A közös referenciapontos eljárás korlátai
II. rész

*MESKÓ ATTILA**

A szeizmikus értelmezés alapja a jelenlegi gyakorlat szerint az időszelvény. A feldolgozás műveleteinek döntő többsége jó minőségű időszelvény előállítását segíti elő.

Az előző dolgozatban ismertetett és a jelen dolgozatban ismertetendő vizsgálatok célja a korrigált csatornák összegzésének minőségét befolyásoló hatások felmérése. Ezt az összegzendő csatornák jelei közötti különbségek (alak, amplitúdó, beérkezési idő), valamint a rendezetlen és koherens zajok határozzák meg. A jelenlegi gyakorlat a jelek beérkezési idői (statisztikus és dinamikus korrekciók), illetve amplitúdói közötti eltéréseket próbálja eltüntetni. Nem vagy csak ritkán foglalkozik a jelalak, illetve a rendezetlen és koherens zajok összegzés előtti kezelésével.

Az előző dolgozatban tisztáztuk a sebességfüggvény és terítési elrendezés szerepét a dinamikus korrekciók (és így közvetve a jelalak változásának) nagyságában, illetve a rendezetlen zaj relatív szintjének növekedésében. Reális modellekkel felmértük a dinamikus korrekció miatti jelalakváltozás, a statikus korrekciók és a rendezetlen zaj hatását. A jelen rész az amplitúdók közötti eltérésekkel, a többszörös reflexiók csökkenésével, valamint az összes tényezők hatását bemutató modellekkel foglalkozik. Utal továbbá azokra a tényezőkre is, melyek csupán konkrét geológiai modell segítségével tanulmányozhatók.

Az alapvető következtetések egy része a jelenlegi metodikára és felhasználásra vonatkozik:

1. A mérések tervezésének előkészítésére célszerű megnyúlástérképeket, várható jel-energia csökkenéstérképeket számítani.

2. Az összegzés előtt kellene a jelalak változásait is korrigálni. Legalább a prediktív dekonvolúció műveletét az összegzés előtt kellene végezni.

3. A statikus korrekció analízist ki kellene bővíteni a jelalak korrigálásával.

A következtetések másik csoportja a jelenlegi technikával nyert időszelvények felhasználásának korlátaira vonatkozik:

1. Az összegzés hatásossága jóval kisebb annál, mint amit a szakirodalom az egyszerű lineáris modellek alapján becsül.

2. A felbontóképesség korlátozott, finomabb szerkezeti részletek megkülönböztetésére a jelenlegi technika alkalmatlan.

3. A jelenlegi technika alkalmatlan sztratigráfiai és litológiai következtetések levonására.

Основой сейсмической интерпретации в настоящее время служит сейсмический разрез. Большинство процедур обработки способствует получению временного разреза хорошего качества.

Целью описанных в предыдущей и настоящей статье исследований является определение факторов, влияющих на качество суммирования каналов после коррекции. Это обусловлено разницей между сигналами суммируемых каналов (форма, амплитуда, время вступления), а также когерентным и случайным шумом. Современная практика пытается исключить разницу в амплитудах и временах вступления сигналов (статические и кинематические поправки). Только изредка или совсем не занимаются формой сигнала и шумами перед суммированием.

В предыдущей статье было выяснено влияние скоростной зависимости и системы наблюдения на величину кинематической поправки (а через неё на изменение формы сигнала), кроме того на увеличение относительного уровня нестационарного шума. На реальных моделях исследовалось влияние связанного с кинематической поправкой изменения формы сигнала, влияние статических поправок и случайного шума.

В этой части показаны модели, показывающие различие между амплитудами, снижение влияния многократных волн и влияние всех факторов. Далее разбираются и те факторы, которые можно изучать лишь с помощью конкретной геологической модели.

Часть основных выводов относится к методике наблюдений и обработке материалов.

1. При планировании полевых наблюдений целесообразно составлять карты растяжений и карты ожидаемого снижения энергии сигнала.

* ELTE Geofizika Tanszék.

2. Перед суммированием следовало бы проводить коррекцию изменения формы сигнала. Надо бы по крайней мере перед суммированием проводить предсказывающую деконволюцию.

3. Анализ статических поправок следовало бы расширить коррекцией формы сигнала. Вторая часть выводов относится к ограниченности применения обработанных настоящей техникой временных разрезов.

1. Эффективность суммирования намного меньше, чем она оценивается в литературе на основании простых линейных моделей.

2. Разрешенность ограничена, настоящая техника не применима для выделения более тонких структурных единиц.

3. На данном этапе имеющаяся в нашем распоряжении техника неприменима для выводов о стратиграфии и литологии.

Seismic interpretation is based on the time section. The bulk of data processing procedures aim a improving the quality of seismic sections.

The investigations, reported in the previous and the present paper, evaluate the influence of several factors which have essential bearings upon the quality of stacking of corrected CRP traces and thus upon the quality of seismic section. The effectivity of the stack is determined by the deviations between the signals of the traces to be stacked as well as the amount of coherent and random noises. The routine processing tries to eliminate deviations between arrival times and amplitudes. Current practice does not or can not deal with the correction of signal shape or with the attenuation of coherent and random noises before stacking.

In the previous paper the influence of the velocity-time function and the positions of the receivers on the NMO corrections, which in turn, contribute to changes of the signal shape, and on the signal-to-random noise ratio, are discussed. The effects due to signal stretching of the NMO corrections, the static corrections and random noise have been evaluated.

Noise due to amplitude variations, a realistic estimation of the attenuation of surface multiples and complex models including all effects, are discussed in the present paper. The limitations of the models are also pointed out by describing some effects which have also bearing upon the effectivity of the stack but their contribution can be evaluated by a geological model, only.

A part of the conclusions refers to the present data gathering and data processing techniques, as follows.

1. Before starting seismic measurements some evaluation of the prospect area is advisable by computing signal stretchiing, signal energy decrease and signal-to-noise ratio estimates.

2. The signal shape distortions should be corrected before stacking. At least a non-white deconvolution should be used to provide similar signals on all channels to be stacked.

3. The static correction analysis program should be complemented by signal shape analysis and correction.

The second set of conclusions refers to the limited interpretation capabilities of the time sections obtained by the present data acquisition procedures.

1. The effectivity of the stack is less than the one computed by the linear models. The output signal-to-noise ratio is about 6 – 10 dB for the frequency band 20 – 24 Hz and smaller for larger frequencies (in spite of 24-fold coverage).

2. Due to the limited band where the signal dominates the resolving power is insufficient to detect fine structural details.

3. Stratigraphic or lithologic interpretations can not be based on time sections obtained by the currently used data gathering and processing techniques.

Bevezetés

A jelen dolgozat a *Magyar Geofizika 1981.* évi *5.* számában megjelent, azonos című dolgozat folytatása. A bevezető célja pusztán a kapcsolódás megkönnyítése.

Az első részben bevezettük az energiahányados *ER* és a relatív hiba *RE* mennyiségeket – ld. *(1)* és *(2)* képletek – annak érdekében, hogy a korrekciók + összegzés nem-lineáris műveletsorozat hatását reálisan értékelhessük. Továbbra is ezeket a mennyiségeket fogjuk használni. Tárgyaltuk a sebesség-idő függvény és a dinamikus korrekció miatti megnyúlás kapcsolatát valamint ugyancsak a sebesség-idő függvény és a jel energia csökkenés kapcsolatát: l. *(7)*, illetve *(9)* képleteket, valamint a *2.4 – 2.8 ábrákat.* Ezekre a képletekre, illetve az azokhoz kapcsolódó megfontolásokra a továbbiakban is támaszkodunk.

Az összegezés hatásosságát a jelek közötti eltérések és a jelekhez adódó zajok egyaránt befolyásolják. A jelek közötti eltéréseket részben történeti okokból, részben az egyszerűbb tárgyalás miatt beérkezési idő különbségek, amplitúdó közötti eltérések és alak közötti eltérésekre bontjuk. A beérkezési idők közötti eltéréseket kívánja eltüntetni a statikus és dinamikus korrekció. Utóbbi azonban szükségképpen megváltoztatja a jelek alakját. Az amplitúdók közötti eltéréseket kívánja megszüntetni az amplitúdókorrekció. Nincsen rendszeresen alkalmazott eljárás a jelalak korrigálására, bár hasznossága nyilvánvaló. Az összegezés előtt alkalmazott nem-fehér-spektrumú dekonvolúció a jelalak-korrekció jó közelítése volna. Ez azonban — talán gépidőszükséglete miatt — nem terjedt el.

