

Automatikus információmeghatározás reflexiós szeizmogrammból*

VÉGES ISTVÁN – ZSELLÉR PÉTER**

A GSI 600 és 700 programcsomag alapján kidolgoztunk egy számítógépes módszert, amellyel meghatározhatjuk a reflexiós horizontokat és azok mentén az amplitúdó és a sebesség folytonos változását.

A cikkben ismertetjük a módszer fő lépéseit és terepi példákon mutatjuk be alkalmazását.

С использованием комплекса программ ГСИ-600 и -700 был разработан метод, позволяющий определить на ЭВМ отражающие горизонты, а также постепенное изменение амплитуд и скоростей по этим горизонтам.

В настоящей работе описываются основные этапы работ по рассматриваемому методу, причем применение последнего иллюстрируется на фактических примерах.

Based on the program-package GSI 600 and 700 a computer method has been constructed for the determination of reflection horizons and of the continuous variation of amplitude and velocity along them. The main steps of the method are described and applications in the field are shown.

Az utóbbi években a reflexiós szeizmikus adatfeldolgozásban a kvantitatív információ meghatározás felé fordult a figyelem. Több adatfeldolgozó központban kifejlesztettek olyan számítógépes algoritmust, amellyel a reflexiós horizontok mentén folytonosan meghatározhatók az amplitúdó, az energia, a sebesség és egyéb, az értelmezés számára informatív mennyiségek.

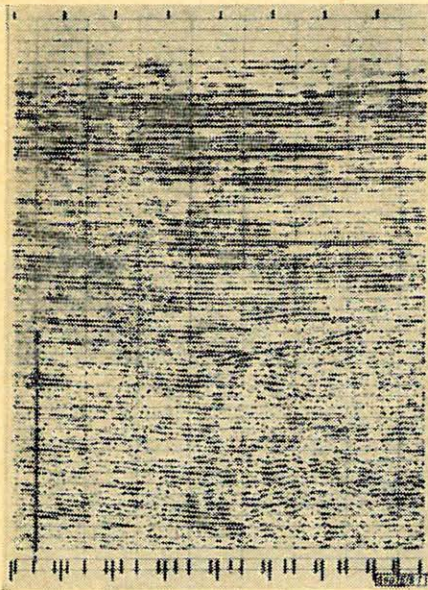
A különféle módszerek mind többszörös fedéses mérési rendszerrel nyert adatokat használnak fel. A mélységpontként elvégzendő analízis és a hatalmas adattömeg tárolása, mozgatása igen számítás- és időigényes, és így drága. A szelvény mentén folytonosan meghatározott információk azonban nagy segítséget nyújtanak az időszelvények értelmezésében, sőt új távlatokat nyitnak a szeizmikus módszer alkalmazásában.

Megfelelő pontosságú becslés esetén ugyanis az amplitúdókból, a sebességekből és egyéb szeizmikus paramétereiből közvetlen földtani információk (agyag-homok arány, olaj és gáz akkumuláció, olaj-víz határ stb.) is származtathatók.

1. ábra. Stacking időszelvény, amelyen bemutatjuk az ismertetett módszer egyes lépéseit.

Рис. 1. Временной разрез ОГТ, на котором показываются отдельные шаги предлагаемого метода

Fig. 1. A stacking time profile showing individual steps of the method considered



* Elhangzott 1974. szeptemberben, a XIX. Szimpóziumon, Torunban.

** Véges István – Zsellér Péter; Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Geofizikai Kutatási Üzem, Budapest.

Számos elvi és gyakorlati probléma miatt azonban a szeizmikus módszer közvetlen földtani kutatásban való alkalmazása még nem vált ipari gyakorlattá. Jelenleg a becsült paraméterek elsősorban az időszelvények minőségének javításában és az értelmezésben jelentenek nagy segítséget.

A cikkben beszámolunk ebben a témában végzett fejlesztési munkánk első eredményeiről. Kidolgoztunk egy számítógépes módszert, amellyel meghatározhatjuk a reflexiók horizontokat és azok mentén az amplitúdó és a sebesség folytonos változását. Ismertetjük a módszert és az 1. ábrán látható többszörös fedéses szelvényen mutatjuk be alkalmazását.

