

## Szeizmikus attributumok számítása

BACSA ISTVÁN\*—BONDÁR ISTVÁN\*—MESKÓ ATTILA\*\*

*A szeizmikus attributumok: pillanatnyi reflexió erősség, pillanatnyi fázis, súlyozott átlagos frekvencia és látszólagos polaritás. Az attributumokat a komplex szeizmikus csatornából vezeték le, melynek valós részét a mért csatorna, képzetes részét annak Hilbert-transzformáltja adja. A dolgozat képleteket ad a mennyiségek digitális számítására, hangsúlyozva a megfelelő simítás szerepét. A szelvények utolsó, megjelenítés előtti javítására a kétváltozós mediánszűrést javasolja. Röviden ismerteti az attributumok szerepét az értelmezésben. Végül sztratigráfiai modelleken illusztrálja az attributum szelvények felhasználását.*

*Сейсмические характеристики: интенсивность мгновенных отражений, мгновенная фаза, средне взвешенная частота и кажущаяся полярность. Характеристики получены из комплексного сейсмического канала, из которого действительная часть — измеряемый канал, комплексная часть — его преобразование Гильберта. В работе даны формулы для цифрового расчета количественных характеристик, подчеркивается роль сглаживания.*

*The seismic attributes are as follows: instantaneous reflexion amplitude, instantaneous phase, weighted average frequency and apparent polarity. The attributes can be derived from the complex seismic trace. The real part of the complex trace is the measured trace itself, its imaginary part comes from the Hilbert transform of the seismic trace. The paper presents formulas for the numerical calculation of the attributes emphasizing the role of smoothing. The two dimensional median filter is proposed as the last processing step before the visualization. The role of the attributes in the interpretation is reviewed.*

*Finally the application of the attribute sections is illustrated by model examples.*

### Bevezetés

A szeizmikus csatornából számított, jelenleg legtöbbször használt attributumok: a reflexióerősség, fázis, pillanatnyi frekvencia és polaritás. Valamennyi attributum definíciója az analitikus csatorna vagy komplex csatorna bevezetésén alapszik. Ebben *Bracewell, 1965* gondolatmenetét követjük, aki a mért csatornát a komplex jel valós részének tekintette és a képzetes részt Hilbert-transzformációval határozta meg.

A szeizmikában az attributumokat először *Taner és Sheriff, 1977* használta sztratigráfiai kiértékelésben és szénhidrogén detektálásban. Részletes levezetéseket is tartalmaz *Taner, Koehler és Sheriff, 1979* munkája. Az első beszámoló (*Taner, 1976*) óta eltelt évtizedben az attributumok számítása és felhasználása a megfelelő hardware-rel rendelkező geofizikai számítóközpontokban általánossá vált. Az attributumokat színesen jelenítik meg. Ez lehetővé teszi, hogy szükség esetén az eredeti időszelvény valamilyen ábrázolása is megmaradjon. A megfelelő hardware a színes softcopy és hardcopy egység.

A magyar szakemberek is elég gyorsan felismerték az attributumokban rejlő lehetőségeket. Ipari alkalmazásukra eddig a hardware hiánya miatt nem került sor.

\* MTA SZTAKI, Budapest

\*\* ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest



A szeizmikus munkaállomások szolgáltatásai közé tartozik a felsorolt mennyiségek számítása. A számítások elég gyorsan elvégezhetők mikroszámítógéppel, gondot a megjelenítés okoz. A szín bizonyos mértékig helyettesíthető különböző árnyékolással, de ez nem egyenértékű helyettesítés: kevesebb és kevésbé feltűnő különbség kifejezésére alkalmas. Jelen dolgozatban – kényszerűségből – ezt az utat választottuk.

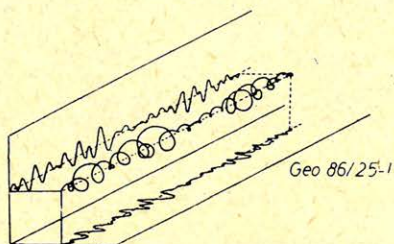
Bár az alapformulák ismeretesek, a valóban jó attributumszelvények előállításához több javításra van szükség. Ezek közül az operátorok változtatását csonkítófüggvényekkel és a mediánszűrést ismertetjük.

### A komplex csatorna és az attributumok

Az analitikus jelet az 1. ábra térgörbéje szemlélteti. Alakja:

$$A(t)e^{i\Phi(t)} \quad (1)$$

melyben  $A(t)$  az amplitúdó,  $\Phi(t)$  a fázis időbeli változását leíró függvény. Feltételezzük, hogy  $A(t)$  lassan,  $\Phi(t)$  közel lineárisan változik. A térgörbe vetülete a vízszintes síkra adja a valós részt, melyet a szeizmikus csatornával azonosítunk.



1. ábra. Az analitikus jel

Рис. 1. Аналитический сигнал

Fig. 1. The analytical signal

A vetület a függőleges síkon az analitikus csatorna képzetes része. Mivel a két vetítési sík egymásra merőleges, a képzetes részt a szakirodalomban gyakran a mért szeizmikus csatornára,  $g(t)$ -re merőleges csatornának nevezik és  $g_{\perp}(t)$ -vel jelölik (Sheriff, Geldart, 1983). Ezekkel a jelölésekkel az (1) így is írható:

$$g_{an}(t) = A(t) \cos 2\pi\Phi(t) + A(t) \sin 2\pi\Phi(t) = g(t) + jg_{\perp}(t). \quad (2)$$

Az  $A(t)$  függvényt gyakran burkolónak vagy – szeizmikus alkalmazásokban – reflexióerősségnek is nevezik. A (2) felírás alapján nyilvánvaló, hogy ha a  $g_{\perp}(t)$  függvényt ismernénk, abból az  $A(t)$  függvényt számíthatnánk:

$$A(t) = [g^2(t) + g_{\perp}^2(t)]^{1/2}. \quad (3)$$

Meghatározható volna a  $\Phi(t)$  fázis is:

$$\Phi(t) = \arctg \frac{g_{\perp}(t)}{g(t)}. \quad (4)$$

A fázis és frekvencia kapcsolata állandó frekvencia esetén:  $\Phi(t) = 2\pi f_0 t$ . Ebből következik, hogy lassan változó frekvencia esetén a frekvenciát célszerű az

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (5)$$

képlettel definiálni.

A (3), (4) és (5) egyenletek az ún. pillanatnyi amplitúdót, fázist, illetve frekvenciát definiálják. Meghatározhatóságuk feltétele, hogy képesek legyünk számitani a  $g_{\perp}(t)$  függvényt. Ismét a (2) egyenletből indulunk ki. Ha  $A(t)$  és  $f(t)$  állandó volna, az eredeti és a mérőleges csatorna:

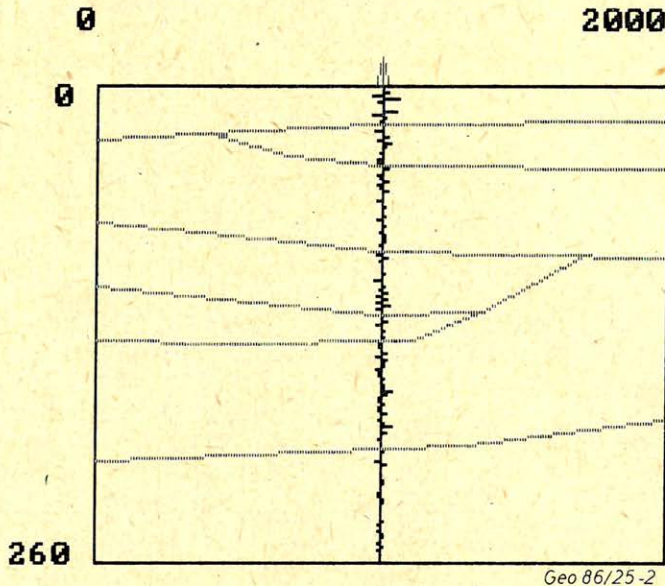
$$g(t) = A_0 \cos 2\pi f_0 t$$

$$g_{\perp}(t) = A_0 \sin 2\pi f_0 t$$

alakúvá egyszerűsödne. Mivel  $\cos 2\pi f_0 t$  Hilbert transzformáltja  $-\sin 2\pi f_0 t$ , a speciális esetben:

$$g_{\perp}(t) = -g_{Hi}(t). \quad (6)$$

A kapcsolat érvényességét általában is feltételezzük és a mérőleges csatornát a mért szeizmikus csatorna Hilbert transzformálásával állítjuk elő. Tudatában kell lennünk, hogy (6) csak közelítés, amely annyira jó, amennyire igaz, hogy az amplitúdó és frekvencia állandó. A szeizmikus gyakorlatban ez szinte soha sem következik be. Nem meglepő emiatt, hogy a pillanatnyi amplitúdót, fázist és frek-



2. ábra. Modell

Рис. 2. Модель

Fig. 2. The model

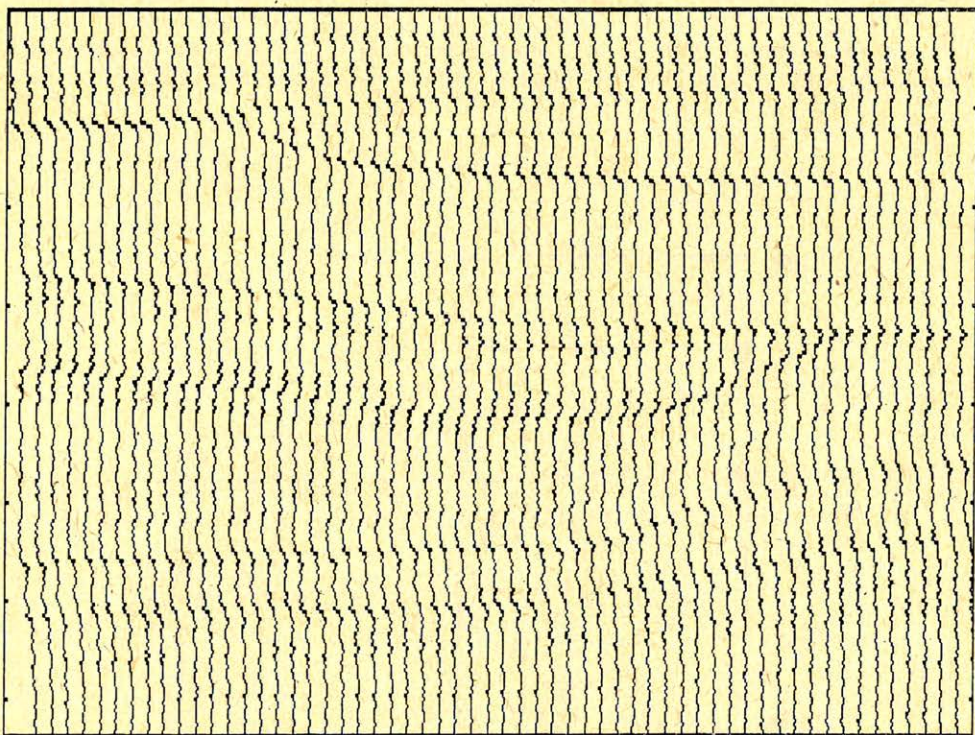


venciát átlagolással, simítással, vagy más műveletekkel kell értelmezhető, áttekinthető alakra hozni.