Az előző részben a felsorolt tényezők közül a dinamikus és statikus korrekciók hatását vizsgáltuk. A 6. fejezet (a dolgozat ezen, második részének első fejezete), az amplitúdókorrekció hatását mutatja be.

Az összegzés hatásosságát befolyásoló tényezők másik nagy csoportjából, a jelektől független zajok csoportjából (4. fejezet) már vázoltuk a rendezetlen zajok szerepét. A 7. fejezet a többszörös reflexiók változását vizsgálja.

A 8. fejezetben szerepelnek a felsorolt és külön-külön vizsgált valamennyi tényező hatását tartalmazó modellek. A vizsgálatok köre ugyan még ezzel sem teljes, de már lehetőséget nyújt néhány alapvető következtetés levonására: 9. fejezet.

A fejezetek számozása folyamatos, de a képletszámozás a jelen, második részben elölről kezdődik. Az ábrák számozása már az első részben is minden fejezetben egytől kezdődött (első szám a fejezetszám volt). Ezt itt is megtartottuk.

6. Az amplitúdók közötti eltérések hatása

Régóta ismert és az amplitúdókorrekciós programok *(Véges — Makáry, 1977)* segítségével kvantitatív analízisek sorozatával is kimutatott tény, hogy az összegzendő csatornák átlagos amplitúdói nem azonosak még a gömbi szóródás és az átlagos abszorpcióra jellemző hatás eltávolítása után sem. Az eltéréseket létrehozó tényezők közül talán a legfontosabbak, és statisztikus módszerekkel kezelhetők a robbantási körülmények változásai (robbantóponti hatás), a geofoncsoportok közvetlen környezeteinek és a csoport viselkedésének változásai (geofonponti hatás), illetve a robbantópont és észlelési hely közötti távolság hatása (offset hatás). Az utóbbi hatások eltávolítása nélkül az amplitúdók szórása elég nagy. Reális modell felépítésében ezt is figyelembe kell venni. Érdekes továbbá számunkra az is, mekkora javulást eredményez, ha az amplitúdók szórását a korrekciókkal csökkentjük.

Az amplitúdók különbségeinek hatását elemző modellvizsgálatokat kis statikus korrekciós hiba $\sigma_t = 2$ ms feltételezésével végeztük.

A jobb áttekinthetőség érdekében a rendezetlen zaj hatását nem vettük figyelembe. Néhány megjegyzés azonban, ezzel kapcsolatban, még az összes tényezőt tartalmazó modellek (8. fejezet) tárgyalása előtt, ide kívánkozik.

Egy regisztrált csatornán a jel/zaj arányt nem változtatja, ha a csatornát tetszőleges konstanssal megszorozzuk. Az amplitúdókorrekció során az átlagos amplitúdót tudjuk csak kezelni. Feltételezhetjük, hogy a rendezetlen zaj kicsiny, emiatt az átlagos amplitúdó, legalábbis kedvezően választott, nem túlságosan nagy felvételi időkre eső időablak esetén a jelre jellemző. Ha a háttér zaj ebben az időablakban közel állandó, ez egyben azt is jelenti, hogy kis átlagos amplitúdó kisebb jel/zaj aránnyal jár. A korrekció a kis átlagos amplitúdójú

csatornákat növeli. Így éppen a rosszabb jel/zaj arányú csatornák súlyát növeljük meg, és ez az összegezés hatásosságát csökkenti.

Az amplitúdókorrekciók célja azonban nem az összegezés hatékonyságának kedvező befolyásolása, hanem lehetőleg a réteghatárok reflexiós együtthatóival arányos amplitúdók biztosítása az időszelvényen. Ennek ellenére nem közömbös a művelet analízise az összegezés hatásosságának szempontjából sem. Mivel a korrigált amplitúdókból kívánunk következtetni a reflexiós együtthatókra, hasznos felmérni, mekkora zaj terhelheti a korrigált értékeket.

A módszerről biztosat csak elég sok teljes időszelvénymodell alapján mondhatnánk. A következő ábrák bevezető jellegű vizsgálatok eredményei, korlátozott mértékű tájékoztatást nyújtanak. Inkább csak felhívjuk a figyelmet az amplitúdókorrekció helyes végrehajtásának problémáira.

A *6.1–6.4 ábrákon* a relatív hiba menetét mutatjuk be. Az előző fejezet egy reális adatoknak megfelelő modelljét, melyben a statikus korrekció szórása $\sigma_t = 2$ *ms*, bővítettük ki azzal, hogy megengedtük a jelamplitúdók változását is.

A két számítás közötti eltérés az, hogy a *6.1 és 6.2 ábrákon* bemutatott esetben az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó *90%*-a, a *6.3 és 6.4 ábrákon* látható esetben az átlagos amplitúdó *30%*-a volt. Ez közel helyesen tükrözi az amplitúdókorrekció előtti és utáni szórások viszonyát. A *6.1 és 6.3 ábrák* a kis offsetre *(35 m)*, a *6.2 és 6.4 ábrák* a nagy offsetre *(840 m)* vonatkozó számítási eredmények. Az eredmények értékelhetősége érdekében feltüntettük az ábrák felső részén a relatív hiba menetét abban az esetben is, amikor a valódi reflexiók beérkezési idői és amplitúdói azonosak. Így jól látszik, mekkora a dinamikus korrekció miatti megnyúlás szerepe és milyen romlást okoz a statikus korrekció és amplitúdókorrekció hibája. A használt jelalakot a bal felső kis négyszögben mutatjuk be. Az ábrák alsó részén szereplő *20, 40, 50* és *80* számok a jel domináns frekvenciájára vonatkoznak. Ezt a jelet használva és a tökéletes időbeli egybeesést az abszolút értékben legnagyobb amplitúdók egybeesésével definiálva, a korrekciós hibák nélküli eset a vizsgált tartományon *(20 Hz–80 Hz)*, szinte frekvenciafüggetlen relatív hibamenetet mutatott.

Az ábrákból kitűnik, hogy a hiba nem lesz közel zérus, hanem bizonyos értékeknél „stabilizálódik". Ennek nagysága frekvenciafüggő: nagyobb dominans frekvencián a hiba nagyobb. Az amplitúdók szórásának csökkentése a hibákat csökkenti.

Az ábrákon kevéssé látszik eltérés a *30%*-os amplitúdószórás és *90%*-os szórás között. Valóban aránylag kicsi az eltérés különösen nagyobb felvételi időknél. Kis különbségek azonban mégis léteznek. Ennek illusztrálására a *6.5 ábrán* megadjuk a *90%*-os *30%-os* és 0%-os amplitúdószórásokra vonatkozó relatív hiba meneteket elég nagy felvételi időkre és *30 Hz* csúcsfrekvenciájú jelre.