A módszer ismertetése

A módszer három fő fázisból áll. Az első fázisban a szelvény mentén mélységpontként moveout scan eljárással sebesség- és amplitúdóbecslést végzünk. A második fázisban a t_0 - NMO -amplitúdó tartományban koherens pontokból szegmenseket képezünk, amiket reflexiók elemeknek feleltetünk meg. A nem korrelálódó pontokat, mint zajokat kizárjuk a további műveletekből. A harmadik fázisban a szegmenseket különböző paraméterek alapján válogatjuk.

A továbbiakban részletesebben áttekintjük a módszert egyes lépéseit.

Az első fázisban a szelvény mentén minden egyes mélységre moveout scant számítunk. A közös mélységpontú csatornák összegét az alábbi átlagos, keresztszorozattal súlyozzuk a jobb jelkiemelés érdekében:

$$w(t) = \frac{\left[\sum_{k=1}^N a_k(t + \Delta t_k) \right]^2 - \sum_{k=1}^N [a_k(t + \Delta t_k)]^2}{N(N-1)},$$

ahol $a_k(t)$ a k -edik összegzendő csatorna,
 Δt_k a k -edik csatornára alkalmazott korrekció,
 N a közös mélységpontú csatornák száma,
 $w(t)$ a súly.

Ezekután a súlyozott összeg

$$s(t, \Delta t_{\max}) = \frac{w(t)}{N} \sum_{k=1}^N a_k(t + \Delta t_k)$$

ahol Δt_{\max} a referencia offsetre vonatkozó moveout. A súlyozott összegzéssel kapcsolatban Zsellér Péter végzett vizsgálatokat.

A 2. ábrán, amely egy szelvény mentén számított moveout scan sorozatot ábrázol, megfigyelhetjük, hogy a lokális maximumok dőlt, elnyúló vonulatként jelentkeznek. A dölések az egész moveout scanen azonosak, és belátható, hogy csak az összegzésben résztvevő csatornák offsetjeitől függ.

Az összegzendő jelek közelítőleg parabola mentén helyezkednek el. Ha x_k -val jelöljük a k -edik csatorna offsetjét, x_{\max} -al azt az offsetet, amelyre az adott Δt_{\max} moveout vonatkozik, akkor a k -edik csatornán levő jel a

$$t_k = t_0 + \Delta t_{\max} \left[\frac{x_k}{x_{\max}} \right]^2$$

időpontban van. Az összegzett jel t^* ideje közelítőleg a t_k idők számtani közepe:

$$t^* = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N t_k.$$

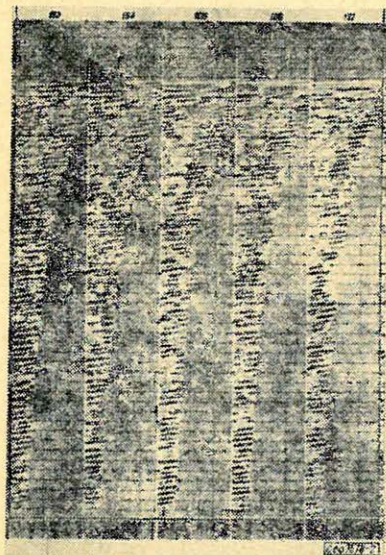
t_k fenti kifejezését behelyettesítve, kapjuk:

$$t^* = t_0 + \Delta t_{\max} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[\frac{x_k}{x_{\max}} \right]^2,$$

t^* tehát a $t_0 - \Delta t_{\max}$ síkon, azaz a moveout scan síkján egy egyenes mentén helyezkedik el, amelynek iránytangense adott x_{\max} esetén az x_k offsetektől függ. Ezt a jelenséget a lokális maximumok kijelölésénél felhasználjuk.

A kijelölhető maximumok $t_0 - NMO$ -amplitúdó értékhármast határoznak meg. A szelvény mentén minden mélységpontra elvégezzük a fenti műveletet. A meghatározott t_0 -amplitúdó értékekből mélységpontonként impulzuscsatornákat képezhetünk és időszelvényt szerűen ábrázolhatjuk azokat. A 3. ábrán ezt az impulzusszelvényt láthatjuk. Összehasonlítva az 1. ábrával, látjuk, hogy a moveout scanek lokális maximumaiból előállított szelvény egyáltalán nem tisztább, mint a hagyományos összegszelvény. Zajból is nagyon sok lokális maximum származik a moveout scaneken, ezért további műveletekkel kell megtisztítani adatrendszerünket. Megjegyezzük, hogy a lokális maximumokhoz tartozó sebességek itt nincsenek ábrázolva, de azok is éppoly zajosak lennének, mint az időszelvényt szerű kép.