A pillanatnyi amplitúdót rendszerint néhány pontos simítószűrővel alakítjuk át, ez adja a már ábrázolható, értelmezhető reflexióerősséget. A fázis esetén hasonló a helyzet. Különös gondot kell fordítani a frekvencia számítására. A fázist a (4) egyenletből kapjuk, emiatt figyelni kell  $g(t)$  és  $g_{\perp}(t)$  előjelét, továbbá az (5) alkalmazása során azt is szem előtt kell tartani, hogy (4) mindig  $0$  és  $2\pi$  közé eső eredményt ad, míg (5) feltételezi, hogy a fázis folytonos. Gondoskodnunk kell arról, hogy a  $2\pi$  határ átlépésekor a deriválás megfelelő eredményt adjon. Másképpen fogalmazva: *folytonossá kell tenni* a számos,  $2\pi$  nagyságú ugrást tartalmazó fázisfüggvényt. Még ha minderről gondoskodunk is, a pillanatnyi frekvencia gyors, rendezetlennek tűnő változásokat is mutat. Gyakran súlyozott átlagolást használunk simább, jobban kiértékelhető frekvenciafüggvény előállítására. A súlyokat a reflexióerősség adja:

$$\hat{f}(t) = \int_{t-T/2}^{t+T/2} A(\tau) f(\tau) d\tau. \quad (7)$$

Az így levezetett frekvenciát a szakirodalomban *súlyozott átlagolt frekvenciának* nevezik.



Geo 86/25-3

3. ábra. Impedancia szelvény

Рис. 3. Импедансный разрез

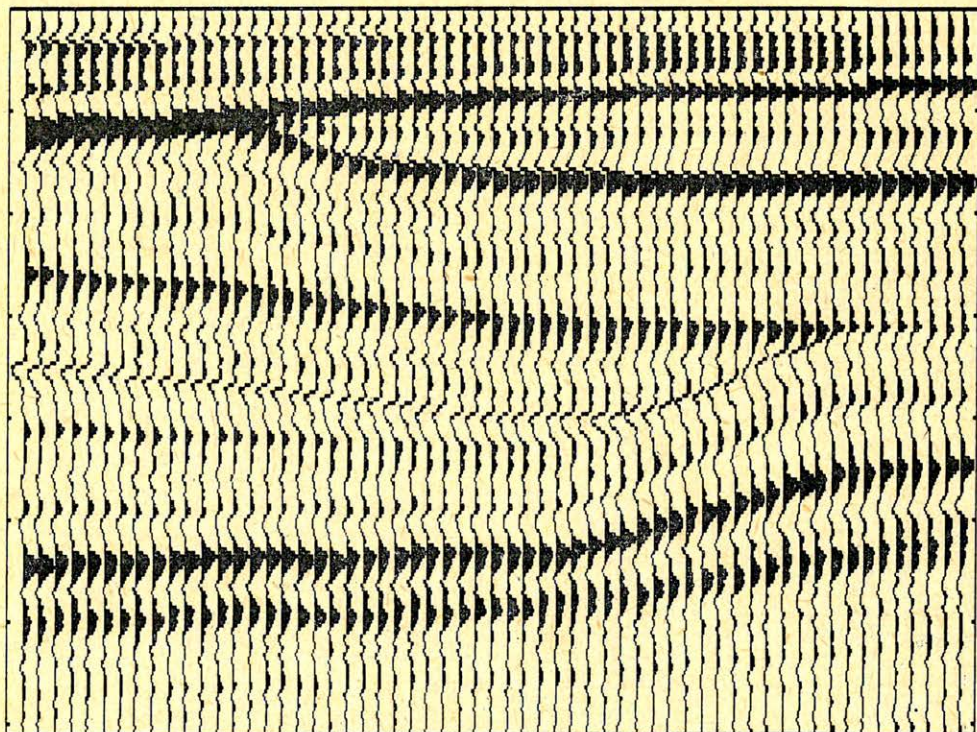
Fig. 3. The impedance section



A negyedik attributum, a *polaritás* definíciójában az eredeti csatorna és a pillanatnyi amplitúdó vagy reflexióerősség (= simított pillanatnyi amplitúdó) értékei játszanak szerepet. A polaritás az eredeti csatorna előjele azokon a helyeken, ahol a reflexióerősségnek lokális maximuma van. A lokális maximumok közötti helyekre – a legközelebbi lokális minimumig – ezt az előjelet terjesztik ki. A folyamatos átmenetet biztosítja, ha a polaritásnak az előjel mellett nagyságot is tulajdonítunk. Ezt rendszerint úgy választjuk, hogy a reflexióerősség csatornával legyen arányos. Gyakran azt is hangsúlyozzák, hogy az így definiált polaritás nem egyszerűen a reflexiók előjele és *látszólagos polaritás* csatornáról beszélünk.

### Az attributumok gyakorlati meghatározása

Az attributumok meghatározásában első lépés a csatorna Hilbert-transzformáltjának számítása (ld. (6) egyenlet). Mivel a csatorna diszkrét adatok sorozataként áll rendelkezésre a Hilbert-transzformációt is digitálisan kell elvégezni. Kétféle módon is eljárhatunk: a transzformáltat számíthatjuk az időtartományban vagy a frekvenciatartományban. Mindkét megvalósításhoz szükségünk van a Hilbert-transzformáció néhány alapvető tulajdonságának ismeretére.



Geo 86/25-4

4. ábra. Időszelvény  
 Рис. 4. Временной разрез  
 Fig. 4. The time section



A Hilbert-transzformáció egy lehetséges definíciója:

$$g_{Hi}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{g(\tau)}{\tau - t} d\tau = \left( -\frac{1}{\pi t} \right) * g(t) \quad (8)$$

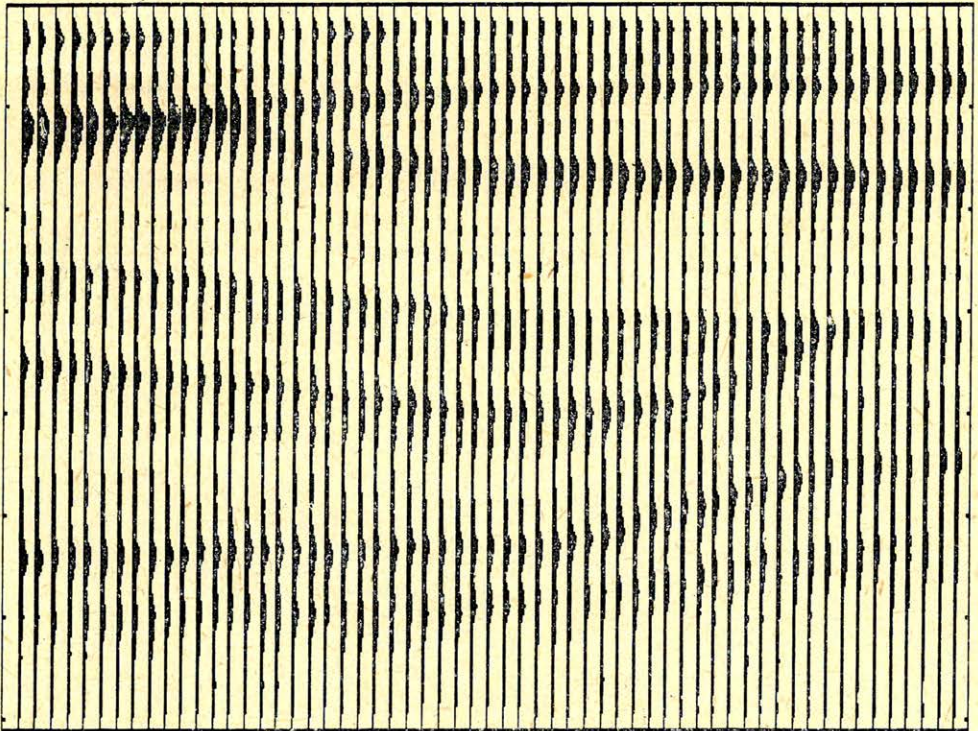
(Más definíciók ettől konstans szorzókban térnek el). Az egyenlet mindkét oldalának Fourier transzformáltját képezve, felhasználva a konvolúció-tételt és azt, hogy

$$\mathcal{F}\left\{-\frac{1}{\pi t}\right\} = j \cdot \text{sgn}(f), \quad (9)$$

kapható, hogy

$$\mathcal{F}\{g_{Hi}(t)\} = j \cdot \text{sgn}(f)G(f). \quad (10)$$

Szavakban: a Hilbert transzformált Fourier transzformáltját (= spektrumát) úgy kapjuk az eredeti függvény transzformáltjából, hogy azt a képzetes egységjel ( $j$ ) és az előjel-függvénnyel szorzunk. Ennek egyik következménye – lévén