A modellszámításoknak ez a megállapítása összhangban van az elmélettel. Ha a jelek alakja (a dinamikus korrekció miatt) nem térne el egymástól, csupán amplitúdóik között volna zérus várható értékű különbség, a relatív hiba független volna az amplitúdók ingadozásától. Az összeg ugyanis ebben az esetben

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{i=1}^{NC} (1+\varepsilon_i)\, g(t). \tag{1}$$

Ennek várható értéke pedig

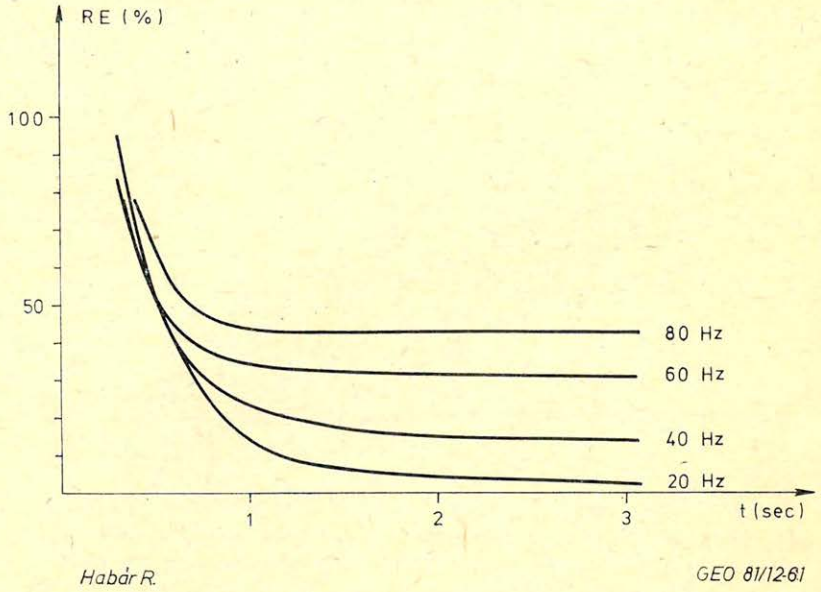
$$\mathcal{E}\{g_{\text{stack}}(t)\} = NC\, g(t)(1+\mathcal{E}\{\varepsilon_i\}) = NC\, g(t), \tag{2}$$

ha az eltérések várható értéke, $\mathcal{E}\{\varepsilon_i\} = 0$.

A modellekben használt kapcsolat azonban

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{i=1}^{NC} (1+\varepsilon_i)\, g(\lambda_i t - \Delta t) \tag{3}$$

– ahol λ_i a megnyúlásra jellemző, a terítési geometriától, sebességfüggvénytől és felvételi időtől is függő mennyiség, Δt_i a statikus korrekció hibája.



6.1. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása *2 ms*, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó *90%*-a. 24-szeres fedés, kis off-set *(35 m)*

Рис. 6.1. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки *2 мсек*, разброс амплитуд составляет *90%* от средней амплитуды. *24*-х кратное перекрытие, малое удаление от пункта взрыва *(35 м)*

Fig. 6.1. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is *2 ms*, the standard deviation of the amplitudes is *90* percent of the average amplitude. *24*-fold coverage small offset *(35 m)*

A λ_i jelenléte miatt *(3)* nem-lineáris átalakítás. Ennek tulajdonítható, hogy az ε_i amplitúdóingadozásoktól is – bár kis mértékben – függ az eredmény jósága. Lényeges tényező a statikus korrekció maradék hibája.

7. A többszörösök csökkentése

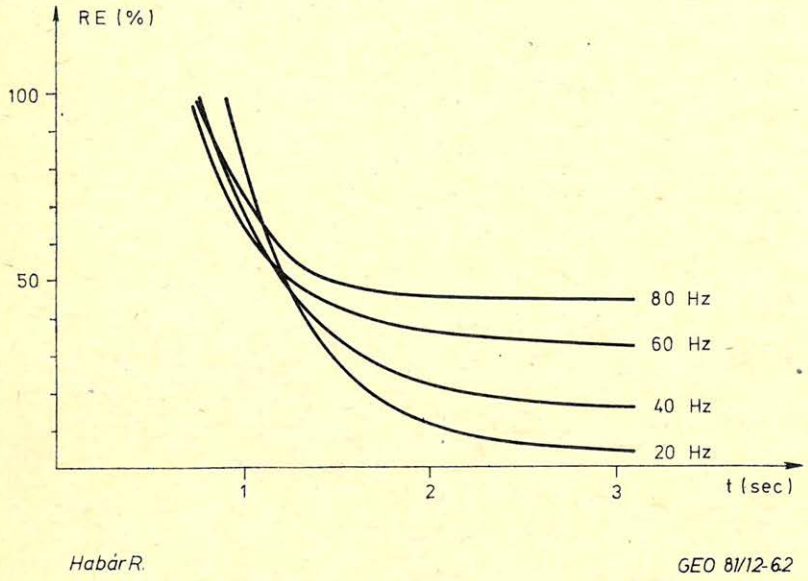
A többszörös reflexiók csökkentését a lineáris modellben átviteli függvénnyel jellemezhetjük. Ennek levezetése közismert, lényeges pontjai közül a későbbiekben is felhasználandókat foglaljuk össze.

A korrekciók elvégzése után a többszörösök között időkülönbség marad. Ennek értéke

$$t_{rez}(x, t_0) = \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{x}{v_t}\right)^2} - \sqrt{t_0^2 + \left(\frac{x}{v_p}\right)^2}, \qquad (4)$$

melyben v_t a többszörös beérkezésre jellemző sebesség, v_p a dinamikus korrekcióban alkalmazott sebesség. A v_t minden esetben kisebb v_p-nél, felszíni többszörösre pedig jó közelítés

$$v_t(t_0) = v_p(t_0/2).$$



6.2. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása *2 ms*, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó *90*%-a. *24*-szeres fedés, nagy offset *(840 m)*

Рис. 6.2. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки *2 мсек*, разброс амплитуд составляет *90*% от средней амплитуды. *24*-х кратное перекрытие, большое удаление от ПВ *(840 м)*

Fig. 6.2. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is *2 ms*, the standard deviation of the amplitudes is *90* percent of the average amplitude. *24*-fold coverage large offset *(840 m)*

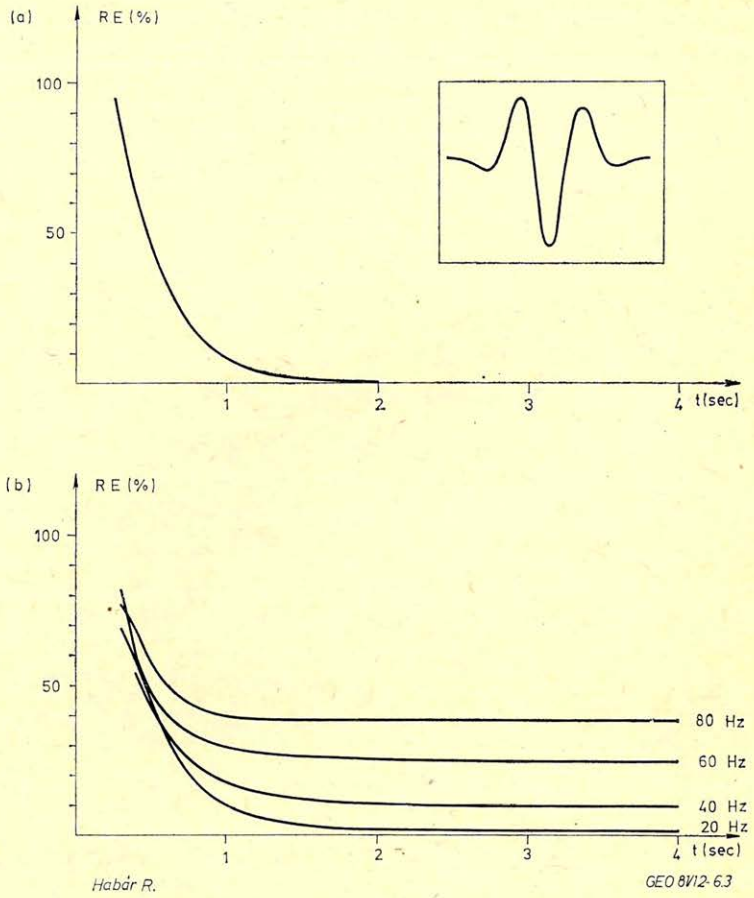
Az alkalmazott terítési rendszer megadja az összegzendő csatornákon tetszőleges időben jelentkező (azonos felületről származó) többszörösök közötti maradék időkülönbségeket, melyek

$$t_{rez}(x_k, t_0); \ (k = 1, 2, \ldots, n)$$

n az összegzendő csatornák száma.

