Kísérletek automatikus reflexió-detektálásra és minősítésre

MESKÓ ATTILA

Reflexiós szeizmogramok digitális feldolgozásával kapcsolatban kísérleti számításokat végeztünk. Röviden ismertetjük a reflexió-detektálással kapcsolatos vizsgálatokat.

Az irodalomból ismert eljárások két nagy csoportba sorolhatók; az egyik az eredetiből egy új szeizmogramot (átlagos jóslási hiba, energia, hasonlóság számítása), a másik az eredeti szeizmogramból új csatornát állít elő (teljes terítés energiája, koincidencia eljárások). Automatikus feldolgozásnál valószínűleg az utóbbi típusba tartozó eljárások lesznek hasznosíthatók.

Проведены экспериментальные расчеты по цифровой обработке сейсмолент, полученных методом отраженных волн. Коротко излагаются исследования по выделению отражений. Известные из литературы приемы разделяются на две группы. В первую входят приемы, при которых по первоначальной сейсмоленте составляется новая (вычисление средней погрешности предсказания, вычисление энергии, сходства). Приемы, входящие во вторую группу, сводят первоначальную сейсмоленту к единственной трассе (энергия по всей стоянке, приемы совпадений). Наиболее удобными для автоматической обработки данных являются, по всей вероятности, методы второй группы.

Es wird eine Koinzidenz Matrix für die Detektierung vorgeschlagt, wobei vom kompletten Seismogramm ein einziger Kanal gebildet wird, wo der Ausgang ein grosser Wert, gewöhnlich ein Maximum ist, wenn die Extremalwerte eine gewisse Regelmässigkeit aufweisen. Bei entsprechender Wahl der Matrix sind die Halbwertbreiten zusammenziehbar; die Stellen der Reflexionen werden durch die Peaks oder deren unmittelbare Umgebung bestimmt. Zur Qualifikation können die Abweichungen der Laufzeitkurvenpunkte der ausgeglichenen Hyperbel, bzw. eine quadratische Summation, Energieberechnung oder aber die Bestimmung einer zur Aehnlichkeit der Kanäle charakteristische Kurve dienen.

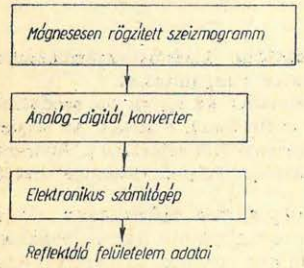
1. Bevezetés

A szeizmikus kiértékelést – akár hagyományos, akár módosított, kibővített értelemben – rábízhatjuk elektronikus számítógépekre. Ehhez egyrészt biztosítani kell a megfelelő segédberendezéseket: a számítógép bemenetéül szolgáló digitális adatrendszert előállító analóg-digitál konvertert, illetve a számítógép kimenetéhez csatlakozó, a géppel vezérelt rajzolóberendezést; másrészt ki kell dolgozni a digitális adatfeldolgozás elméletét. Az elméleti vizsgálatoknak is van egy technikai oldala, ti. az előírt műveletsoroknak számítási programra való „lefordítása" és a gép működtetése. Az automatikus kiértékelés első közelítéseként olyan számítássorozat konstruálását tűzhetjük ki célul, amely a digitált szeizmogram értékrendszeréből a reflektáló felületelem jellemzőit (mélység, dőlés, minősítés) adja meg.

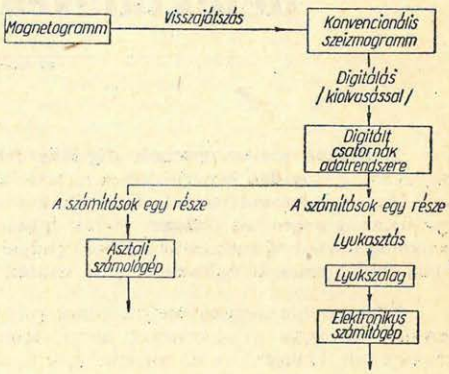
A számítássorozat műveletei között vannak olyanok, amikről tudjuk, hogyan működnek az analóg megoldásban (keverés, szűrés, korrekciók). Ezeknél a feladat: megvizsgálni, hogyan lehet digitálisan végrehajtani a műveleteket, illetve kihasználni a számítógépek adta lehetőségeket. A műveletek másik csoportja: a reflexiók bejelölése és minősítése sokkal nehezebben megfogható. A végleges elbírálás még gyakorlott kiértékelő esetén is sokszor hosszú megfontolások, utólagos javítások eredménye. Az utóbbi műveletcsoporttal foglalkozunk.