Geo 86/25-5

5. ábra. Pillanatnyi amplitúdó szelvény

Рис. 5. Разрез мгновенных амплитуд

Fig. 5. The instantaneous amplitude section



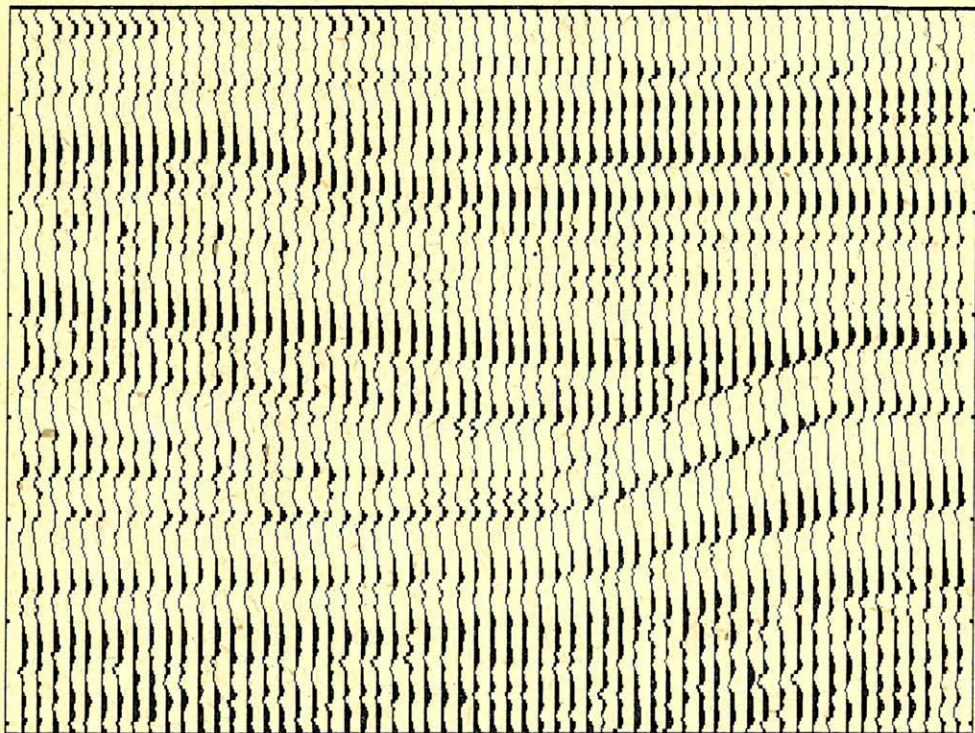
$j \cdot \text{sgn}(f) = 1$  – hogy a Hilbert transzformáció nem változtatja meg az amplitúdóspektrumot. Ugyancsak könnyen belátható, hogy az eredeti fázisspektrumot pozitív frekvenciákon  $+\pi/2$ , negatív frekvenciákon ( $-\pi/2$ ) additív konstansokkal változtatja meg.

Az időtartományban a diszkrét Hilbert transzformáció konvolúcióképzéssel kapható. Az együttthatók a (9) átviteli függvényű szűrő diszkrét súlyfüggvényének együttthatói. Könnyen belátható, hogy minden páros indexű zérus, a páratlan indexűek pedig az origótól távolodva csökkennek a

$$c_k = 0, \text{ ha } k \text{ páros,}$$

$$c_k = -\frac{2}{\pi k}, \text{ ha } k \text{ páratlan}$$

képletek szerint. Mivel a csökkenés lassú, ajánlatos valamilyen csonkítófüggvény alkalmazása. Például Gauss-féle csonkítás esetén a ténylegesen használt együttthatók:



Geo 86/25-6

6. ábra. Pillanatnyi fázis szelvény

Рис. 6. Разрез мгновенны фаз

Fig. 6. The instantaneous phase section



$$c_k = 0 \quad (k \text{ páros}) \quad (11)$$

$$c_k = -\frac{2}{\pi k} e^{\frac{-k^2}{2\sigma^2}} \quad (k \text{ páratlan})$$

alakúak ( $\sigma$  az alkalmazni kívánt együtttható sorozat hosszától függő állandó). Végül a diszkrét Hilbert-transzformáltat az időtartományban úgy kapjuk, hogy a transzformálandó csatorna  $g_i$  adatait konvolváljuk a (11) formulával definiált együttthatók sorozatával.

A transzformáció még egyszerűbben végezhető el frekvenciatartományban. Az analitikus jel az eredeti (2) definíció és a (6) közelítés felhasználásával:

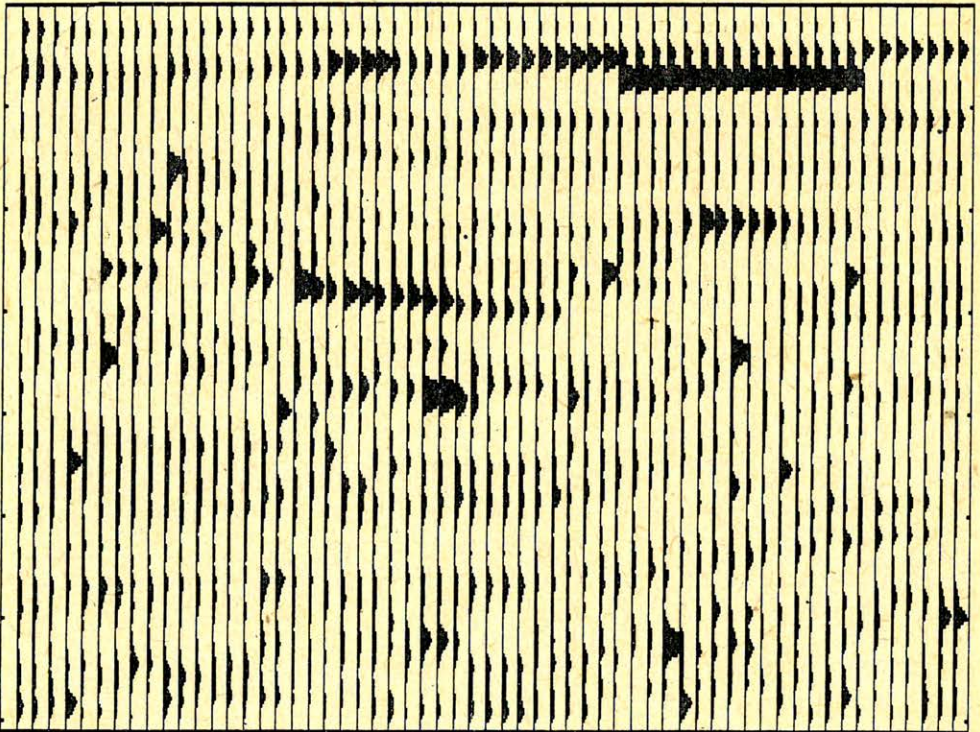
$$g_{an}(t) = g(t) - jg_{Hi}(t).$$

Ennek Fourier-transzformáltja – a (10) egyenlet felhasználásával –

$$\mathcal{F}\{g_{an}(t)\} = G(f) - j(j \operatorname{sgn}(f)G(f)) = (1 + \operatorname{sgn}(f))G(f),$$

azaz

$$\begin{aligned} \mathcal{F}\{g_{an}(t)\} &= 2G(f), \quad \text{ha } f > 0, \\ &= 0, \quad \text{ha } f < 0. \end{aligned} \quad (12)$$



Geo 86/25-7

7. ábra. Pillanatnyi frekvencia szelvény  
 Рис. 7. Разрез мгновенных частот  
 Fig. 7. The instantaneous frequency section



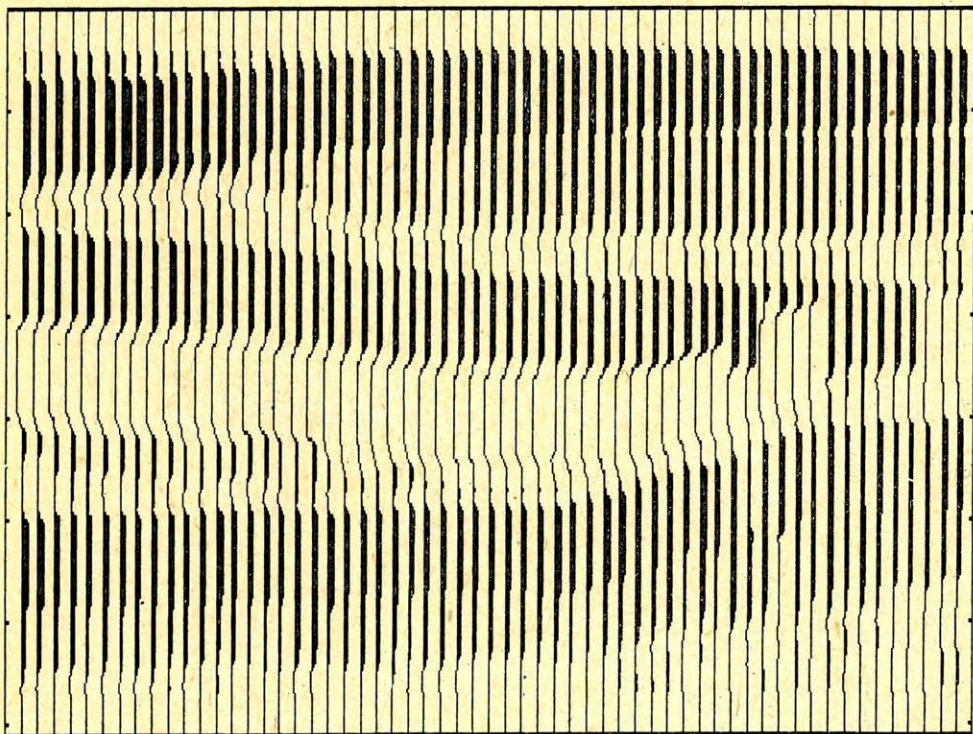
Szándékosan nem foglalkozunk az egyenkomponenssel, de ez nem lényeges veszteség, mert a szeizmikus csatorna átlaga zérus, emiatt az egyenkomponens értéke is zérus.

A frekvenciatartományban végzendő műveletek az elmondottak alapján:

1. A csatorna (diszkrét) Fourier transzformáltjának számítására.
2. A kapott eredmény valós részének kétszeresére növelése, képzetes részének elhagyása.
3. Az így módosított (frekvenciatartománybeli) adatrendszer visszatranszformálása az időtartományba.