Az összegzés eredménye a lineáris modell szerint

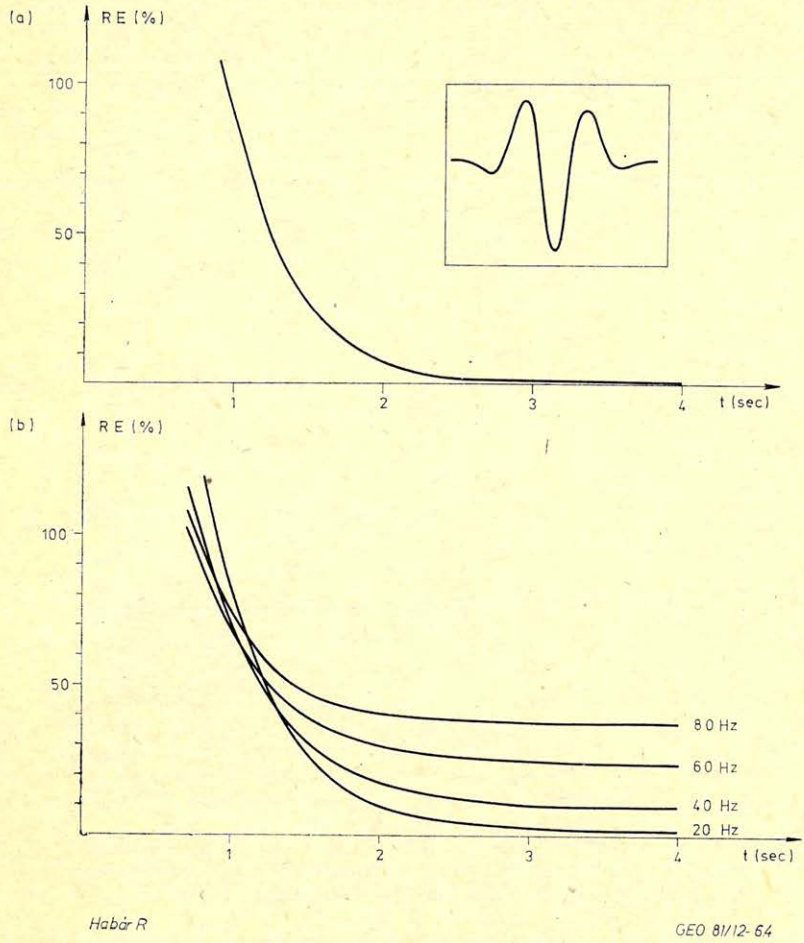
$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{k=1} g\left(t - t_0 - t_{rez}(x_k, t_0)\right) = g(t) * \sum_{k=1}^{n} \delta\left(t - t_0 - t_{rez}(x_k, t_0)\right). \qquad (5)$$



6.3. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása *2 ms*, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó *30%*-a. A felső görbén (*a*) statikus hiba nélküli, azonos amplitúdókra vonatkozó eset látható. A keretben a jelalakot mutatjuk be. *24*-szeres fedés kis offset *(35 m)*

Рис. 6.3. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки *2 мсек*, разброс амплитуд составляет *30%* от средней амплитуды. Верхняя кривая представляет случай без погрешности статической коррекции при одинаковых амплитудах. В рамке показана форма сигнала. *24-х* кратное перекрытие, малое удаление от пункта взрыва *(35 м)*

Fig. 6.3. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is *2 ms*, the standard deviation of the amplitudes is *30* percent of the average amplitude. *24*-gold coverage small offset *(35 m)*. The upper part, denoted, by *a* shows the *RE* stacking of signals of identical amplitudes and without static correction errors. The inset gives the signal shape



6.4. ábra. Relatív hiba a felvételi idő függvényében különböző domináns frekvenciájú jelekre. A statikus korrekció szórása *2 ms*, az amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó *30*%-a. A felső görbén (*a*) a statikus hiba nélküli, azonos amplitúdókra vonatkozó eset látható. A keretben a jelalakot mutatjuk be. *24*-szeres fedés, nagy offset *(840 m)*

Рис. 6.4. Относительная ошибка в зависимости от времени вступления для сигналов различных преобладающих частот. Разброс статической поправки *2 мсек*, разброс амплитуд составляет *30*% от средней амплитуды. Верхняя кривая представляет случай без погрешности статической коррекции при одинаковых амплитудах. В рамке показана форма сигнала. *24*-х кратное перекрытие, большое удаление от ПВ *(840 м)*

Fig. 6.4. The relative error of stacking as a function of record time for signals with the indicated dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is *2 ms*, the standard deviation of the amplitudes is *30* percent of the average amplitude. *24*-fold coverage large offset *(840 m)*. The upper part, denoted by *a)* shows the RE for stacking of signals of identical amplitudes and without static correction errors. The inset gives the signal shape

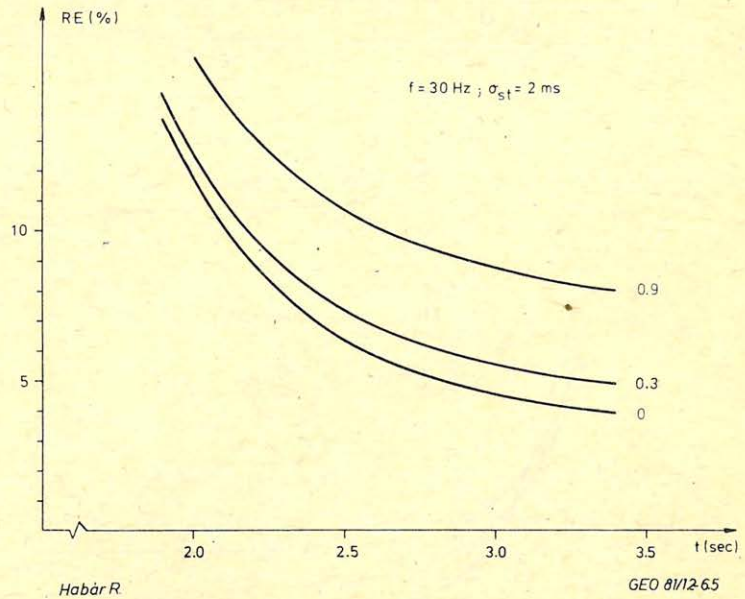
A konvolúció alakban felírt művelet pedig átviteli függvényével,

$$S(f) = \sum_{k=1}^{n} e^{-j\,2\,\pi f t_{rez}(x_k,\, t_0)} \tag{6}$$

jellemezhető.

A pontosabb leírásban figyelembe kell vennünk a jelek alakjának módosulását, az *(5)* helyett

$$g_{\text{stack}}(t) = \sum_{k=1}^{n} g(\lambda_k(t - t_0 - t_{rez}(x_k, t_0)) \tag{7}$$



6.5. ábra. Relatív hiba *30 Hz* csúcsfrekvenciájú jelre. A statikus korrekció szórása *2 ms*, az amplitúdók szórása *90%*, *30%*, illetve *0%*

Рис. 6.5. Относительная ошибка для сигнала с частотой *30 Гц*. Разброс статической поправки *2 мсек*, разброс амплитуд *90%*, *30%*, *0%*

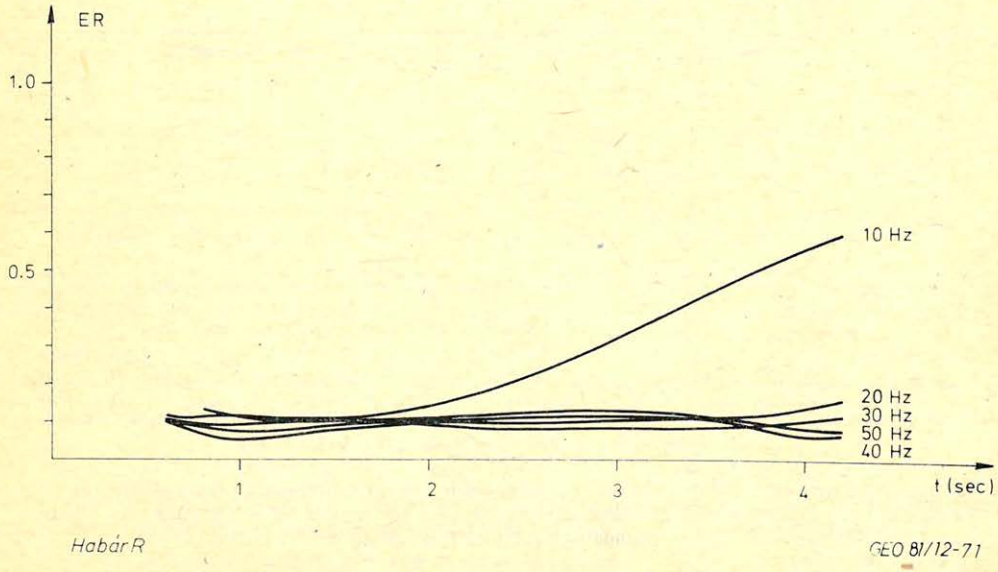
Fig. 6.5. The relative error as a function of record time for signals with dominant frequencies of *30 Hz*. The standard deviation of the static correction errors is *2 ms*, the standard deviation of amplitudes is *90*, *30* and *0* percent of the average amplitude, respectively

