $l_{(x)}$  likelihood-arány két Gauss-görbe hányadosa (monoton függvények),

a fenti stratégia ekvivalens a számított átlagnak egy  $c'$  küszöbvel való összehasonlításával.

A detektálási- és vakláрма-valószínűségek és a  $c$ , illetve  $c'$  küszöb kiszámítását mellőzzük, az irodalomban megtalálható.

Az eljárás megvalósítása két fázisra bontható:

### 1. Információ nyerés:

Időben és térben változtatható paraméterek szerint az időszelvény elemi részekre — reflexióelemekre — bontása a vázolt, vagy egyéb detektálási eljárással. A kapott elemek tértablakonkénti tömbökben való tárolása. Az eredmények a sok tévesen detektált elem miatt általában ekkor még áttekinthetetlenek.

### 2. Horizontkeresés, szelektálás:

A nyers reflexióelemeken idő- és dőlésbeli illeszkedés alapján horizontok kijelölése. A horizontok hossz, energia stb. szerinti osztályozása, szelektálása, tetszés szerint.

A második fázis a számítógépes alakzatfölismerés körébe tartozik, ami a számítógépek alkalmazásának egyik legérdekesebb területe. Sikerrel alkalmazták szatellitafényképfelvételek automatikus elemzéséhez, ködkamrafelvételek vizsgálatához, genetikus betegségek elektronmikroszkópos felvételeinek automatikus kromoszómaanalíziséhez, emberi arc felismeréséhez stb. A geofizikai alkalmazás a bemutatandó terepi példák alapján biztatónak látszik.

Az elmélet a mondatszerkezet-elemzés analógiáira épül [Feder 1969]. Definálni lehet tovább már nem bontható „terminál képelemeket” és ezek tetszőleges együttesét tartalmazó „nemterminál képelemeket”. A nyelvtani szabályok összessége írja le a nemterminál elemek terminál elemekre való lebontását, az egyes képelemek kapcsolódásának figyelembevételével. Esetünkben a terminál-elemeket a statisztikai jeldetektálás elmélete szolgáltatja (1. fázis), a nyelvtani szabályok pedig (ún. reguláris nyelvtan)

$$A \rightarrow \{a \text{ vagy } Ba\}$$

alakúak, ahol  $A$ ,  $B$  nemterminál — és  $a$  terminál elem.

A  $B$  és  $a$  kapcsolatának definíciója az illeszkedés hibakorlátainak megfelelően rugalmasan változtatható, és csak a két szomszédos terminál elemtől függ. Szemléletesen a fenti nyelvtan azt jelenti, hogy egy reflexióelem-lánc (horizont) jobboldali végéhez egy új reflexióelem kapcsolódhat.