Az inverz Fourier-transzformáció eredményeként kapott adatrendszer valós része adja a  $g(t)$ , képzetes része a  $g_{\perp}(t)$  csatorna mintáit.

Frekvenciatartományban dolgozva is szükséges a csonkítás. Ez úgy végezhető el, hogy a 2. pontban a valós részt nemcsak kétszeresére növeljük, de valamilyen célszerűen választott együttható sorozattal simítjuk is. A frekvenciatartomány használata akkor gyorsabb, ha rendelkezünk a diszkrét Fourier-transzformáció gyors számítására alkalmas egységgel (FFT egységgel). A jelen dolgozatban bemutatott ábrákhoz az összes számítást az időtartományban végeztük el. (Az összefoglalt ismeretek részletes kifejtése magyar nyelven megtalálható Meskó, 1983 jegyzetben).



Geo 66/25-8

8. ábra. Látszólagos polaritás szelvény

Рис. 8. Разрез кажущейся полярности

Fig. 8. The apparent polarity section

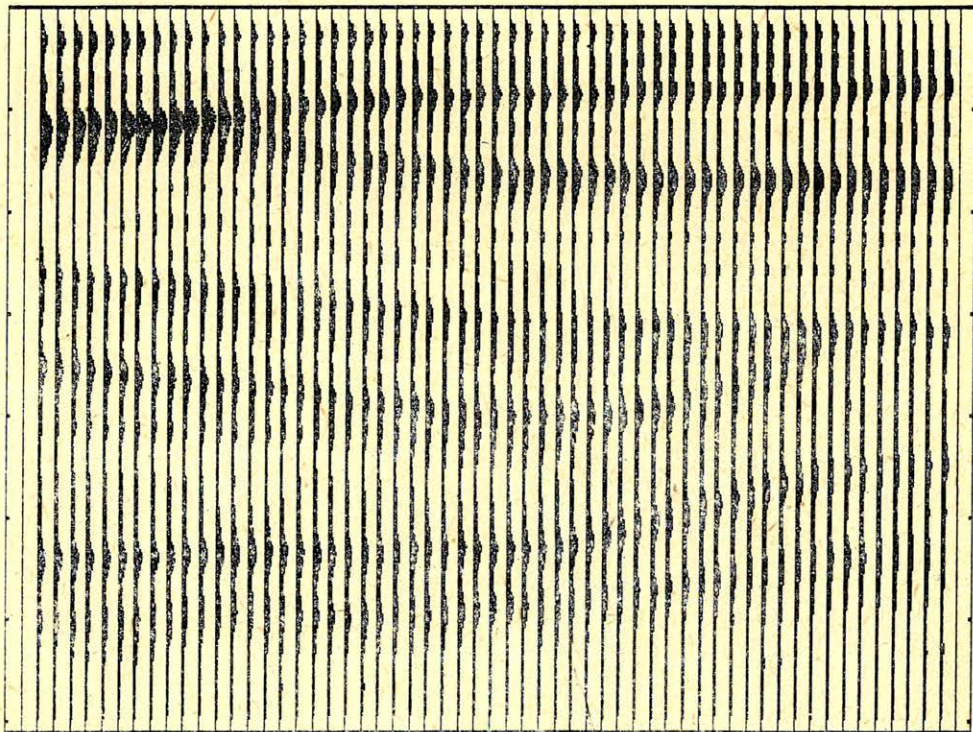


## Az attributumok további feldolgozása

Már az eddig ismertetett számítási lépésekben is többször utaltunk járulékos műveletek szükségességére. A (6) egyenlet közelítés, ami igazgá akkor válik, amikor az amplitúdó és a frekvencia pontosan állandó. A numerikus Hilbert-transzformálás a (11) együtthatókkal képzett diszkrét konvolúció révén szintén csak közelítése az eredeti műveletnek. Az (5) deriválást is numerikusan kell elvégezni, ami ugyan könnyen megtehető, de újabb közelítéseket hoz be.

A rendezetlen zajok amplitúdóját a Hilbert-transzformáció nem változtatja (ld. (10) egyenlet), a deriválás viszont, mivel amplitúdókarakterisztikája  $2\pi|f|$ , a magasabb frekvenciákon növeli. Utóbbi hatás csak a pillanatnyi frekvenciát érinti, de bizonyos mértékű simítás a további attributumok megjelenítése előtt is ajánlatos. A pillanatnyi frekvencia átalakítása súlyozott átlagképzéssel sokszor az értelmezhetőség feltétele. E nélkül olyan sok gyors, részben zaj jellegű változás marad az attributum csatornában, hogy az az értelmező számára áttekinthetatlenné válik.

A szakirodalom utal a simítás fontosságára. Gyakran megadják a pillanatnyi frekvencia szelvények mellett a súlyozott átlagolással simított frekvencia szel-



Geo 86/25-9

9. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi amplitúdó szelvény

Рис. 9. Медианная фильтрация разреза мгновенных амплитуд

Fig. 9. Median filtered instantaneous amplitude section

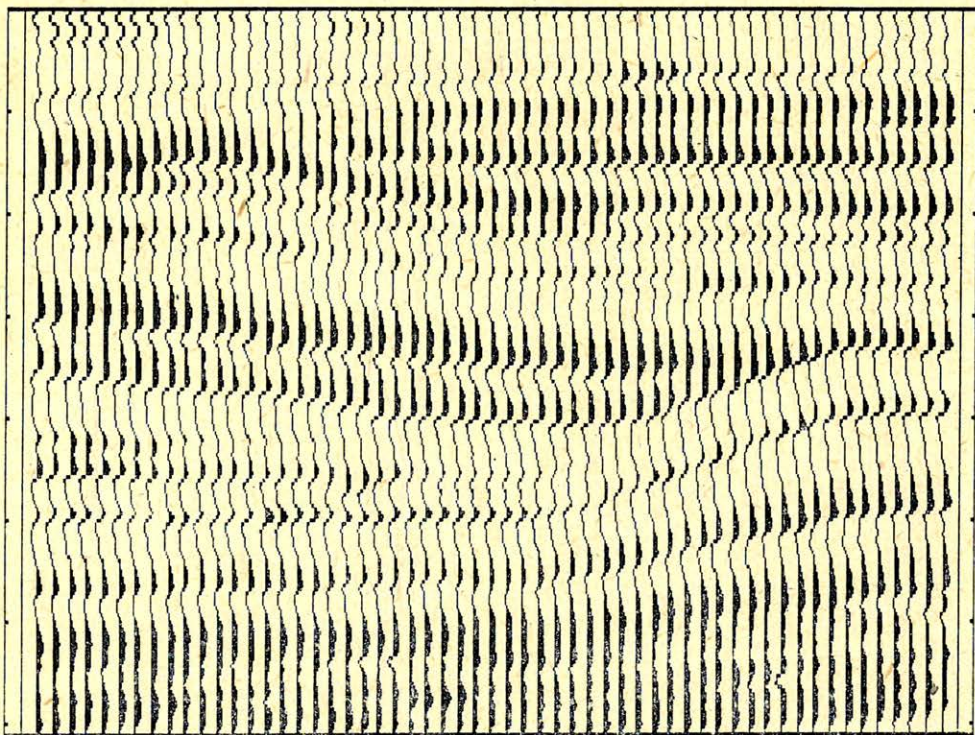


vényeket is. Nem esik szó a csatornák egymás közötti viszonyáról. Áttekinthető kép akkor kapható, ha csatornák közötti műveleteket is végzünk.

A képfeldolgozás egyik gyakran használt művelete a *mediánszűrés*. A szeizmikus attributum szelvények tulajdonképpen képek. Emiatt kísérletet tettünk a kép színezése (árnyékolása) előtt minőségének javítására a más alkalmakkor már használt mediánszűréssel. A javulás számottevő, emiatt a művelet rendszeres alkalmazását javasoljuk.

A szűrés művelet lényege a következő. Tekintsünk egy  $(2N + 1) \times (2M + 1)$  pontot tartalmazó tér-idő ablakot, például 3 szomszédos csatorna mindegyikén 5-5 egymást követő mintát. Az összesen  $3 \times 5 = 15$  adatot rendezzük nagyság szerint, majd a középső helyre kerülő adattal, a mediánnal helyettesítsük az ablak eredeti középponti elemét. Ezt a műveletet ismételjük meg az ablak összes lehető pozíciójában. Így új szelvényt kapunk, melynek minden eleme az ablakba eső eredeti elemek mediánja.

A következő lépésben ezt a szelvényt tekintjük bemenetnek és a teljes műveletsorozatot megismételjük. Az eredményt ismét bemenetnek használva addig ismételjük a tér-idő ablak középponti elemének helyettesítését a tér-idő ablak



Geo 86/25-10

10. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi fázis szelvény

Рис. 10. Медианная фильтрация разреза мгновенных фаз

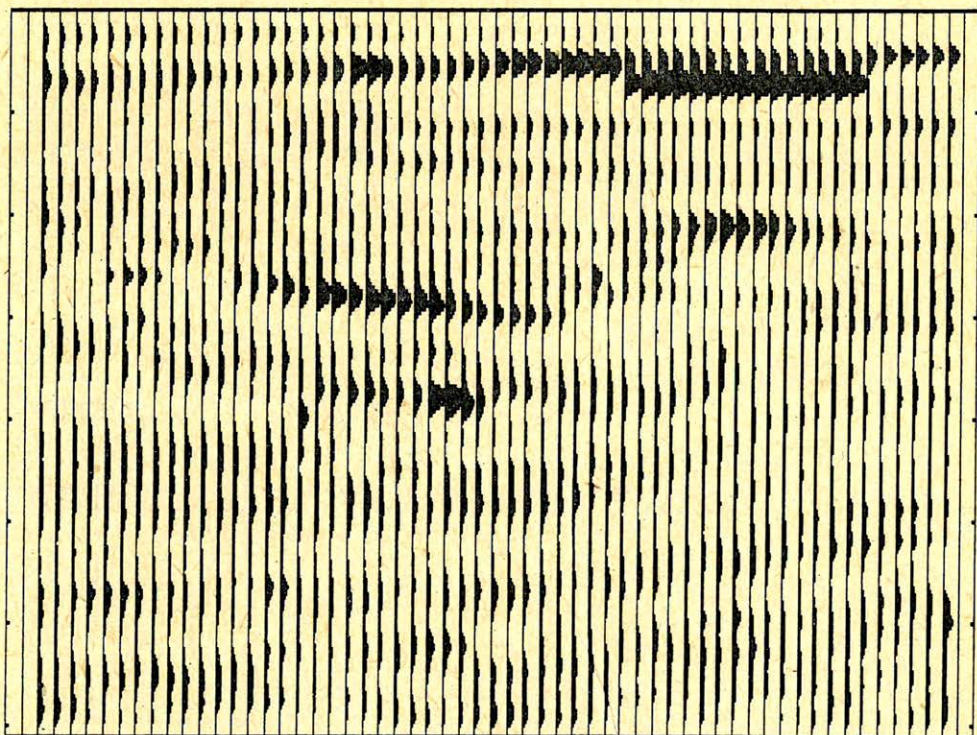
Fig. 10. Median filtered instantaneous phase section