írandó. Ebben λ_k a dinamikus korrekció során fellépő „megnyúlást" jellemzi, melyet részletesen tárgyaltunk a 2. fejezetben, a valódi reflexiók összegzésével kapcsolatban. A λ_k szorzók jelenléte miatt a *(7)* nem-lineáris művelet. Különösen kis felvételi időknél van lényeges eltérés *(5)* és *(7)* között. Kevésbé befolyásolják a többszörösök összegzésének eredményét a statikus hibák, hiszen amúgy is vannak időkülönbségek és ezek értéke csak viszonylag nagy felvételi időknél válik olyan kicsinnyé, hogy érezhető legyen a további rendezetlen időkülönbségek hatása.

A többszörösök összegzésének hatását ugyanúgy az *ER* és *RE* mennyiségekkel jellemezhetjük, mint a valódi reflexióknál tettük. A *7.1* és *7.2 ábrák* kis offsetre, *70* méteres geofon közre és *24*-szeres fedésre mutatják a mennyiségek változását. Az energiaarány növekszik — ami azt mutatja, hogy a csökkentés nagyobb felvételi időknél kevésbé hatásos. A domináns frekvencia szerepe is hasonló ahhoz, amit a valódi reflexiók összegzésével tapasztaltunk. Nagyobb

domináns frekvenciájú többszörösök csak nagyobb felvételi időknél érnek el összegzés után jelentős energiaarányt, illetőleg kis relatív hibát.

Ez a jelenség nem meglepő, valójában csak azt erősíti meg, amit amúgy is tudtunk: a többszörösök csökkentése a nagyobb felvételi időknél már nem (vagy kevésbé) hatásos. Az átvételi függvénnyel való jellemzéssel ellentétben világosan látszik, hogy még *10 db* javulást is csak ritkán várhatunk (a *24*-szeres



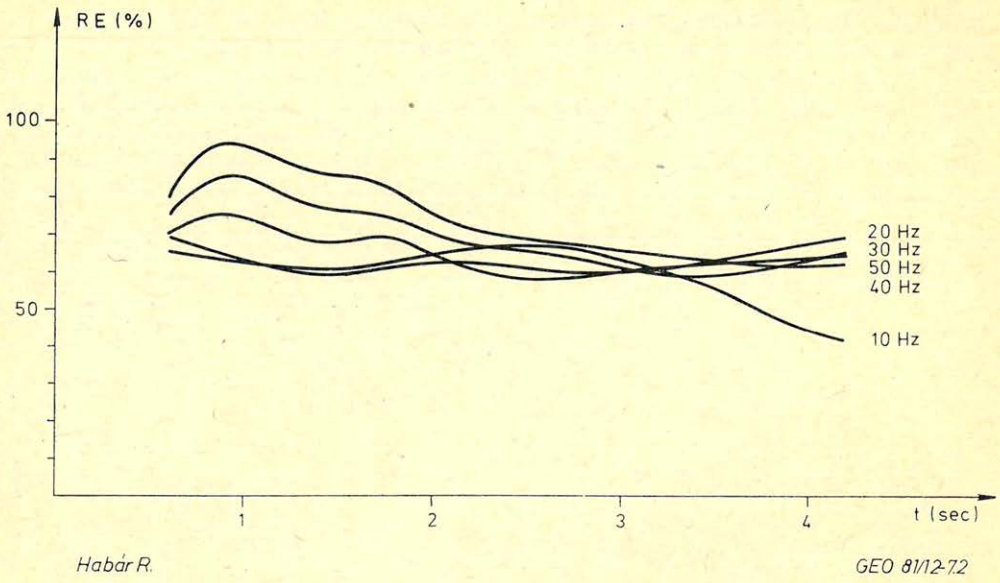
7.1. ábra. A felszíni többszörös összegzésére jellemző energiaarány menete különböző domináns frekvenciájú jelekre. *24*-szeres fedés, kis off-set *(35 m)*

Рис. 7.1. Ход отношения энергии, характерной для суммирования многократных волн от поверхности для сигналов различных преобладающих частот. *24*-х кратное перекрытие, малое удаление от ПВ *(35 м)*

Fig. 7.1. The energy ratio of stacking surface multiples for signals with the indicated dominant frequencies. *24*-fold coverage small offset *(35 m)*

fedés ellenére). Képet ad továbbá a számítás arról is, hogy változik a hatásosság a felvételi idő függvényében. Ez az átviteli függvényből csak közvetve látszik. Mivel annak független változója a frekvencia és maximális kilépési időkülönbség szorzata, a felvételi idő növekedésével pedig a maximális kilépési időkülönbség csökken, az átviteli függvény origója felé haladunk és eközben – néhány kis ingadozástól eltekintve – fokozatosan növekvő értékeket találunk. Az elmondottak illusztrálására adjuk meg a *7.3 ábrán* a *24*-szeres fedésre vonatkozó, a *(6)* egyenlet felhasználásával, illetve további egyszerűsítésével meghatározott átviteli függvényt.

A lineáris modellből végső soron az összegzés utáni többszörös reflexió/valódi reflexió arányt vezetik le. Ezt adja meg a *7.3 ábra* is. A *(6)* képlet csak a többszörös összegzésére jellemző átviteli függvény számítását írja elő. A lineáris modellben a valódi reflexiók azonos beérkezési időit és azonos alakját szokták feltételezni. Az ideális fázishelyes összegzés pedig a valódi reflexió n-szeresét adja az összegcsatornán (n a fedésszám). A *(6)* képletet egyszerűen az $1/n$



7.2. ábra. A felszíni többszörös összegzésére jellemző relatív hiba menete különböző domináns frekvenciájú jelekre. *24*-szeres fedés, kis offset *(35 m)*

Рис. 7.2. Ход относительной ошибки, характерной для суммирования многократных волн от поверхности для сигналов различных преобладающих частот. *24*-х кратное перекрытие, малое удаление от ПВ *(35 м)*

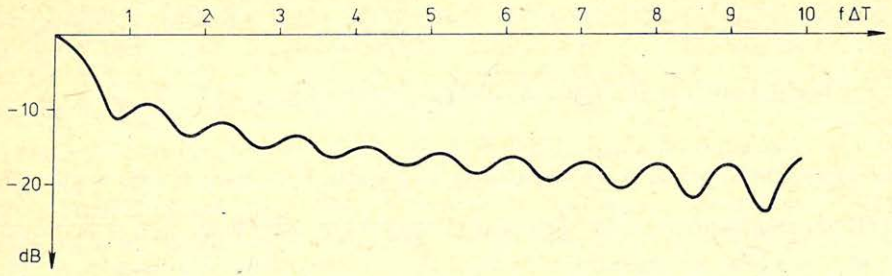
Fig. 7.2. The relative error of stacking surface multiples for signals with the indicated dominant frequencies. *24*-fold coverage small offset *(35 m)*

szorzóval kiegészítve kapják meg a kívánt arányt. Valójában – ahogyan azt a 3–6. fejezetekben részletesen tárgyaltuk – a valódi reflexiók összege nagyon jelentősen különbözik az egyetlen valódi reflexió n-szeresétől. A jelek alakja, illetve beérkezési idői és amplitúdói is eltérők az egyes csatornákon. Ezek a tényezők a többszörösök csökkentésének hatásosságát is jelentősen kisebbé teszik.

