

# Egy- és kétsatornás ghost-szűrők hatásosságának vizsgálata

MESKÓ ATTILA – SZULYOVSKY IMRE – VÉGES ISTVÁN – ZELEI ANDRÁS

*A ghostparaméterek meghatározására a szeizmikus csatornából különböző módszerek ismeretesk. Az eddigi módszerek közül még a legpontosabb is – a csatorna autokorrelációs függvényéből való paraméter-meghatározás – hibákkal terhelt. A meghatározott paraméterekkel tervezett szűrő a paraméterek hibái miatt nem küszöböli ki tökéletesen a ghostot.*

*A dolgozatban modellszámítások alkalmazásával megvizsgáltuk, hogy a paraméterek hibáinak függvényében hogyan változik a szűrés hatásossága egy- és kétsatornás ghostszűrő esetén.*

*A szűrés utáni jel/zaj-viszony-javulással definiált hatásosság a paraméterhibák növekedésével gyorsan csökken. A hatásosság várható értéke így jelentősen kisebb, mint a pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága.*

*Végül kvantitatív összehasonlítást teszünk az egy- és kétsatornás ghostszűrők hatásossága között.*

*Известны разные методы, служащие для определения параметров спутника по сейсмическим трассам. Среди этих методов даже наиболее точный – определение параметра по автокорреляционной функции канала – включает в себя погрешности. Из-за Фильтр, включающий определённые с некоторой ошибкой параметры, не полностью удаляет спутники.*

*В настоящей работе с помощью модельных вычислений изучается изменение эффективности одно – и многоканальных фильтров в зависимости от погрешностей выбранных параметров.*

*Эффективность, определяемая увеличением отношения полезного сигнала к шуму после фильтрации быстро убывает с возрастанием ошибки заданных параметров. Ожидаемая величина эффективности, таким образом, значительно меньше эффективности, получаемой при фильтрации с точными параметрами.*

*Наконец, даётся количественное сравнение эффективностей одно- и двухканального фильтров.*

*Im Aufsatz wird untersucht – durch Anwendung von Modellrechnungen –, wie sich die Effektivität als Funktion der Fehler der Parameter im Falle von ein- und mehrkanaligen Filtern ändert. Es wurde festgestellt, dass die Effektivität – definiert als die Verbesserung des Signal-Geräusch-Verhältnisses nach getaner Filterung – schnell mit der Vergrößerung der Parameterfehler abnimmt. Der Erwartungswert der Effektivität ist daher bedeutend niedriger, als die Effektivität im Falle von genau abgestimmten Parametern.*

*Weiter wird ein Vergleich zwischen der Effektivitäten der ein- und zweikanaligen Ghostfiltern angestellt.*

## 1. A hatásosság definíciója

Szeizmikus csatornára alkalmazott tetszőleges művelet hatását akkor ismerjük behatóan, ha tudjuk, hogy a művelet a kívánt célt reális viszonyok között milyen pontosan valósítja meg, vagyis ismerjük a művelet hatásosságát.

A hatásosságot többféleképpen definiálhatjuk. Az egyes definíciók szerinti hatásosság számítása általában csak bizonyos elhanyagolásokkal lehetséges. Ezekre az elhanyagolásokra az egyes esetekben rámutatunk.

A jelen dolgozatban ismertetett számításokban a következő definíciót használtuk: egy tetszőleges detektálószűrő hatásossága a szűrés utáni jel/zaj-viszony-javulás decibelben kifejezve:

$$\theta = 10 \log \frac{E_j^{sz}}{E_z^{sz}} - 10 \log \frac{E_j}{E_z}, \quad (1)$$

ahol	$E_j^{sz}$	szűrés utáni jel-energia
	$E_z^{sz}$	szűrés utáni zaj-energia
	$E_j$	jel-energia szűrés előtt
	$E_z$	zaj-energia szűrés előtt.

Definiálhatnánk a hatásosságot az optimumszűrő-tervezési kritérium alapján is:

$$\frac{1}{\vartheta} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T [y_t - z_t]^2,$$

ahol	$y_t$	szűrt kimeneti csatorna
	$z_t$	kívánt kimenet.