összes adatának mediánjával, amíg ez változást okoz. A mediánszűrés végeredményét, tapasztalatok szerint, az ablakba eső adatok számánál kevesebb számú lépésben megkapjuk. A mediánszűrés egyváltozós alkalmazására, egyben a művelet illusztrálására több példa látható Pusztá S. dolgozatában (ld. jelen szám). Az ablak méretével a művelet homogenizáló hatását befolyásolni tudjuk. A szelvény menti változások megtartása érdekében célszerű kevesebb csatornát használni, mint amennyi minta van az időtengely irányában a tér-idő ablakban. De ebben az irányban sem tanácsos a domináns periódusidő felénél hosszabb ablakmérettel dolgozni. Például  $T=25$  ms (domináns frekvencia 40 Hz) és  $\tau = 2$  ms esetén 5 vagy 7 minta használatával érdemes kísérletet tenni. (Nyilvánvaló, hogy ha az ablak hossza a domináns periódusidővel közel azonos, a mediánszűrés eredménye közel zérus).

### Példák

Az attributumok számítását a szeizmikus munkaállomással előállított egyik sztratigráfiai modell időszelvényével illusztráljuk. A modell részletes leírása a jelen szám oldalain található meg. Választásunkat indokolja, hogy az attributu-



Geo 86/25-11

11. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi frekvencia szelvény

Рис. 11. Медианная фильтрация разреза мгновенных частот

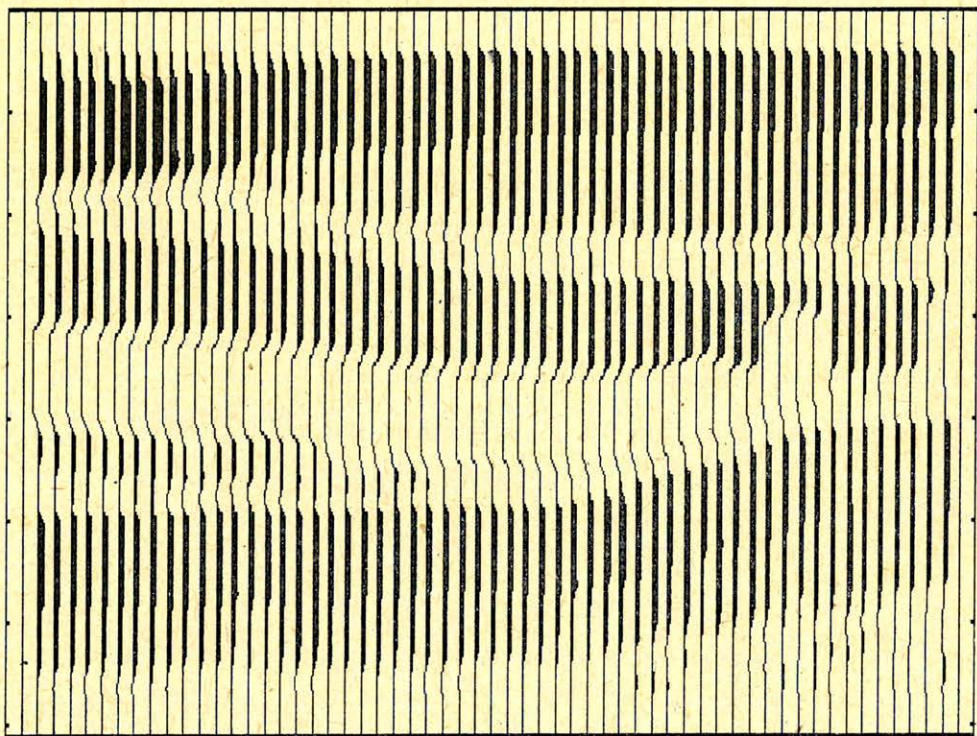
Fig. 11. Median filtered instantaneous frequency section



mokat már az első közlemények is a sztratifráiai értelmezés fontos segédeszközeinek tekintették. Néhány attributum közvetlen kapcsolatba hozható sztratifráiai jellemzőkkel, mások statisztikus feldolgozási műveletek alapadataiként hasznosíthatók.

A reflexióerősség szelvény menti változása alapján elkülöníthető egy jelentős reflektáló szint vagy több kisebb akusztikus impedancia kontraszt interferenciája. Az egyetlen jelentős reflektáló szint hosszan nagy értékű reflexióerősségnek felel meg, míg több egymáshoz közeli kisebb reflexió interferenciájából helyenként ugyan nagy reflexióerősség adódhat, de valószínűtlen, hogy a komponensek értéke és időbeli távolsága hosszan változatlan legyen és végig nagy reflexióerősséget adjon. A szeizmikus sorozatok határai rendszerint nagy reflexióerősségű határok. A munkaállomás egyik lehetősége a reflexiók követése. Ezt ugyanúgy mint a reflexiók kiegyenesítését összekapcsolhatjuk a nagy reflexióerősségű szintekkel.

A fázis a reflexióerősségtől független mennyiség. Segítségével gyenge, de folytonos beérkezések válnak jól követhetőkké, különböző dőlésű események, kiékelődések stb. jobban kijelölhetővé. Sok esetben a fázisszelvényen a törések után is



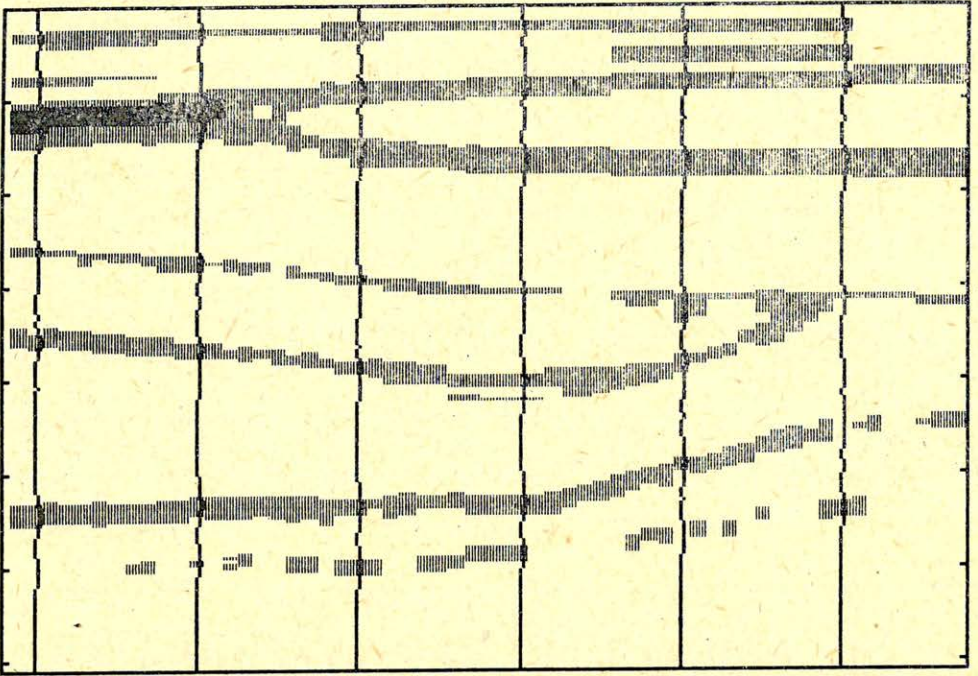
Geo 86/25-12

12. ábra. Mediánszűrt látszólagos polaritás szelvény

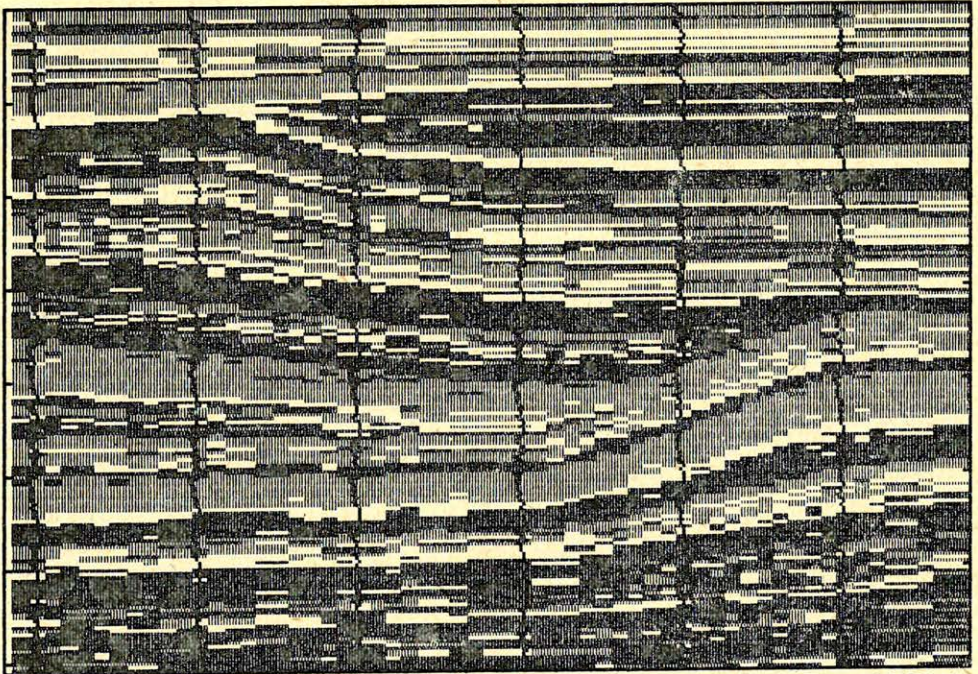
Рис. 12. Медианная фильтрация разреза кажущейся полярности