2. *Számítási módszer*

A kutatástól megkívánt gyorsaság, megbízhatóság, a szubjektív elemek kiküszöbölése és az a törekvés, hogy szeizmikus felvételeink információtartal-



1. ábra. Ideális digitális feldolgozás blokksémája



2. ábra. Tényleges feldolgozás a kísérleti számításokban

mát az eddigieknél jobban kihasználjuk bizonyos ponton túl szükségszerűvé teszi az automatizálást, a gépi számítást. Az automatizálás lehetőségeit a magnetofonos felvételi technika, analóg-digitál konverterek és nagysebességű számítógépek alkalmazása teremtheti meg. Az ideális feldolgozás blokksémáját az *1. ábra* mutatja be.

Ez a rendszer a mágnesesen rögzített szeizmogram digitált adattömegét közvetlenül – analóg változat, tehát konvencionális szeizmogram elkészítése nélkül – viszi a számítógépbe. Az egész rendszer működése akkor válik gazdaságossá, ha mind az adatbevitel, mind a számolás megfelelően gyors. Egy-egy szeizmogram leírására ugyanis – a kívánt pontosságtól függően 10–100 ezer decimális számot kell a gépbe juttatni. (pl. 1 msec-os kiolvasási távolság, 4 sec-os figyelembe vett szakasz és 24 csatorna 96 000 számot jelent.)

Megfelelő analóg-digitál átalakítóval egyenlőre nem rendelkezünk. A számításokban követett út emiatt az előző blokkdiagram helyett *2. ábrán* látható módon alakult.

Az analóg alakban előállított szeizmogramok kiolvasással történő digitálása lassú. Hasonlóan sok időt igényel a gépbe való bevitelhez szükséges lyukasztás. Ez a kedvezőtlen helyzet is korlátozta a gyakorlati számításokat.

3. *Az automatikus kiértékelés fő lépései*

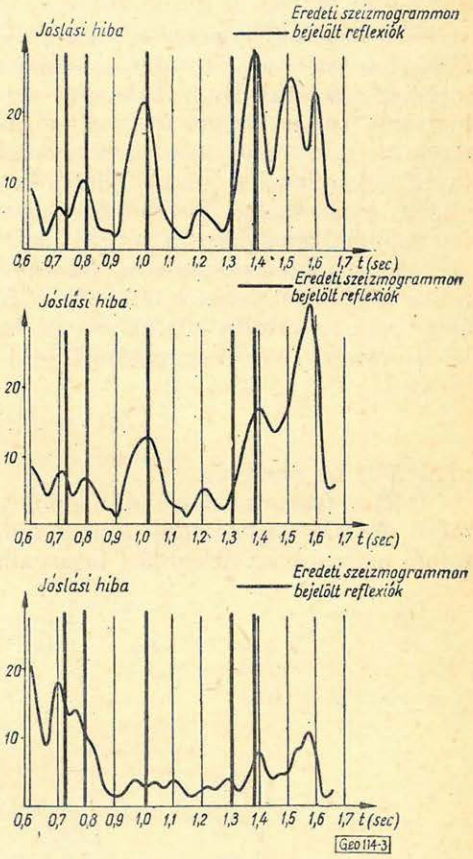
A félreérthetetlen szabályokba, műveleti utasításokba öntendő számítási elvek elvégzésük logikai sorrendje szerint három nagy csoportba sorolhatók:

1. javítások (szűrés)
2. reflexiódetektálás és minősítés
3. a reflektáló felületelem adatainak számítása (l. még *I. táblázat*).