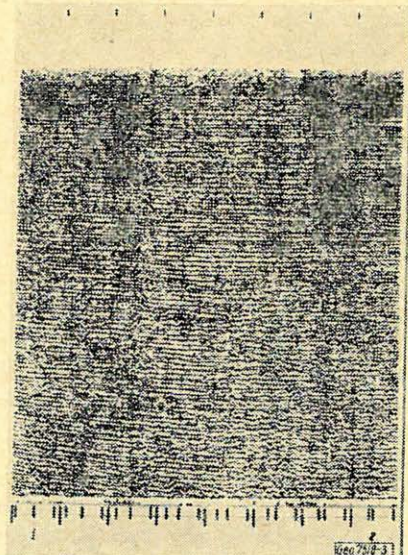
A módszer második fázisában a rendezetlen zajokból származó maximumok eltávolítása történik. Ennek egy lehetséges módja, hogy az időben, moveoutban és amplitúdóban koherens maximumokat a szelvény mentén kiválogatjuk. Ha a szomszédos mélységpontokon talált lokális maximumok az időben egy δt_0 , a moveoutban egy $\delta \Delta t$ küszöbértéken belül megegyeznek és ampli-



2. ábra. Moveout scanek sorozata a 153 – 157. mélységpontokra.

Рис. 2. Серия перебрсов динамических поправок в пунктах глубин 153 – 157

Fig. 2. Series of moveout scans for depth points 153 – 157



3. ábra. A moveout scanek lokális maximumaiból készült impulzusszelvény.

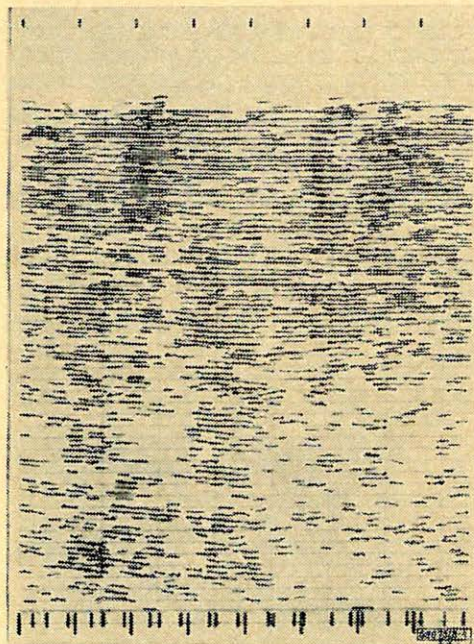
Рис. 3. Импульсный разрез, составленный по гокальным максимумам перебрсов динамических поправок

Fig. 3. Impulse-profile gained from local maxima of move-out scans

túdójuk aránya is kisebb egy értéknél, a pontokat összetartozónak tekintjük és a továbbiakban reflexiós szegmenseként kezeljük. Legalább három mélységponton keresztül követhető pontokból alkotunk egy szegmenst, a többi adatot zajnak tekintjük és eldobjuk.

A meghatározott szegmenseket azonosító sorszámmal látjuk el. A szegmenseket jellemző értékek a mélységpontonkénti idő, amplitúdó, sebesség valamint ezek átlaga és szórása.

A 4. ábrán a 3. ábrán bemutatott impulzusszelvényből előállított szegmensszelvény látható. A szegmensekhez tartozó sebességek itt sincsenek ábrázolva. A szelvény tisztább lett, de még mindig sok koherens zajból származó szegmens maradt. Ezeket további műveletekkel kell eltávolítani.



4. ábra. Szegmensszelvény. A 3. ábrán látható impulzusszelvényből készült

Рис. 4. Разрез сегментов, составленный по импульсному разрезу, представленному на рис. 3.

Fig. 4. Segment-profile, made on the ground of impulse profile of Fig. 3.