Fig. 12. Median filtered apparent polarity section





Geo 86/25-13



Geo 86/25-14



13. ábra. Pillanatnyi amplitúdó szelvény

Рис. 13. Разрез мгновенных амплитуд

Fig. 13. Instantaneous amplitude section

14. ábra. Pillanatnyi fázis szelvény

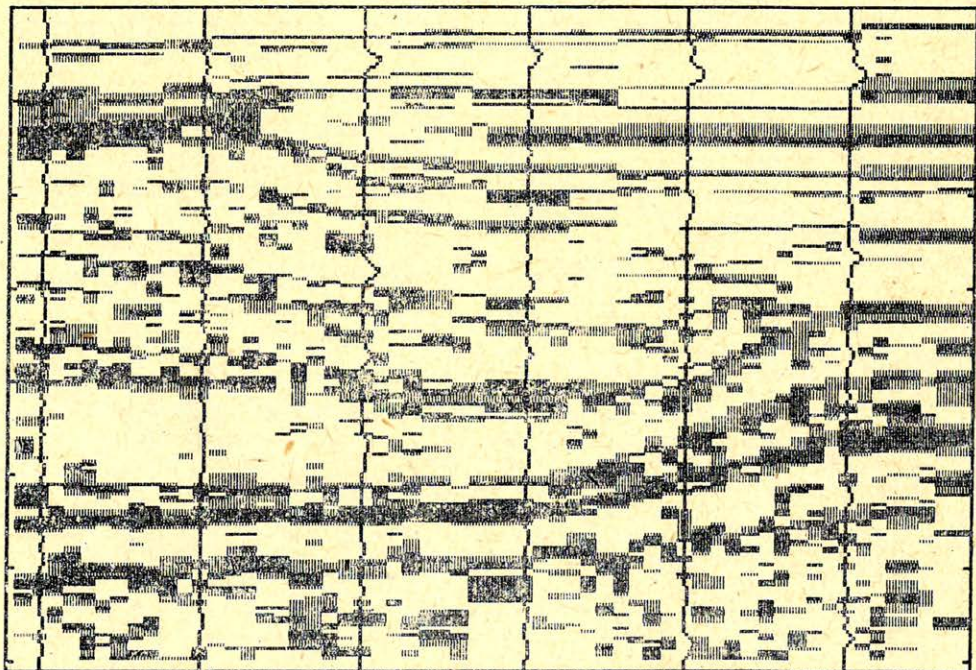
Рис. 14. Разрез мгновенных фаз

Fig. 14. Instantaneous phase section

könnyebben azonosítható az addig követett reflektáló szint, mint pusztán az időszelvény alapján.

A pillanatnyi frekvencia, illetve a súlyozott átlagos frekvencia részben a reflexió jellegéről, részben a frekvenciafüggő elnyelődés változásairól adhat képet. Jól ismert a szakirodalomból bizonyos telepek alatti alacsonyfrekvenciás anomália (Taner, Sheriff, 1977). Ez legvilágosabban a frekvencia attributum szelvényeken tűnik fel.

A prolaritás bizonyos értelemben egyesíti a fázis- és reflexióerősség tulajdonosságait, részben szintkövetésre, részben a reflexió jellegének további ellenőrzésére ad módot.



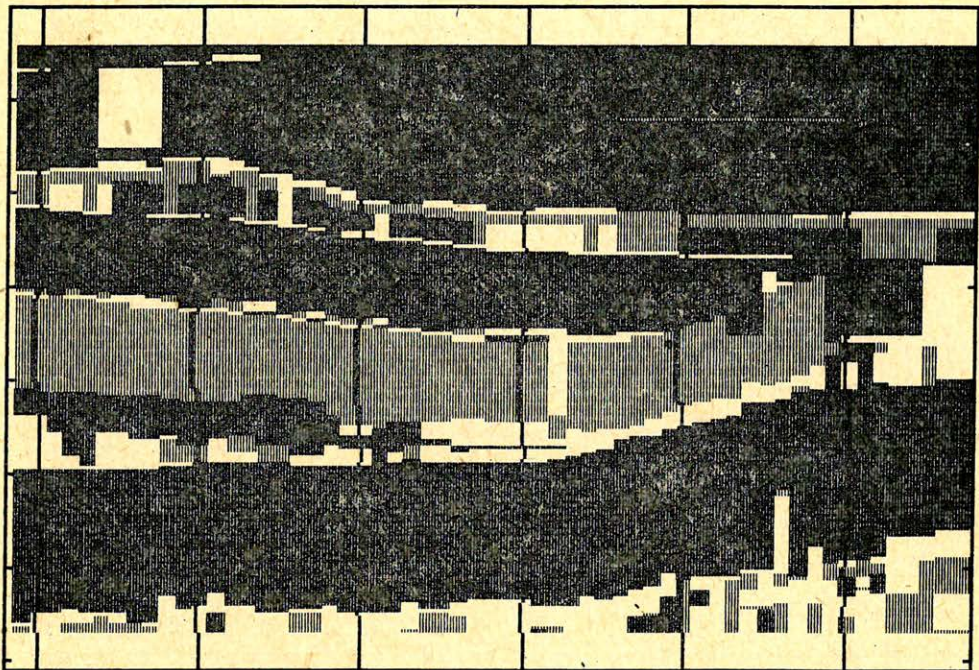
Geo 86/25-15

15. ábra. Pillanatnyi frekvencia szelvény

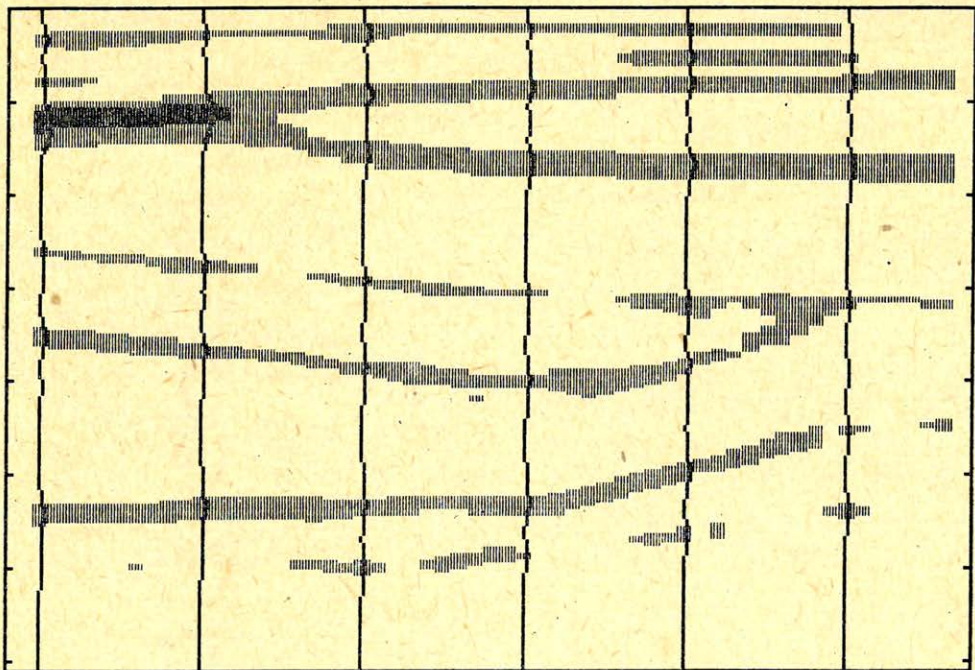
Рис. 15. Разрез мгновенных частот

Fig. 15. Instantaneous frequency section





Geo 86/25-16



Geo 86/25-17



16. ábra. Látszólagos polaritás szelvény

Рис. 16. Разрез кажущейся полярности

Fig. 16. Apparent polarity section

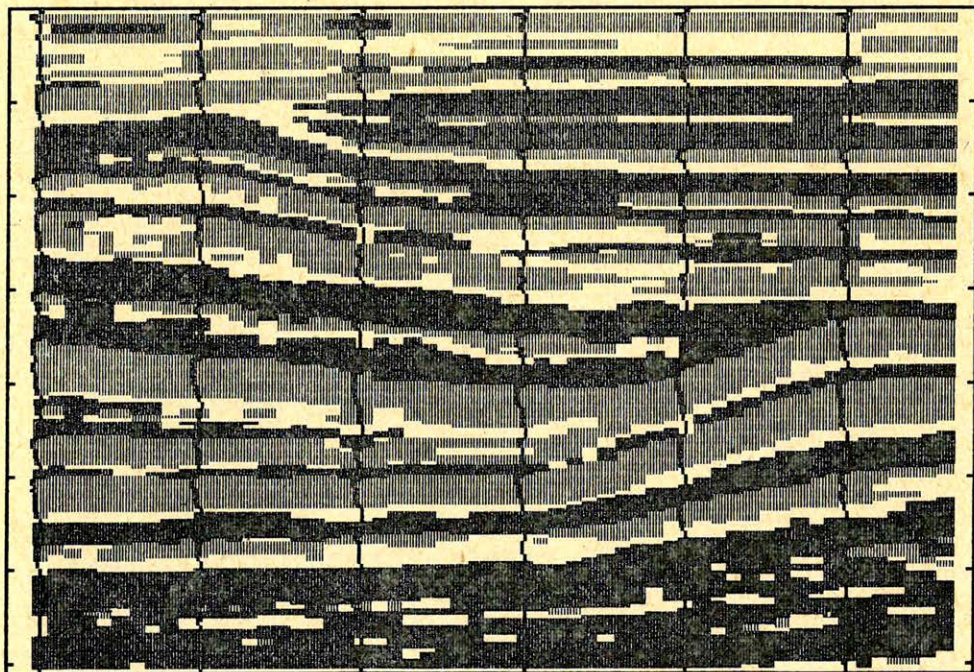
17. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi amplitúdó szelvény

Рис. 17. Медианная фильтрация разреза мгновенных амплитуд

Fig. 17. Median filtered instantaneous amplitude section

Az 2. ábrán a kiindulásul szolgáló geológiai rétegmodell, a 3. ábrán az egész modellre kiterjesztett akusztikus impedancia szelvény, és a 4. ábrán az ebből számított szintetikus időszelvény látható.