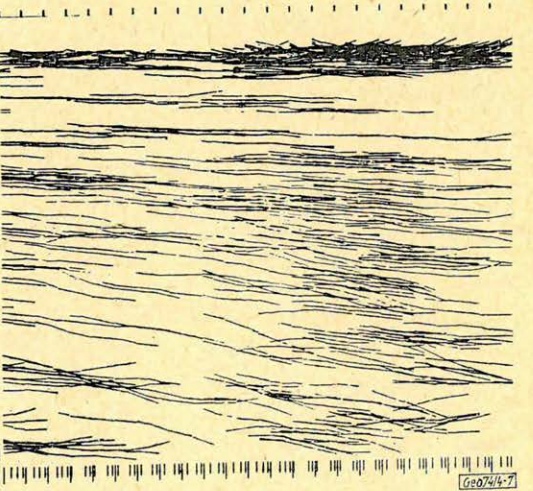
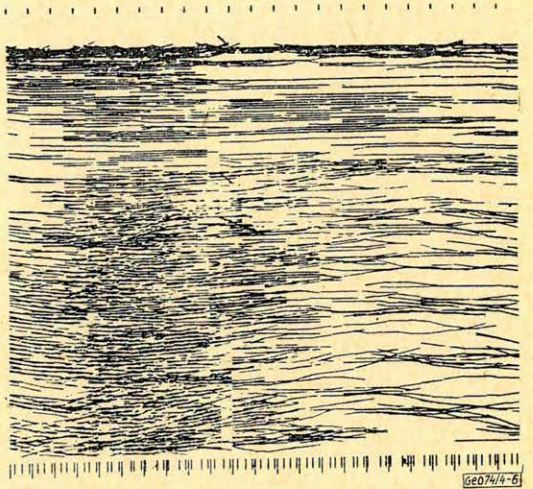
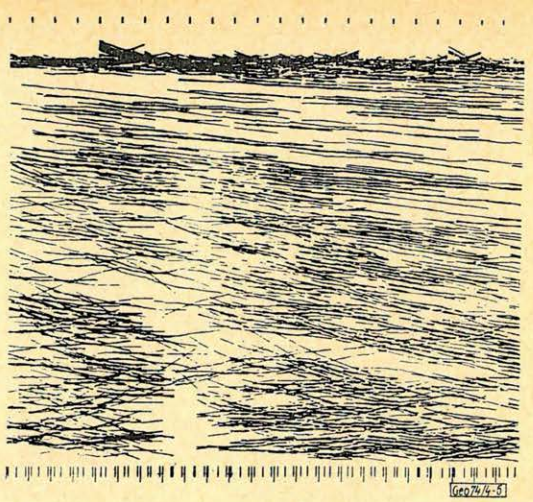
A második fázist a nyelvtani szabályok fordított irányban való alkalmazásával valósítjuk meg, azaz a szabályok kielégítése mellett a terminál-elemekből nemterminál elemeket (horizontokat) próbálunk fölépíteni. A nyelvtani szabályokat ki nem elégítő alakzatokat nem fogadjuk el értelmezhető horizontoknak.

Bármely fázis megjeleníthető időszelvény formájában.

### Eredmények

Az eljárást a korábban említett alaphegységi lejtők kimutatására, illetve kutatására alkalmaztuk.

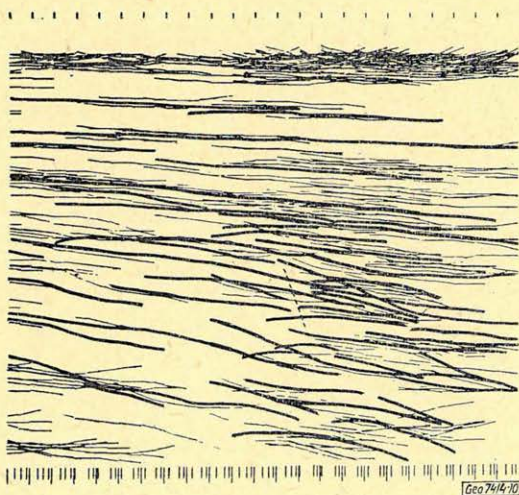
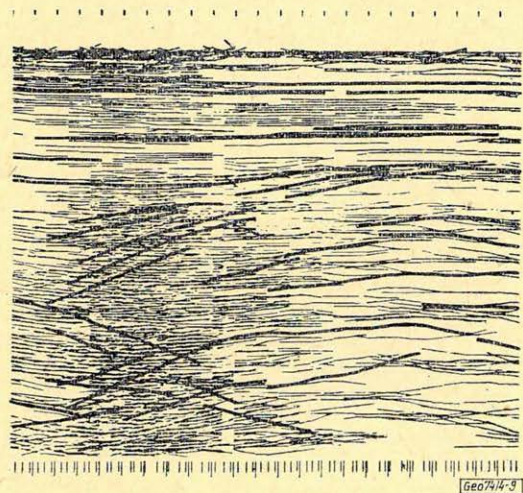
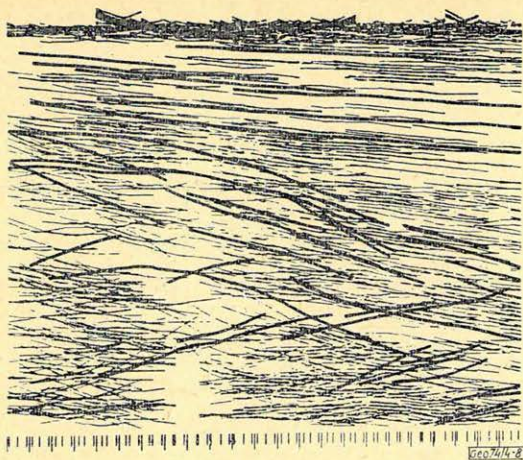
Alkalmazási például egy Mosonmagyaróvár melletti szelvény három egymásba kapcsolódó részletét mutatjuk be. Az első képsorozat (1–3. ábra) mu-