A detektált szegmensek minősíthetők szegmenshossz, sebesség, sebesség-szórás, intervallumsebesség és egyéb rendelkezésre álló adat alapján. Minden paraméter szerint, előírt küszöbértékekkel osztályozhatjuk a szegmenseket. Az amplitúdóértékek a jelenlegi amplitúdó visszaállítási eljárásunk miatt nem kerülnek felhasználásra.

A sornyomató-kiírásokból megbecsülhetjük az egyszeres reflexiók sebességintervallumát és ennek alapján elkülöníthetjük az egyszeres és a többszörös reflexiókat. A 8. és 9. ábrán az egyszeres, illetve a többszörös szegmensszel-

A módszer harmadik fázisában történik a számítási eredmények analízise és ennek alapján a szegmensek különböző paraméterek alapján való értékelése, osztályozása. Ez a fázis tehát közvetlenül a kiértékelési, értelmezési munkákhoz kapcsolódik. A számítási eredmények a szelvényyszerű adatábrázoláson kívül sornyomatón történt kiíratásokon állnak rendelkezésre. Ilyenek a szegmensparaméterek táblázata (5. ábra), a $V-T$ és a V^2T-T koordináta-rendszerben kinyomatott adatok (6. és 7. ábra).

Ezen utóbbi kiíratásból az intervallumsebességek egyszerű, grafikus úton becsülhetők. Mivel az i és $i+1$ horizontok közötti intervallumsebesség közelítőleg:

$$V_{int} = \sqrt{\frac{V_{i+1}^2 T_{i+1} - V_i^2 T_i}{T_{i+1} - T_i}},$$

ahol V_i az i -edik horizont átlag *rms* sebessége,

T_i az i -edik horizont átlag-ideje,

a V^2T-T koordináta rendszerben levő pontokat összekötő egyenesek iránytangenseiből leolvashatók az intervallumsebesség négyzetei.

MELYSEGPOINT INTERVALLUMI:				35=	44							
SZEGM	HOSSZ	EMPNT	BENNE	T	V	A	TSZ	VSZ	ASZ	KMA2/SEC+ES		
22	10	29	4	572	2028	18432	1	26	135	2352		
27	6	31	2	1511	1848	30720	1	13	0	5160		
28	5	31	1	1356	1741	10240	0	0	0	4110		
29	8	31	4	595	1985	20992	1	26	155	2344		
30	5	31	1	626	1957	20480	0	0	0	2396		
36	5	33	3	3128	2770	30720	0	3	0	23990		
41	5	33	3	1044	2138	30720	1	20	0	4772		
42	6	33	4	932	1899	22016	1	34	140	2360		
48	6	34	5	767	1976	30310	1	30	14	2994		
50	5	35	5	2954	2243	24985	4	3	140	14861		
51	14	35	10	872	1873	26624	2	45	158	3050		
52	7	36	7	2736	2450	28000	3	110	133	16421		
56	6	37	6	2765	2187	29013	3	4	47	13222		
61	6	37	6	947	1889	26202	6	27	111	3370		
65	13	38	7	692	1932	28672	3	40	103	2502		
73	5	39	5	1280	1735	23756	4	9	152	3076		
76	16	39	6	664	1926	30037	2	33	29	2462		
79	5	40	5	3103	2384	24100	3	5	155	17634		
84	5	40	5	640	2082	30720	2	12	0	2773		
94	6	42	3	2281	2428	15701	2	3	143	13440		
95	6	42	3	2535	2686	15010	2	103	91	18207		
97	5	42	3	2024	2239	29354	3	80	26	10140		
102	6	42	3	1060	1778	30720	1	31	0	3350		
103	12	42	3	770	1989	30720	1	26	0	3040		
106	13	42	3	618	1946	25250	1	10	56	2330		
111	5	43	2	1664	1939	30720	0	0	0	6254		
115	5	43	2	897	2092	18432	3	40	45	3925		
121	6	44	1	1400	2221	12280	0	0	0	7320		
122	5	44	1	1388	2140	30720	0	0	0	6391		
124	7	44	1	830	2003	24576	0	0	0	3320		

Geo 75/8-5

5. ábra. A szegmens-paraméterek sornyomatón kiírt táblázata. A számoszlopok rendre: szegmens sorszám, szegmenshossz, a szegmens első mélységpontja, a vizsgált mélységpont-intervallumba eső szegmenshossz, idő, sebesség, amplitúdó, idő-szórás, sebesség-szórás, amplitúdó-szórás, V^2T .