A 3. csoport műveletei tisztázottak. Mélység, dőlés sebesség számítása az út-idő görbéből nem okoz elvi problémát.

Az 1. pont célkitűzéseinek megvalósításával ezen a helyen nem kívánunk bővebben foglalkozni. A kutatás tennivalói ebben az irányban világosak. A szeizmogram analízisével meg kell vizsgálni a reflexiós intervallumok és a zajnak minősülő részek struktúrája közötti különbségeket. Ezután az információelméletben kidolgozott módszerek szerint a kitűzött célnak megfelelő optimumszűrőt kell tervezni. A szűrő súlyfüggvénye a bemenetről szerzett ismereteknek a működő szűrőosztály és a jósági kritérium rögzítésével való kiegészítése után meghatározható. A jel/zaj arány növelésével a szűrés megkönnyíti a reflexió detektálását, de nem végzi el.

A második lépés a javításokkal megtisztított szeizmogramon a reflexiók bejelölése és minősítése. Megállapodás dolga, hogy ezt is szűrésnek nevezzük-e. Logikus annak mondani, ha a szűrés fogalmát mint a hasznos információ megtartását és az adott vonatkozásban szükségtelen információ elvetését definiáljuk. Ha megtartjuk az elnevezést a detektálási művelet: speciális típusú nem-lineáris szűrő alkalmazása. Ennek a „detektáló szűrőnek" fel kell ismernie a reflexiók jellegzetes tulajdonságait. Ez utóbbiakat így foglalhatjuk össze (Gaby, 1947): elegendő sok csatornán lényegében hasonló változások időfüggvényei találhatók, egymástól szabályos időkülönbségekkel eltolva; amik a csatorna energiatartalmát többnyire — láthatóan is — megnövelik. De ezeken kívül is elképzelhetők detektálásra felhasználható tulajdonságok, pl. a reflexió váratlan megjelenése miatt megnövő jóslási hiba.



3. ábra. Átlagos jóslási hiba-görbék Wadsworth (1953) nyomán

A reflexiók felsorolt jellemzői csak ideális esetben találhatók meg együttesen. Sokszor egyik-másik csökkent mértékben vagy egyáltalán nem szerepel. A kiértékelőnek fel kell mérni kompenzálja-e a hiányt a többi tulajdonság megfelelő volta. Az automatikus feldolgozásban — hogy a döntéseket megszabadítsuk az ösztönös és szubjektív elemektől — a tulajdonságok mértékét képletekkel kell kifejezni. Célszerű úgy konstruálni a képletet, hogy az illető tulajdonság ideális jelenlétének maximum, hiányának zérus vagy ahhoz közeleső érték feleljen meg.

Első lépésként összegyűjtöttük a szakirodalomból az egyes tulajdonságok mérésére felhasználhatónak látszó eljárásokat és kísérleti számításokkal igyekeztünk megállapítani értéküket, eldönteni alkalmazhatóságukat.

4. *Detektálásra felhasználható tulajdonságok vizsgálata*

A *jóslás-elmélet* reflexiódetektálásban való felhasználásával Wadsworth és társai (1953), ill. Robinson (1957) foglalkozott. Az eljárás lényege: az időfüggvény „múlt"-jából megjósolják a csatorna folytatását; ezt kivonva a tényleges csatornából megkapjuk az ún. jóslási hibát; a hiba négyzetes átlagát képezzük valamilyen alkalmasan választott intervallumon. Azt várjuk, hogy az így kialakított átlagos jóslási hiba menetében a reflexiós intervallumok maximumokként jelentkeznek, mivel a reflexió váratlanul beérkező, jósolhatatlan információ. A módszerrel végzett kísérletek nem túlságosan biztatók. A görbék menete függ a használt operátor-intervallum hosszától is. Bemutatok egy ábrasorozatot *Wadsworth* (1953) cikkéből, amin az elmondottak ellenőrizhetők: *3. ábra.*