A *7.4 ábrán* a többszörös energia/valódi reflexió energiaaránnyal definiált, nem-lineáris modell alapján meghatározott hatásosság menete látható. A valóságot jobban közelítő modell a szakirodalomból ismert adatoknál jóval kisebb hatásosságra hívja fel a figyelmet.

8. Több tényező hatását tartalmazó modellek

Célunk az előző fejezetekkel az volt, hogy előkészítsük a reális, összetett modellek felépítését. Nem minden hatás tárgyalható azonban olyan egyszerűen, mint a dinamikus korrekció miatt fellépő jel-alak változás vagy a statikus korrekció hibáinak, az amplitúdók közötti eltéréseknek a hatása. A nehezen kezelhető – de az összegzés hatásosságát szintén befolyásoló – tényezők közül még egyet említenünk kell, mielőtt az összetett modellek tárgyalására áttérünk. Ez a dinamikus korrekció alkalmazása után maradó hiba.



7.3. ábra. A felszíni többszörös csökkentésére jellemző átviteli függvény a lineáris modell alapján számítva. Független változó a frekvencia és a maximális maradék NMO szorzata

Рис. 7.3. Расчитанная на основании линейной модели переходная функция, характерная для снижения многократных волн от поверхности. Независимая переменная – произведение частоты и максимальной остаточной кинематической поправки

Fig. 7.3. The transfer functions, describing the relative attenuation of multiples as obtained from the linear model. The independent variable is the product of the frequency and the largest residual NMO

A tényleges rétegfelépítésnek megfelelő beérkezési idők és a korrekcióban feltételezett hiperbolikus menetidő között eltérés van. A sebességanalízis a korrekcióban alkalmazandó sebességet a semblance lokális maximumai, esetleg más hasonlósági kritériumok lokális maximumai alapján határozza meg. A hasonlósági kritériumot hiperbolikus menetidőgörbe közelítés alapján kiválogatott vagy rendezett adatokra alkalmazzuk. A megtalált maximumhelyeken emiatt természetesen a legnagyobb hasonlóságot biztosító hiperbolikus korrekciót alkalmazzuk. A korrekció sebességdimenziójú paraméterét nevezzük stacking sebességnek. Hangsúlyozni kell, bár talán nyilvánvaló, hogy a tényleges csatornák esetén a hasonlóság maximuma az összes eddig tárgyalt hatásokra érzékeny, emiatt nem feltétlenül adja meg a „helyes" sebességet. A „helyes" sebességet úgy értelmezzük, mint a valódi menetidőgörbe hiperbolikus közelítésének paraméterét. Az is eléggé kézenfekvő, hogy különböző hasonlósági kritériumok nem adnak feltétlenül azonos sebességet.

A korrekcióban alkalmazott, sebességdimenziójú paraméter meghatározásával most nem foglalkozunk. Csupán elvileg vizsgáljuk, hogy a valódi menetidő és hiperbolikus közelítése között milyen eltérés lehetséges. További egyszerűsítéseket is alkalmazunk. Eltekintünk a jelalaktól, rendezetlen zajtól stb., csak beérkezési időket hasonlíthatunk össze. Megjegyzendő, hogy ezt azért tesszük, mert átvezetne a sebességanalízis vizsgálatához.

A beérkezési idők a rétegfelépítésből adódnak. Ha vízszintes réteghatárokat tételezünk fel, melyek homogén rétegeket választanak el, a beérkezési idők a menetidőgörbe paraméteres alakjából egyszerű iterációs eljárással kaphatók. A teljesség kedvéért idézzük a megfelelő képleteket:

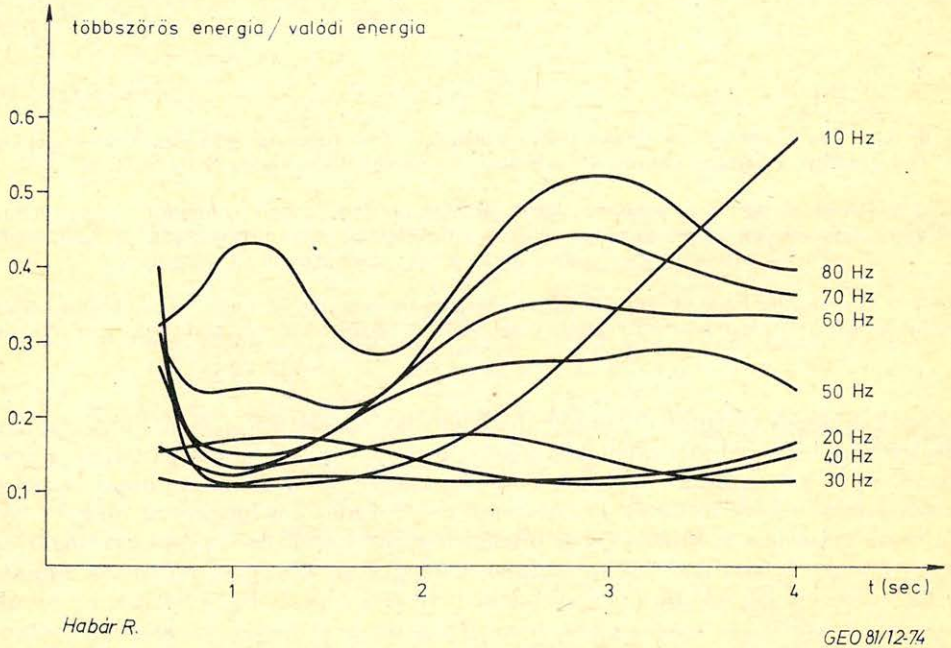
$$X = 2p \sum_{i=1}^{m} \frac{v_i h_i}{\sqrt{1-(pv_i)^2}}, \tag{8}$$

$$T = 2 \sum_{i=1}^{m} \frac{h_i}{\sqrt{1-(pv_i)^2}}, \tag{9}$$

ahol p a teljes befutott út mentén állandó paraméter

$$p = \frac{v_i}{\sin \alpha_i} = \frac{v_1}{\sin \alpha_1},$$

h_i a rétegvastagságokat, v_i a terjedési sebességeket adja meg.



7.4. ábra. A felszíni többszörös csökkenése a pontosabb nem-lineáris modell alapján, a felvételi idő függvényében, különböző domináns frekvenciájú jelekre. Statikus korrekció szórása *2 ms*, amplitúdók szórása az átlagos amplitúdó *30*%-a, *24*-szeres fedés, kis offset *(35 m)*

Рис. 7.4. Рассчитанное на основании более точной нелинейной модели сокращение многократных волн от поверхности в зависимости от времени вступления. Разброс статической поправки *2 мсек*, разброс амплитуд составляет *30*% от средней амплитуды. *24*-х кратное. перекрытие, малое удаление от ПВ *(35 м)*

Fig. 7.4. The relative attenuation of the surface multiples computed from the non-linear model. The independent variable is the record time. The parameters indicated are the dominant frequencies. The standard deviation of the static correction error is *2 ms*, the standard deviation of the amplitudes is *30* percent of the average amplitude

A menetidőket tetszőleges helyen számíthatjuk és a hiperbolikus közelítés jóságát, illetve az átlagnégyzetes értelemben legjobban illeszkedő görbe sebességdimenziójú paraméterét összevethetjük a modellből levezethető átlagnégyzetes sebességgel.

Az átlagnégyzetes sebességgel számított hiperbola és tényleges réteg felépítésből adódó beérkezési idők között néhány msec eltérés van. Ezek a különb-

ségek megmaradnak a dinamikus korrekcióprogram alkalmazása után is. Az összegzendő csatornák között emiatt nemcsak statikus korrekció hibák, hanem rendszeres időtolások is vannak. Ezeket a statikus és dinamikus korrekciók javítása *nem* távolítja el. A járulékos időtolások különösen a nagy frekvenciás komponensek összegzését befolyásolják kedvezőtlenül.