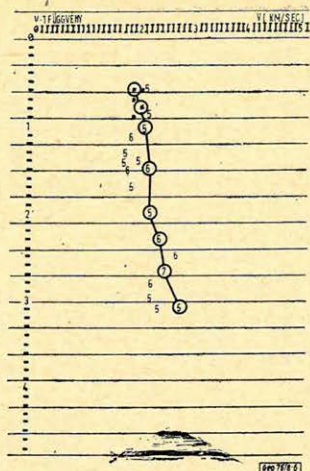
Рис. 5. Параметры сегмента, записанные строкочечатающим устройством. Колонки содержат: номер по порядку сегментов, длину сегментов, первый глубинный пункт сегмента, длину первого сегмента, приходящегося на интервал изучаемых глубинных пунктов, время, скорость, амплитуду, разброс времени, разброс скоростей, разброс амплитуд, V^2T .

Fig. 5. Table of segment parameters written out by a line printer. The columns are als follows: numero of the segment, length of the segment, its first depth-point, length of segment falling into the depth-point-interval considered, time, velocity, amplitude, standard error of time, standard error of velocity, V^2T .

vényt láthatjuk, amiket a 4. ábrán bemutatott szegmensszelvényből kaptunk, a megfelelő sebességintervallum alapján való osztályozással. A területen erős többszörös reflexiós tevékenység volt. A válogatással sikerült a szegmensszelvényt megtisztítani a többszörösöktől, és így a felszín alatti rétegződés egy tisztább, könnyebben értelmezhető képét létrehozni.

Sokszor hasznos lehet a kiértékelő számára a horizontoknak a meghatározott sebességértékekkel való szelvénytérkép ábrázolása (10. ábra).

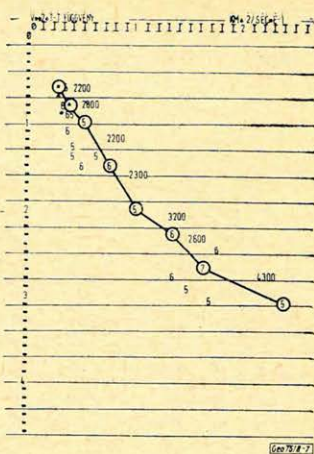
A szegmenseknek az állandó sebességű összegzéses sebességmeghatározási eljáráshoz hasonló ábrázolása is lehetséges. A kívánt mélységpont tartományba



6. ábra. A szegmensek ábrázolása a sebesség-idő koordináta rendszerben. A tíznél tövidebb szegmensek a hosszukkal, az annál hosszabbak csillaggal vannak jelölve.

Рис. 6. Представление сегментов в системе координат скорость-время. Длина сегментов, более коротких десяти, обозначается их длиной, а более длинных – звездочкой

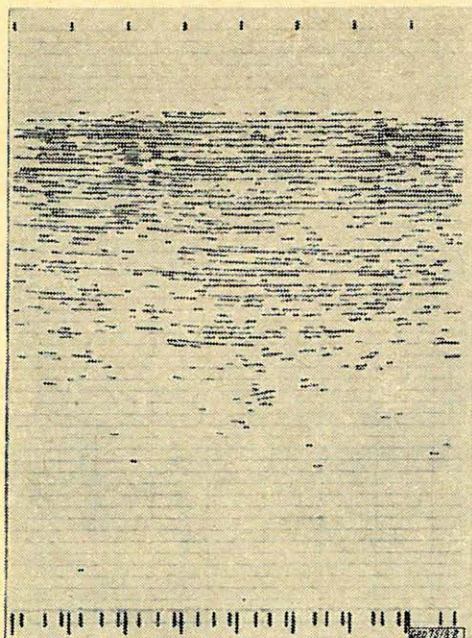
Fig. 6. Representation of segments in a velocity-time coordinate system. Segments shorter than 10 figure by their length, the longer ones marked by asterisk



7. ábra. A szegmensek ábrázolása a V^2T-T koordináta rendszerben. A tíznél rövidebb szegmensek a hosszukkal, az annál hosszabbak csillaggal vannak jelölve.