Az *amplitúdónövekedés* kimutatására a gyorsan számolható futó-négyzetes átlag használható. Szintén a maximumok vannak összefüggésben a reflexiós intervallumokkal. Ha az átlagolást egy kb. 30 msec-os intervallumra végezzük, kedvező tulajdonságokat kap a „négyzetreemelt" csatorna. Az átlágolás ugyanis, mint felülvágó szűrő szerepel és eltávolítja a felesleges részleteket, (a négyzetreemelés miatt fellépő kétszeres frekvenciájú oszcillációt). Ez az eljárás csak azokat a reflexiókat mutatja ki, pontosabban szólva: teszi még feltűnőbbé, amelyekre a jel/zaj arány már eleve megfelelően nagy.

Az *energia* számítására *Baranov* (1964) képleteit használhatjuk. Nem mutatkozott lényeges különbség a futó négyzetes átlag és az energia futó átlagának számítása között. Ez várható is. Ugyanis az energiát megadó képlet Baranov 1964 dolgozatának (14) képlete:

$$D(t) = v^2(t) - \frac{\partial v}{\partial t} \int v dt$$

ahol $D(t)$ az energiát,

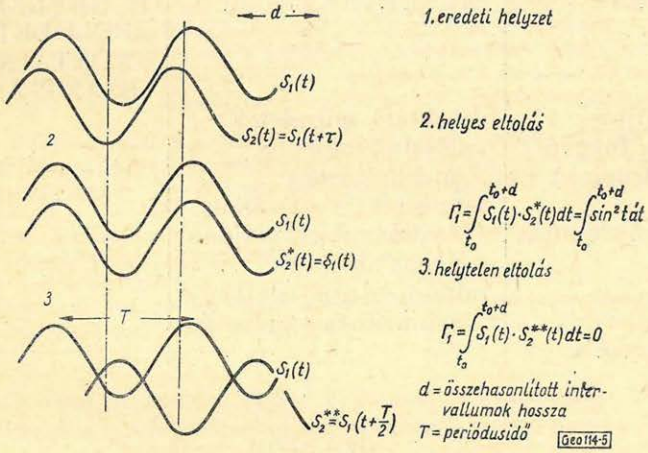
$v(t)$ a csatornát leíró időfüggvény abban az esetben, ha a geofon sebességmérő. Az első tag mindig pozitív, a második viszont változó előjelű, és emiatt minél nagyobb az átlagolási intervallum, annál kisebb szerepet játszik.

4. ábra. Hasonlóságra jellemző mennyiség számítása különböző számú csatorna felhasználásával
A vonalakhoz írt számok a felhasznált első, illetve utolsó csatorna sorszámát mutatják

A most említett eljárások az egyes csatornákat külön-külön dolgozzák fel és így nem változik a csatornák száma. Az eredeti szeizmogramból egy-egy új, bizonyos szempontból áttekinthetőbb szeizmogramot állíthatunk elő. Más eljárások több csatornát vonnak be a számításba. A *hasonlóságra Simpson* (1955), *Baranov* (1964) adtak definíciót. A hasonlóságra jellemző mennyiség szoros kapcsolatban van a csatornák keresztkorrelációjával. A képlet felhasználhatósága céljából tisztázni kell, hogy:

a) mekkora időintervallumban vizsgáljuk a hasonlóságot,
b) hányféle időeltolással dolgozunk,
c) hány csatornát vonjunk be a számításba (hány csatornát hasonlítsunk össze).

Kísérleti számításainkból egy görbe-sorozatot mutatok be: *4. ábra*, ami az utolsó kérdés tisztázása céljából készült. Az eredeti szeizmogramon bejelölt reflexió első és második fázisa közötti részt vonalkázással emeltük ki. Ebből az ábrából az látszik, hogy a számításba bevont csatornák számának növelésével a kiemelés mind erősebb lesz. Ez valóban így van minden olyan esetben, amikor az időeltolások megfelelőek. De ha az időeltolásokat rosszul választjuk meg azonos csatornák is korrelálatlanoknak fognak tűnni. Egyszerűség kedvéért egy sematikus, csupán két csatornát összehasonlító példát mutatok be. Mindegyik csatornát szabályos szinuszhullám írja le: *5. ábra*. Helyes eltolás esetén (2) a hasonlóságra jellemző mennyiség maximum, míg kedvezőtlen esetben zérus is lehet.