5-7. ábra. Az időben és térben (CDP) változóan megadott minimális hosszkorlát szerint kiválogatott horizontok

Рис. 5-7. Горизонты, подобранные по минимальному ограничению по длине с изменениями во времени и пространстве (ОГГ)

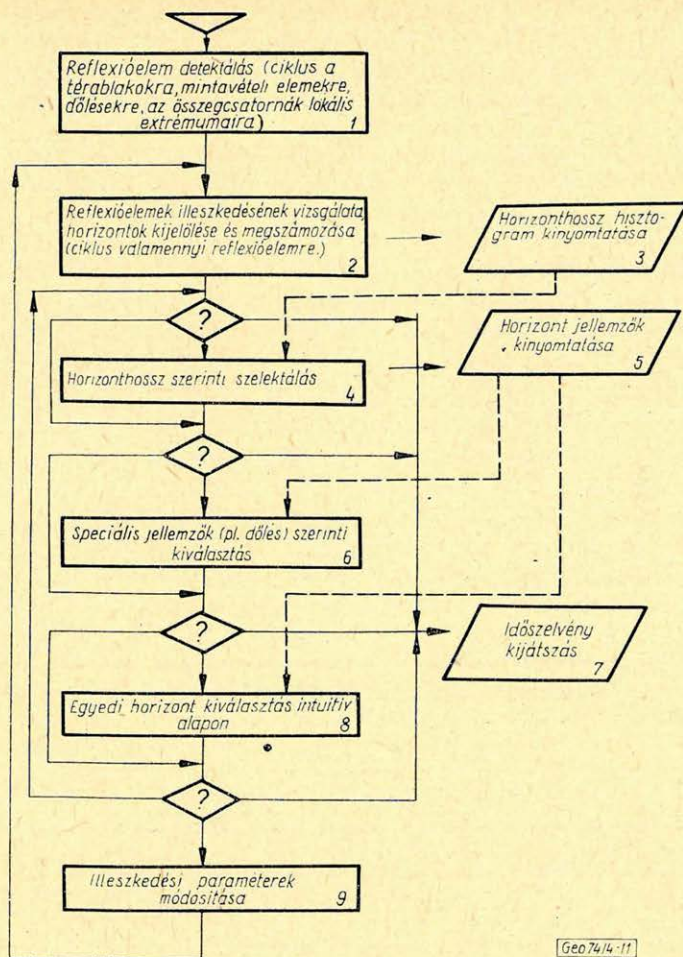
Fig. 5-7. Horizons selected according to a minimum length limit changing in time and space (CDP)



8-10. ábra. Az 5-7. ábra kiértékelés számára megfontolandó, érdekes horizontjai megvastagítva. A 8-9. ábrán V alakú völgy jellegzetes reflexió képe látható. A 10. ábrán vetőzóna van, diffrakcióra utaló horizontok

Рис. 8-10. Интересные для интерпретации горизонты рис. 5-7. На рис. 8-9 представлена характерная картина отраженных волн долины формы буквы V. На рис. 10. выделяется зона нарушений с площадками, указывающими на наличие дифракции

Fig. 8-10. Horizons of interest for interpretation from fig. 5-7. Fig. 8-9. show the typical reflection picture of a V-shaped valley. Fig. 10. represents a fault zone with horizon elements suggesting diffraction



11. ábra. A programrendszer vázlatos folyamathálója. A „?” esetenkénti felhasználói döntést szimbolizál