Számos további hatást sem tudunk belefoglalni a modellekbe. Az összegzendő jelek alakja közötti eltéréseket növelik a közeli és távolabbi geofoncsoportok válaszfüggvényei közötti eltérések — különösen kis felvételi időknél. A felszíni többszörösökön kívül további koherens zajok is vannak stb. A dinamikus korrekció közelítő voltából adódó időkülönbségek és más hatások elhanyagolását azért kell említenünk, hogy világosan lássuk: a valóságnál még mindig kedvezőbb eredményeket adó modelleket építünk fel.

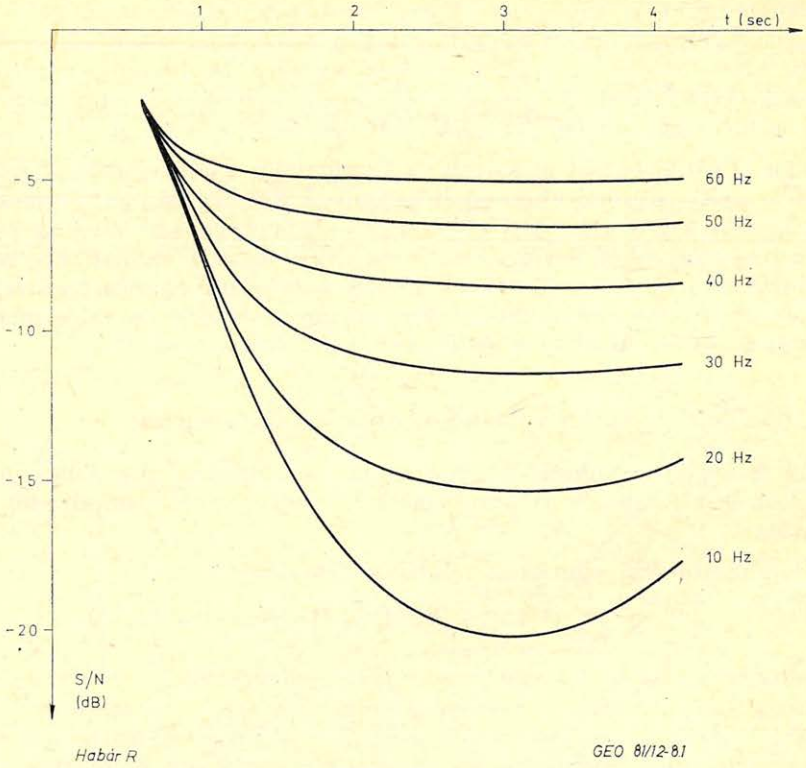
Az „összetett" modell a következő hatásokat tartalmazza:

1. Az összegjel torzulásából eredő zajok (nem-lineáris megnyúlás, maradó statikus korrekciós hiba és az amplitúdók közötti maradék amplitúdókülönbségek hatása);
2. Rendezetlen zaj szintjének relatív növekedése;
3. Felszíni többszörös reflexiók (mint domináns koherens zaj).

Mindhárom tényező hatását energiájával jellemezzük. A leírás következménye, hogy a zajok értéke — kivéve a rendezetlen zajt — a vizsgálatban használt időablak hosszától is függ. A legkedvezőbb jel/zaj arányt a jel maximuma körüli viszonylag rövid időablak adja. A többszörös reflexiók szerepét jelentősen befolyásolja a kezdeti (összegzés előtti) többszörös reflexió — valódi reflexió energiaarány. Ezt *0,5*-nek választottuk.

A *8.1 ábra* azt az esetet mutatja néhány domináns frekvenciára, amikor a többszörös reflexiók elhanyagolhatók; a jel/zaj arányt csak az összegjel torzulásai, illetve — a nagyobb felvételi időknél — a rendezetlen zaj relatív súlyának növekedése alakítja ki. A *8.2 ábra* számításánál a felszíni többszörösöket is figyelembe vettük. Itt csak a szeizmikus vizsgálatokban lényeges *20 Hz*, *30 Hz* és *40 Hz* csúcsfrekvenciájú jelekre vonatkozó görbéket ábrázoltuk. Mindkét ábra *24*-szeres fedésre és kis offsetre *(35 m)* vonatkozó kimeneti jel/zaj arányt ad meg. Az ideálishoz közeli feldolgozást tételeztünk fel, mely hibátlan dinamikus korrekció mellett a statikus korrekciók szórását *2 ms*-ra, az amplitúdók közötti eltérések szórását az átlagos amplitúdó *10%*-ára csökkentette. Az időkapu hossza *100 ms* volt.

Mindkét ábrát csak illusztratív példának tekinthetjük. A jel/zaj arány menetét számos tényező befolyásolja: a sebességfüggvény, a terítési elrendezés, a használt időkapu hossza, a ténylegesen fellépő többszörösök relatív amplitúdója, a rendezetlen zaj súlyának növekedési üteme stb. Ezeket a tényezőket adott kutatási területen becsülhetjük és így hatásukról pontosabb tájékoztatást kaphatunk. A pontosabb eredmények azonban aligha változtathatnak azon az alapvető felismerésen, hogy a jelenlegi mérési technika mellett még a legjobb feldolgozás és *24*-szeres fedés esetén sem várhatjuk, hogy a jel/zaj arány jelentősen nagyobb legyen *6 – 10 dB*-nél és ezt is csak az alacsony frekvenciás tartományon, közelítőleg *40 Hz*-ig remélhetjük.



8.1. ábra. A kimeneti zaj/jel arány változása a felvételi idő függvényében. A zaj a jel torzulás és a rendezetlen zaj összege

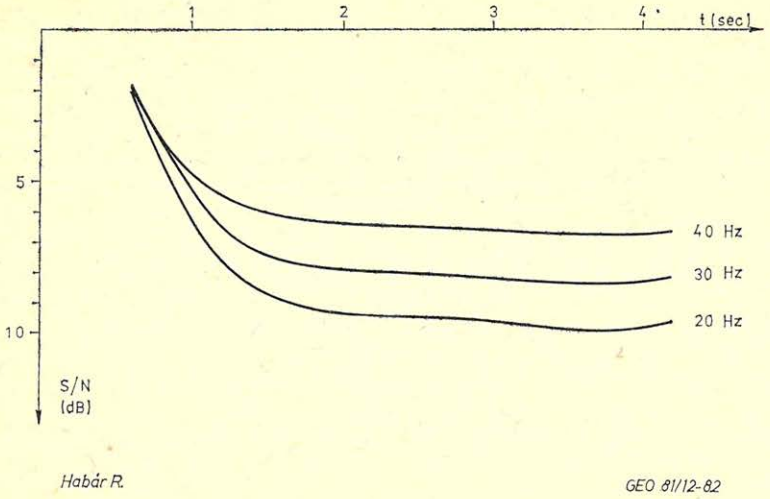
Рис. 8.1. Изменение отношения помеха/сигнал на выходе в зависимости от времени вступления. Шумом является сумма искажения сигнала и случайных помех

Fig. 8.1. The output noise-to-signal ratio as a function of record time. The noise component are the signal deterioration and random noise

9. Következtetések

A vizsgálatokból végleges következtetéseket még nem vonhatunk le. Ahogyan hangsúlyoztuk, az időszelvény egyetlen csatornája nem mérvadó a teljes időszelvényre. A teljes időszelvény vizsgálata pedig csak közegmodellen alapulhat. A CRP sorozat és az időszelvény egyetlen csatornájának kapcsolatát felderítő vizsgálatok azonban nemcsak előkészítik a teljesebb modell kialakítását, de jelenlegi alakjukban is alkalmasak néhány következtetés levonására.

Célszerűnek látszik a mérések tervezése, előkészítése során a sebességfüggvényből levezethető megnyúlás „térképek", várható jel/zaj arány görbék számítása. Az alkalmazni kívánt geofontávolság és offset segítségével megvizsgálhatjuk, hogy a kutatás céljaként kijelölt mélység-, illetve időintervallumokban nem kapunk-e túlságosan kicsiny jelenergiát, illetve jel/zaj arányt.