5. ábra. Hasonlóság számítása különböző időeltolásokkal

Meg kell jegyezni, hogy így sem kapunk kevesebb csatornát; mert amit azáltal nyerünk, hogy pl. 4 db csatornát hasonlítunk össze és végeredményül egyetlen csatornát kapunk, elveszítjük amiatt, hogy különböző időkülönbségekkel kell az összehasonlítást elvégeznünk.

A teljes szeizmogramból egyetlen csatornát állít elő a *teljes terítés energiáját* számító módszer. Itt az a problematikus, milyen mértékben hanyagolható el, hogy a reflexiós energia nem azonos időpillanatban ér az összes geofonhoz, illetve, hogy gyakran a reflexiós hullámcsoport más-más fázisai hoznak nagyobb energiát.

A *beérkezési idők közötti szabályosságokat* különböző egybeesési (koincidencia) sémákkal lehet figyelembe venni. (Melton és Karr, 1957).

A *fázistengely szabályosságára* vonatkozó mennyiségként a hiperbolává történő kiegyenlítésre jellemző középhibát alkalmazhatjuk.

Az eddigi kísérletek közül legbiztatóbbnak azok a módszerek látszanak, melyekkel egyetlen ún. referencia csatornát rendelhetünk a teljes szeizmogramhoz. A referencia csatorna maximumhelyeinek környezetében végzünk részletes vizsgálatokat. A teljes szeizmogram „leképezése" egyetlen csatornára tehát az „érdekes" szakaszok kiválogatására nyújt támpontot.

A jelenlegi számítógép kötöttségeit (kis sebesség) figyelembe véve a futó négyzetes átlag csatornák közötti átlaga, illetve a kiegyenlítésre jellemző középhiba számítása ajánlható. A hasonlóságra jellemző mennyiség számítása csak akkor végezhető gazdaságosan, ha jóval nagyobb sebességű számítógépek állnak majd rendelkezésre. Az I. táblázatban bemutatott kiértékelési folyamat jóval az elektronikus számítógépek lehetőségeinek határán belül van. A gép összes előnyei még nem mérhetők fel. De azt hisszük, nem túlzás remélni, hogy hatásuk nemcsak a rutin kiértékelés gyorsaságának és eredményességének növelése lesz, hanem új szempontjaik változásokat hoznak majd a kutatás szemléletmódjában is.

I. táblázat

I. SZŰRÉS	II. DETEKTÁLÁS	III. REFLEKTÁLÓ FELÜLETELEM ADATAINAK SZÁMÍTÁSA
információgyűjtés (korrelációs függvények, spektrumok)	detektáló műveletek valószínű reflexiós út-idő görbék	
optimum szűrő számítás	minősítés (kinematikus és dinamikus tulajdonságok alapján)	
a szűrő alkalmazása	minősítési szint alatti pontsorozatok elvetése	

IRODALOM

Baranov, V. és Picou, C. H., 1964: Energy and vector record sections. (Geophysics, Vol. 29, no 1, p. 17 – 37).

Gaby, Ph. P., 1947. Grading system for seismic reflections and correlations (Geophysics, Vol. 12, no. 4, p. 590.)

Melton, B. S. és Karr, P. R., 1957: Polarity coincidence scheme for revealing signal coherence. (Geophysics, Vol. 22, p. 553 – 564.)

Robinson, E. A., 1957: Predictive decomposition of seismic traces. (Geophysics, Vol. 22, p. 767 – 778).

Simpson, S. M., 1955: Similarity of output traces as a seismic operator criterion. (Geophysics, Vol. 20 p. 254 – 269.)

Wadsworth, G. P. és társai, 1953: Detection of reflections on seismic records by linear operators. (Geophysics, Vol. 18, p. 539 – 587.)