A 5., 6., 7. és 8. ábra a szintetikus időszelvényből számított szeizmikus attributumokat mutatja, sorrendben a pillanatnyi amplitúdót, más néven reflexióerősséget, a pillanatnyi fázist, pillanatnyi frekvenciát és a látszólagos polaritást. Megjegyezzük, hogy mind a korábbi, mind a későbbi szelvényeken a csatornákat a teljes szelvényre számított energiára normáltuk.



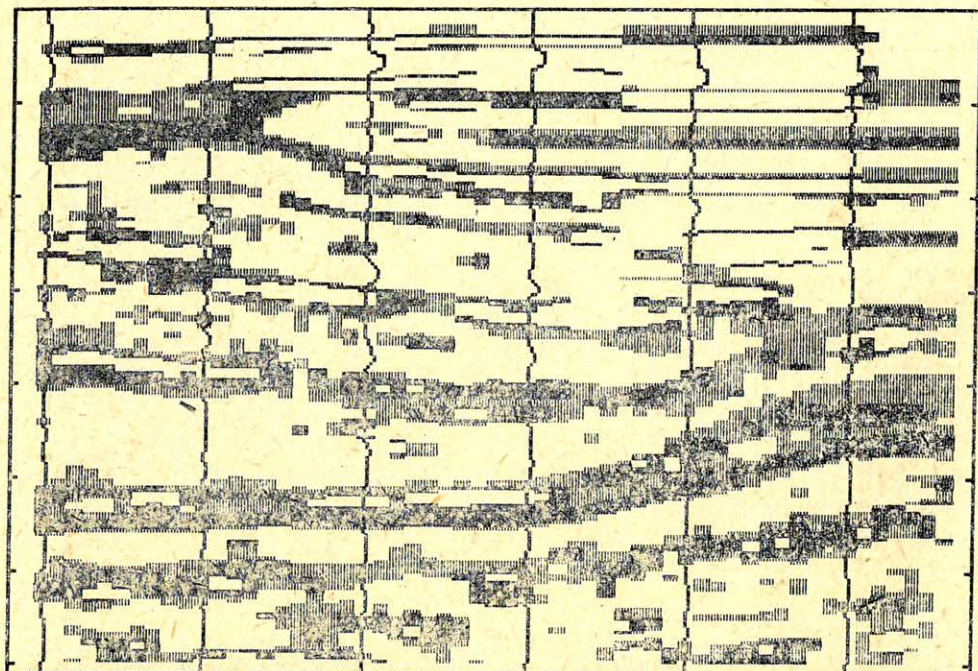
Geo 86/25-18

18. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi fázis szelvény

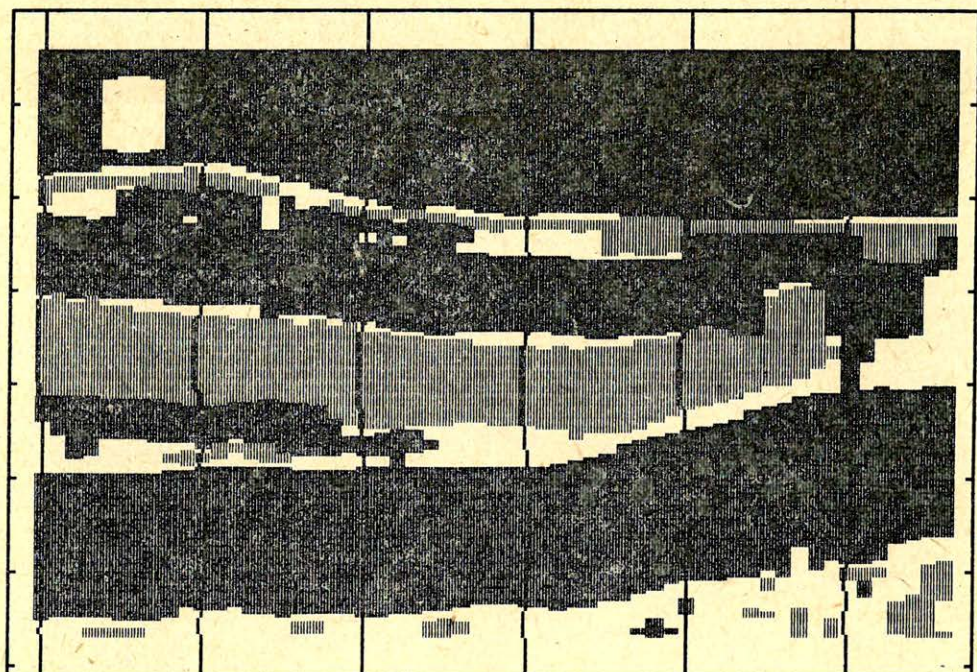
Рис. 18. Медианная фильтрация разреза мгновенных фаз

Fig. 18. Median filtered instantaneous phase section





*Geo 86/25-19*



*Geo 86/25-20*



19. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi frekvencia szelvény

Рис. 19. Медианная фильтрация разреза мгновенных частот

Fig. 19. Median filtered instantaneous frequency section

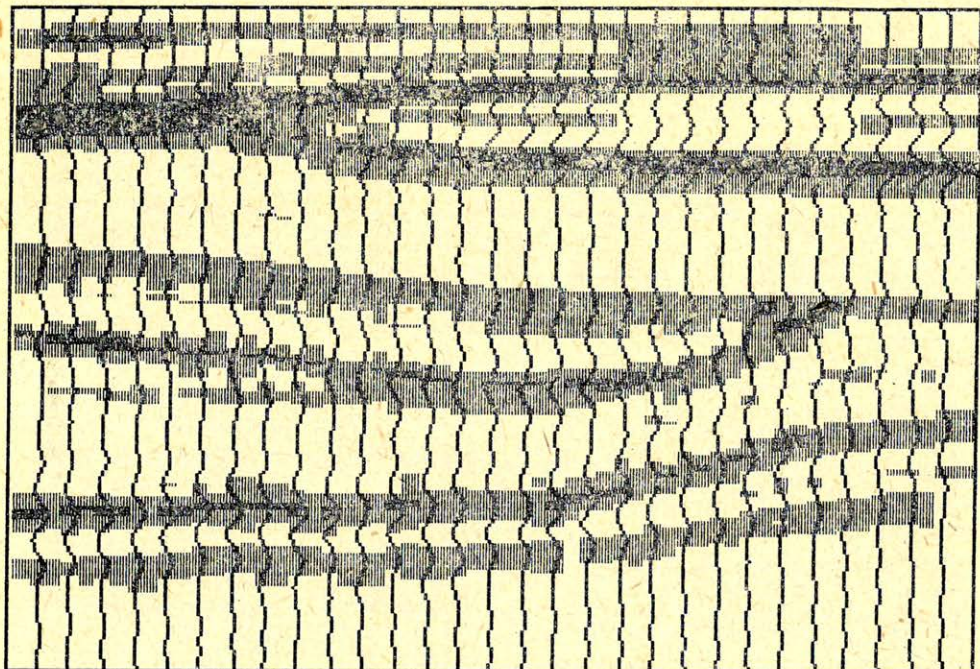
20. ábra. Mediánszűrt látszólagos polaritás szelvény

Рис. 20. Медианная фильтрация разреза кажущейся полярности

Fig. 20. Median filtered apparent polarity section

Jól látható, hogy a reflexióerősség a nagyobb reflexiókat emeli ki, míg a pillanatnyi fázis a horizontális változások követésében nyújthat segítséget. A pillanatnyi frekvenciaszelvényen, definíciójából következően a nagy értékek a zajos területekre jellemzőek, ehhez ugyanis a komplex csatorna amplitúdója kicsi, emiatt itt a kis értékek hordozzák az információt. A látszólagos polaritás az időszelvény minőségét jellemezheti.

A következő négy ábrán (9., 10., 11. és 12. ábra) ugyanezen attribútumszelvények láthatók, de egy  $3 \times 3$ -as ablakban végzett mediánszűrés alkalmazása után. A megfelelő ábrákkal való összehasonlítás során megfigyelhető, hogy a mediánszűrés áttekinthetőbbé teszi a képet: még az ilyen kis pontszámú szűrő is jelentősen csökkenti a zajokat, ugyanakkor kiemeli az éleket.