Рис. 7. Представление сегментов в системе координат $V^2T - T$. Длина сегментов, более коротких десяти, обозначается их длиной, а более длинных – звездочкой

Fig. 7. Representation of segments in a coordinate system $V^2T - T$. Segments shorter than 10 figure by their length, the longer ones marked by an asterisk

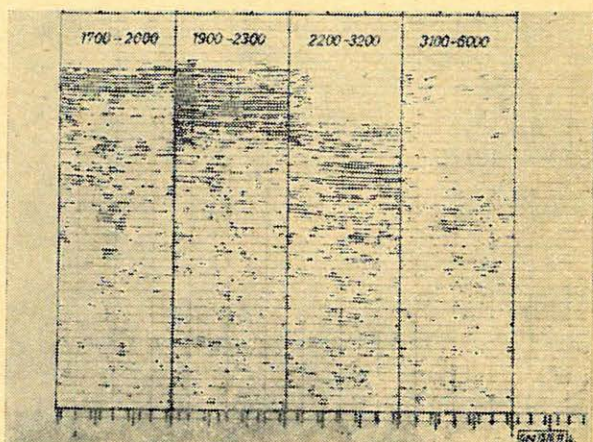


8. ábra. Az egyszeres reflexiók szegmensszelvénye. A 4. ábrán látható szegmensszelvényből készült, az egyszeres reflexiók sebességsávjába eső szegmensek kiválogatásával.

Рис. 8. Разрез сегментов однократных отражений. Составлен по разрезу сегментов, представленному на рис. 4. путем выделения сегментов, приходящихся на интервал скоростей однократных отражений

Fig. 8. Segment-profile of single reflections. Constructed from the segments obtained by selecting from the profile of Fig. 4. those ones falling into the velocity-band of single reflections

eső szegmenseket előírt sebességablak sorozat szerint válogathatjuk, és így a 11. ábrán látható sebesség scan-szerű képet kapunk. Ennek alapján is megbecsülhetjük a sebesség-idő függvényt.



11. ábra. Sebességablak sorozattal válogatott szegmensek.

Рис. 11. Сегменты выделенные по сериям окон скоростей

Fig. 11. Segments selected by means of velocity-window-series

Összefoglalás

A mélységpontonkénti sebességbecslés lehetőséget nyújt az egyes pontokban végzett becslés hibáinak csökkentésére. A szelvény menti sebességmenetből felismerhetők bizonyos hamis vagy torzult sebességek. Ezek vagy korrigálhatók, pl. simítással, vagy kizárhatók, mint hibás értékek. A sebességbecslés elérhető pontossága – anyagminőségtől függően – 5–10%. Az intervallumsebességek számítása is jó ellenőrzési módja a felépített modell helyességének. Erre jelenleg kézi eszközökkel van lehetőség; a számítógépes algoritmus kidolgozása folyamatban van.

A módszer az összegzéshez és a migrációhoz felhasználható sebességbecslésen kívül, közvetlen értelmezési problémák megoldásához, mint pl. az egyszeres és a többszörös reflexiók elkülönítése, is hasznos lehet.

A módszer végső fázisa általában többszöri értelmezői döntést és programfutásba való ismételt beavatkozásokat igényel, aminek legalkalmasabb eszköze interaktív hardware rendszer lenne. Ennek hiányában is igyekeztünk a számítógép és a felhasználó közötti kommunikációt a lehetőségekhez képest a legkényelmesebbé kialakítani.

IRODALOM

- Schneider, W. A.: Developments on seismic data processing and analysis (1968–1970). *Geophysics* 1971. v. 36. n. 6.
- Sherwood, J. W. C. – Poe, P. H.: Continuous velocity estimation and seismic wavelet processing. *Geophysics* 1972. v. 37. n. 5.
- Garotta, R.: Selection of seismic picking based upon the dip, moveout and amplitude of each event. *Geophysical Prospecting* 1971. v. 19. n. 3.
- Quarles, M.: Correlation of extracted seismic properties with known oil and gas deposits. Petty-Ray Geophysical Inc. kiadvány 1973.
- GSI kiadvány: 700 package, seismic data processing, 1972.
- Zsellér Péter: Összegzésen alapuló sebességmeghatározási eljárások felbontóképességének növelése. *Magyar Geofizika* 1974. XV. évf. 3–4. szám.