Рис. 11. Схема системы программ. „?” означает возможность решения пользователем 7. Выделение отражающих площадок (цикл для пространственных окон, элементов квантования, ноклона, локальных экстремумов суммотрасс). 2. Изучение согласования отражающих площадок, выделение и оцифровка горизонтов (циклы для всех отражающих площадок). 3. Печатание гистограммы длины горизонта. 4. Селекция по длине горизонтов. 5. Печатание характерных особенностей горизонтов; 6. Выборы по специальным особенностям (напр. по наклону); 7. Представление временного разреза. 8. Выбор отдельных горизонтов на интуитивной основе. 9. Изменение параметров согласования

Fig. 11. Schematic flow chart of the program system, „?” denotes occasional decisions by users. 1. Detection of the reflection elements (cycles for space windows, sampling elements, dips, local maxima of the sum of the traces) – 2 investigation of the matching of reflection elements, marking and numbering the horizons (cycle for all reflection elements) – 3. printing the hystogram of horizon lengths – 4. selection according to horizon length – 5. printing the characteristics of horizons – 6. selecting special characteristics (e.g. according to dip) – 7. display of time-section – 8. selecting individual horizons on intuitive basis – 9. modification of matching parameters



tatja a szabványos végleges feldolgozás eredményét. A második képsorozat (5–7. ábra) olyan horizontokat tartalmaz, melyeket időben és térben változóan megadott hosszkorlát szerint válogattunk ki. Ez az eredetileg talált horizontok kb. 20%-a. A harmadik képsorozatnál (8–10. ábra) az előző állapot kiértékelés számára érdekes horizontjai vannak megvastagítva, a precíz kiértékelés igénye nélkül.

Az alaphegységi kiemelkedés két oldalának eltérő jellege és közelítő alakja ebben az állapotban már kivehető. Az egyes feldolgozási állapotok természetesen állandó felhasználói ellenőrzést és irányítást kívánnak meg. A programrendszer interaktív felhasználói beavatkozások sorozatát teszi lehetővé; minden program bemenő paramétereit az előző programok kimenő adatai és a kiértékelő intuíciói határozzák meg. A kapott horizontok és egyes paraméterek bizonytalansága miatt az eredmények a felhasználó által bármikor felülbírálhatók. Szükség esetén a paraméterek célszerű megváltoztatása után az egyes állapotok újra generálhatók (11. ábra).

*Összefoglalva:*

Az eljárás alkalmazása többlet-információt szolgáltatott a kiértékelés számára, így hasznos segédeszköznek bizonyult a szeizmikus értelmezésben.

A közeljövőben az eljárást a háromdimenziós (*t*, *NMO*, *CDP*) térre is kiterjesztjük. Ilyen jellegű programok alkalmazása gazdaságos, főleg, ha a szelvény újramérése megtakarítható. Az alkalmazás alapja az optimális detektálás és a kézi kiértékelés közti objektív minőségi különbség [Green, Swets].

#### IRODALOM

- D. M. Green, J. A. Swets: Signal Detection Theory and Psychophysics* John Wiley & Sons Inc. 1966.  
*J. Feder: Linguistic Specification and Analysis of Classes of Line Patterns* NYU. Technical report 403–2 (1969).

---

## Lapszemle

Alföldi Olajbányász X. évf. 1974 április.

*Szerző nélkül: A szénhidrogén-kutatás növelésért*, 1. old.

Az országos szénhidrogénkutatás helyzetét elemezve a Minisztertanács 1973 augusztusában határozatot hozott, mely szerint gondoskodni kell újabb szénhidrogénkészletek felkutatásáról. A kutató tevékenységben fokozni kell a tervszerűséget, javítani kell a munka színvonalát, ezen keresztül növelni kell a kutatómunka hatékonyságát.

A határozat végrehajtásával kapcsolatos munkák helyzetének áttekintésére Lőrinc Imre nehézipari államtitkár tanácskozást hívott össze a közelmúltban Algyőre, ahol Dank Viktor kutatási vezérigazgató ismertette a szénhidrogénkutatás országos koncepcióját. A vitában többek között leszögezték azt, hogy „Az előkutatásokhoz biztosítani kell a modern geofizikai eszközöket úgy, hogy az V. ötéves terv kezdetére az alföldi kutatás során évi 200 km hosszban végezdhessenek szeizmikus feltárást.”

*T. G.*