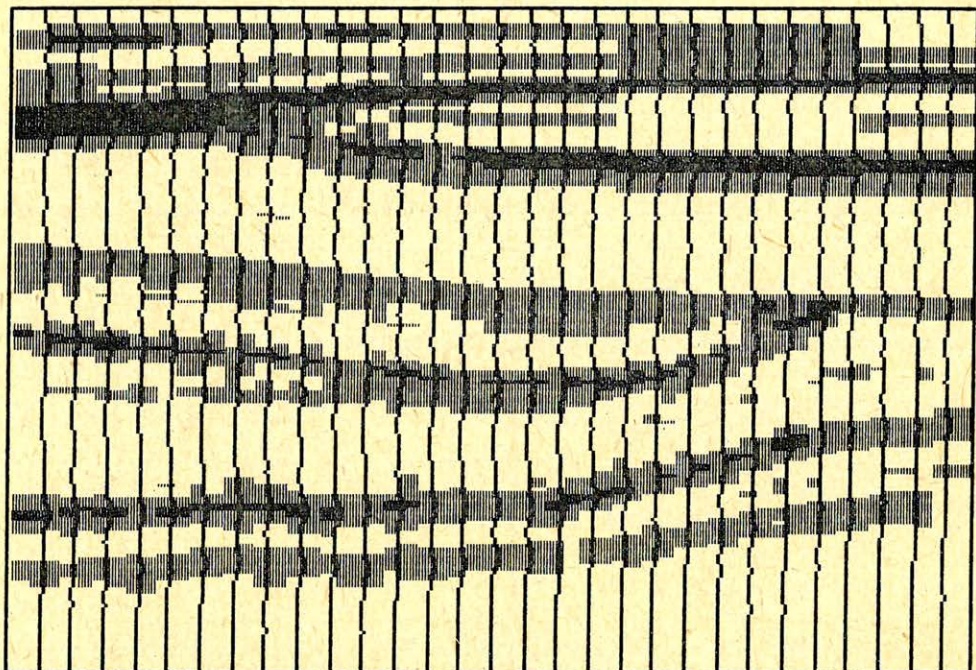
Geo 86/25-21

21. ábra. Pillanatnyi amplitúdó szelvény, minden második szeizmikus csatornával

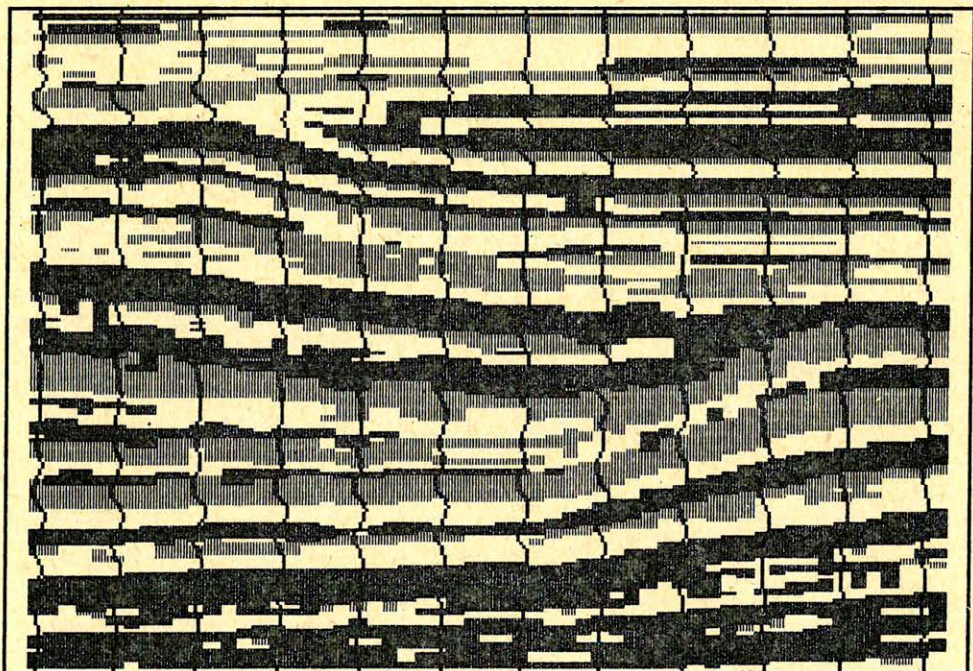
Рис. 21. Разрез мгновенных амплитуд посчитанный для каждого второго сейсмического канала

Fig. 21. Instantaneous amplitude section is shown with every other seismic trace





Geo 86/25-22



Geo 86/25-23



22. ábra. Pillanatnyi amplitúdó szelvény, minden második pillanatnyi amplitúdó csatornával

Рис. 22. Разрез мгновенных амплитуд посчитанный для каждого второго канала мгновенной амплитуды

Fig. 22. Instantaneous amplitude section is shown with every other instantaneous amplitude

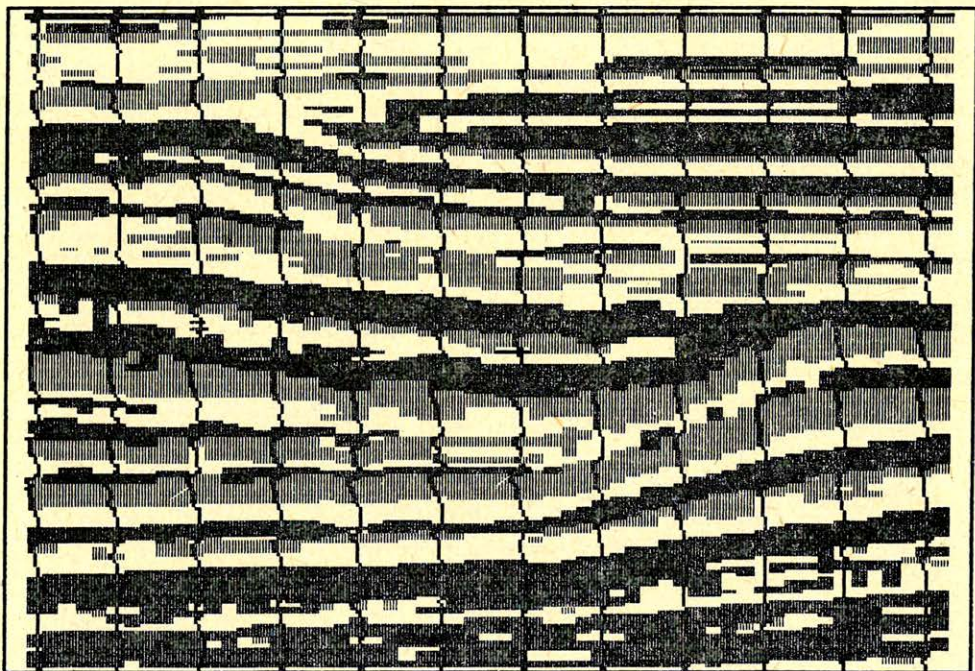
23. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi fázis szelvény, minden ötödik szeizmikus csatornával

Рис. 23. Медианная фильтрация разреза мгновенных фаз для каждого пятого сейсмического канала

Fig. 23. Median filtered instantaneous phase section is shown with every fifth seismic trace

A szeizmikus attributumszelvények vizuálisan még informatívabbá tehetők, ha a hagyományos csatornaábrázolási mód helyet színkódolt formában jelenítjük meg őket. A színek nyomtatásban a szürke különböző árnyalataiban jelennek meg. A következő néhány ábra erre mutat példát.

A 13. ábra a pillanatnyi amplitúdószelvény színkódolt változatát mutatja. Az egyes színekhez tartozó intervallumok interaktív módon adhatók meg. Esetünkben ezek a következők: a sötétszürke a (0dB, -8 dB), a szürke a (-8 dB, -13 dB), a fehér pedig a (-13 dB, -24 dB) tartományt jelöli.



Geo 86/25-24

24. ábra. Mediánszűrt pillanatnyi fázis szelvény, minden ötödik pillanatnyi fázis csatornával

Рис. 24. Медианная фильтрация разреза мгновенных фаз посчитанного для каждого пятого канала мгновенной фазы

Fig. 24. Median filtered instantaneous phase section is shown with every fifth instantaneous phase trace



A 14. ábrán a pillanatnyi fázisszelvény színekódolása látható. Az egyes intervallumok a következők:  $(-\pi, -\pi/6)$  – szürke,  $(-\pi/6, \pi/6)$  – fehér és  $(\pi/6, \pi)$  – sötétszürke.

A 15. ábra a pillanatnyi frekvenciaszelvény színezését mutatja. Itt a fehér a (0 Hz, 1 Hz), a sötétszürke a (1.0 Hz, 50 Hz), a szürke a (50 Hz, 80 Hz) és a fehér a (80 Hz, 100 Hz) intervallumot jelöli.

A 16. ábrán látható színekódolt látszólagos polaritás szelvényen a szürke a  $(-1, -0.1)$ , a fehér a  $(-0.1, 0.1)$ , a sötétszürke a  $(0.1, 1)$  intervallumot jelzi.

A 17., 18., 19. és 20. ábra a mediánszűrt attributumszelvények színekódolt változatát mutatja. Az egyes színekhez rendelt intervallumok az összehasonlíthatóság érdekében változatlanok.

A fent bemutatott színekódolt szelvények mindegyikén az attributum-csatornák némelyikét – pontosabban minden tizediket – feltüntettük.

Ez természetesen csak egyik opciója a színezést végrehajtó programnak. A felhasználó kérheti a szeizmikus csatornák feltüntetését is a színezett attributumszelvényen. Az ábrázolt csatornák sűrűsége szintén tetszés szerinti. A következő négy ábra a fenti opciókat illusztrálja.

A 21. és 22. ábrán a pillanatnyi amplitúdó szelvény színekódolása látható, az eredeti szeizmikus, illetve a pillanatnyi amplitúdó csatornák feltüntetésével. A csatornák közül minden másodikat ábrázoltuk. Az egyes színekhez rendelt intervallumok mindkét ábra esetén a következők: (0 dB, -9 dB) – sötétszürke, (-9 dB, -15 dB) – szürke és (-15 dB, -24 dB) – fehér.

A 23. és 24. ábrán a mediánszűrt pillanatnyi fázis szerint színezett szelvény látható, minden ötödik szeizmikus csatorna, illetve pillanatnyi fáziscsatorna feltüntetésével. A fekete a  $(-\pi, -3\pi/4)$ , a szürke a  $(-3\pi/4, -\pi/4)$ , a fehér a  $(-\pi/4, \pi/4)$ , a sötétszürke a  $(\pi/4, 3\pi/4)$  és ismét a fekete a  $(3\pi/4, \pi)$  tartományt jelöli, mindkét ábra esetén.

#### IRODALOM

- Bracewell, R., 1965: The Fourier transform and its applications McGraw-Hill, New York.
- Meskó A., 1983: Geofizikai adatfeldolgozás I. Lineáris átalakítások. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó.
- Meskó A., 1986: Experiments and preliminary results in the automatic identification of stratigraphic units Proceedings of the XXXI Int. Geophysical Symposium (Gdansk): 156–164.
- Taner, M. T. et al., 1967: Extraction and interpretation of complex seismic trace. 46 th Ann. Mtg., Soc. Exploration Geophys., Houston.
- Taner, M. T. és R. E. Sheriff, 1977: Application of amplitude, frequency and other attributes to stratigraphic and hydrocarbon determination. In: C. E. Payton (ed) Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration AAPG Memoir 26: 301–327.
- Taner, M. T., F. Koehler és R. E. Sheriff, 1979: Complex seismic trace analysis. Geophysics, 44: 1041–1063.