8.2. ábra. A kimeneti zaj/jel arány változása a felvételi idő függvényében. A zaj a jeltorzulás, rendezetlen zaj és a felszíni többszörös összege. Bemeneti többszörös energia valódi reflexió energia arány: *0.5*

Рис. 8.2. Изменение отношения помеха/сигнал на выходе в зависимости от времени вступления. Шумом является сумма искажения сигнала, случайных помех и многократных волн от поверхности. Отношение на входе энергии многократных волн к энергии действительной отраженной волны: *0,5*

Fig. 8.2. The output noise-to-signal ratio as a function of record time. The noise components are the signal deterioration random noise and surface multiples. The input energy ratio of the multiples and primaries is *0.5*.

A feldolgozás, illetve fejlesztési munka számára a vizsgálatok még több tanulsággal szolgálnak.

Jelenleg a legtöbb művelet egy-egy részfeladatot ragad ki és ezt igyekszik többé-kevésbé optimálisan megoldani. Eközben szükségszerűen „elfelejtkezik" további tényezőkről. A statikus korrekciók javítása lényegében időkkel, az amplitúdókorrekció átlagos amplitúdókkal végez iterációs javításokat. A jelnek azonban nemcsak beérkezési ideje és átlagos amplitúdója van. Alakja is lényeges. A jelalak számos művelet, így a most vizsgált „alapművelet", az összegcsatorna előállítása hatásosságát is lényegesen befolyásolja. Voltaképpen olyan egyesített korrekció volna ideális, mely a teljes jelalakot szabadítaná meg a felszín, illetve a forrás és észlelés során megtett utak különbségei miatt rárakódott hatásoktól. Az összegzés előtt nemcsak a beérkezési időket, illetve átlagos amplitúdókat, hanem a jelek alakját is valamilyen referenciához kellene illeszteni.

A statikus korrekciók analízisének kiinduló művelete, az időtolások becslése keresztkorrelációval, úgyanúgy, mint a sebességspektrum számításában alkalmazott hasonlósági mértékek, a teljes időkapun belüli legnagyobb hasonlóságra érzékeny. Ez szerencsés abból a szempontból, hogy a zajok, jelalak közötti különbségek együttes hatását érzi és ezzel végső soron a jó összegződést készíti elő. Másrészt tévednénk, ha azt gondolnánk, hogy a levezetett időtolások, illetve a hiperbola (esetleg közelítő parabola) illesztéséből kapott sebességdimenziójú paraméterek mindig pontosan megegyeznek a jelek közötti időtolásokkal vagy sebességekkel.

A teljes időszelvénymodell vizsgálata még inkább megerősítheti azt a következtetést, hogy lényeges javulás az előzetes analízisek kiterjesztésétől és összevont korrekciós eljárásoktól várható.

A szeizmikus értelmezés – eltekintve az utóbbi néhány év törekvéseitől – a reflektáló felületek és törésvonalak kijelölésére szorítkozott. A szeizmika sikerrel derítette fel a szerkezettel kapcsolatos tárolókat. Erre a célra a jelenleg is alkalmazott mérési elrendezések és feldolgozási műveletek teljes mértékben alkalmasak. Az utóbbi években azonban lényegessé vált a nem-szerkezeti tárolók kutatása. Ha a szeizmikát alkalmassá kívánjuk tenni sztratigráfiai csapdák felismerésére, az értelmezésben nem elégedhetünk meg a mélységadatokkal. A kőzettípust, a homok-agyag-karbonátok arányát, a porozitást és permeabilitást, a tároló kiterjedését, szénhidrogéntelítettséget, a nyomásviszonyokat is meg kívánjuk határozni. Ez azonban csak akkor képzelhető el, ha mind a mérések során, mind a feldolgozásban a jelenleginél pontosabb eredményeket adó módszereket alkalmazunk. A felvevők számának növelése, az időbeli és térbeli mintavételi távolság csökkentése nyilvánvalóan szükséges feltételei annak, hogy a jel/zaj arányt növeljük és a jobb felbontás érdekében a nagyobb frekvenciák tartományát is felhasználhassuk. Ez adhat alapot az intervallumsebességek, az amplitúdóváltozások, a frekvenciafüggő abszorbció és más szeizmikus paraméterek olyan pontosságú meghatározásához, melyekből a siker reményében következtethetünk a felsorolt, tárolóra jellemző paraméterekre. A feldolgozásban pedig – a megszokott műveletek javítása mellett – szükségesek lesznek az új paramétereket szolgáltató műveletek is.

A számítógépek kapacitásának növekedése azt a reményt ébreszti, hogy az új megközelítések is realizálhatók. Többek között ezek szükségességére kívántunk rámutatni a felsorolt vizsgálatokkal.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott számítások jelentős gépidőt igényeltek. Köszönetemet fejezem ki az OKGT Geofizikai Kutató Vállalat vezetőségének, mely 1979 folyamán bérelt gépideje egy részét a számítások elvégzésére rendelkezésemre bocsátotta.

IRODALOM

Anstey, N. A., 1970: Signal Characteristics and Instrument Specifications. Geoexploration Monographs, Series 1 – No. 3., Vol. 1. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Anstey, N. A., 1977: Seismic Interpretation: The Physical Aspects IHRDC, Boston, US

Buchholtz, H., 1972: A note on signal distortion due to dynamic (NMO) corrections. Geophys. Prospect., Vol. 20, 395–402.

Clark, S. P. (szerkesztő), 1966: Handbook of Physical Constants. The Geological Soc. of America Memoir 97.

Dobrin, M. B., 1976: Introduction to Geophysical Prospecting (Third Edition). McGraw Hill Book Co., New York.

Dunkin, J. W. and F, K. Levin, 1973: Effect of normal moveout on a seismic pulse. Geophysics, Vol. 38, 635–642

Koehler, F. and T. M. Taner, 1969: Velocity spectra – digital computer derivation and applications of velocity functions. Geophysics, Vol. 34., 859–881

Makáry E. és Véges I., 1977: Felszíni hatások korrekciója a szeizmikus adatok valódi amplitúdójú feldolgozásában (Kutatási jelentés). OKGT GKV Adattára.

Mayne, W. H., 1962: Common reflection point horizontal data stacking techniques. Geophysics, Vol. 27., 927–938

Mayne, W. H., 1967: Practical considerations in the use of common reflection point techniques. Geophysics, Vol. 32,. 225 – 229
Meskó A., 1977: Szeizmikus módszertani kísérleti felvételek kiértékelése (Kutatási jelentés). ELGI Adattára.
Meskó A., 1977: Szeizmika I. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó.
Newman, P., 1973: Divergence effects in a layered earth Geophysics, Vol. 38., 481 – 488
Neidell, N. S., and T. M. Taner, 1971: Semblance and other coherency measures for multichannel data Geophysics, Vol. 36., 482 – 497
Robinson, J. C., 1970: Statistically optimal stacking of seismic data. Geophysics, Vol. 35., 436 – 446
Ricker, N., 1977: Transient Waves in Visco-Elastic Media Elsevier, Amsterdam.
Sághy Gy. and A. Zelei, 1975: Advanced method for selfadaptive estimation of residual static correction Geophysical Prospect., Vol. 23., 259 – 274
Sheriff, R. E., 1968: Glossary of terms used in geophysical exploration. Geophysics, Vol. 33., 181 – 227.
Simpson, S. M. Jr., 1955: Similarity of output traces as a seismic operator criterion. Geophysics, Vol. 20., 254 – 269
Simpson, S. M. Jr., 1967: Traveling signal-to-noise ratio and signal power estimates. Geophysics, Vol. 32., 485 – 493
Taner, T. M., E. E. Cook, and N. S. Neidell, 1970: Limitations of the reflection seismic method – lessons from computer simulations. Geophysics, Vol. 35., 551 – 573
Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E. Sheriff and D. A. Keys, 1976: Applied Geophysics. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
Waters, K. H., 1978: Reflection Seismology. John Wiley, New York.
White, R. E., 1977: The performance of optimum stacking filters in suppressing uncorrelated noise Geophysical Prospect., Vol. 25., 165 – 178
Zelei A. and G. Sághy, 1980: Residual static corrections – Iterative solution analysis. Geophysical Prospect., Vol. 28., 175 – 184