Vizsgálatainkban az első definíciót használtuk, mivel ez lényeges számolás-könnyebbséget jelent, továbbá a szakirodalomban is ezt a definíciót alkalmazzák [Schneider et al., 1964 és 1965].

Az itt közölt hatásossági vizsgálatok nem jelentik a probléma egyetlen lehetséges tárgyalási módját és nem terjednek ki az összes vizsgálható paraméterekre. Ahhoz, hogy különböző hatásossági definíciók esetén az összes paraméter szerinti változást megvizsgálhassuk, igen sok további görbét kellene kiszámítani. Reméljük azonban, hogy az itt közölt eredmények alapján durva képet már alkothattunk a ghostot eltávolító szűrők működéséről.

## 2. Egycsatornás ghostszűrés hatásossága

Először tételezzük fel, hogy a csatornán rendezetlen zaj nincs jelen, és a korrelálódó zaj egyedül a ghost – azaz (1) jelöléseit használva:

$$E_z = E_g \text{ és } E_z^{sz} = E_g^{sz}$$

A Lindsey-féle szűrő felépítéséből következik, hogy ekkor az

$$E_j^{sz} = E_j$$

egyenlőség jó közelítéssel teljesül.

Ilyen elhanyagolások mellett a hatásosság:

$$\vartheta = 10 \log \frac{E_g}{E_g^{sz}}. \quad (2)$$

A számításoknál szintetikus modellt használtunk. A számítások egyszerűsítése céljából egy wavelet és a hozzátartozó ghost energiaviszonyainak alakulását vizsgáltuk.

A ghost-energia szűrés előtt:

$$E_g = \sum_{i=0}^N [kw(i\Delta t - T)]^2$$

$w(i\Delta t)$	wavelet adatrendszer
$k$	reflexiós koefficiens.
$T$	a valódi és ghost-reflexiók közötti időkülönbség, az ún. követési idő.

A szűrést a Lindsey által ismertetett szűrővel végeztük [Lindsey, 1960]. A szűrő súlyfüggvénye:

$$10 \dots 0 \underbrace{k_1}_T 0 \dots 0 \underbrace{k_1^2}_{2T_1} 0 \dots 0 \underbrace{k_1^3}_{3T_1} 0 \dots$$

A  $k_1$  és  $T_1$  a csatornából meghatározott ghost-paraméterek, melyek általában eltérnek a paraméterek tényleges értékeitől ( $k$  és  $T$ ).

A szűrés utáni ghost-energiát úgy kapjuk, hogy a szűrt csatorna és a jel különbségének energiáját számítjuk:

$$E_g^{sz} = \sum_{i=0}^{N+nT_1+T} \left\{ -kw(i\Delta t - T) + \sum_{l=1}^n k_1^l [w(i\Delta t - lT_1) - kw(i\Delta t - T - lT_1)] \right\}^2$$

ahol  $k_1$ ,  $T_1$  a szűrő tervezésében használt ghost-paraméterek,  $n$  a szűrő súlyfüggvénye hossza  $T$  egységekben.

A hatásosság tehát így írható:

(3)

$$\begin{aligned} \vartheta(T, k, T_1, k_1) &= \\ &= 10 \log \frac{\sum_{i=0}^n [kw(i\Delta t - T)]^2}{\sum_{i=0}^{N+T+nT_1} \left\{ -kw(i\Delta t + T) + \sum_{l=1}^n k_1^l [w(i\Delta t - lT_1) - kw(i\Delta t - T - lT_1)] \right\}^2} \end{aligned}$$

$4T$  és  $10T$  hosszúságú súlyfüggvényre számítottuk a hatásosságot  $k = 0,3; 0,4; 0,5$  és  $T = 40$  ms paraméterek esetén.  $n = 4$  esetére: *1/I. ábra*. A hatásossági görbék  $\Delta T = T_1 - T$ -re nézve szimmetrikusak, mivel szimmetrikus waveletet használtunk.

Az eredményekből a paraméterhibák és a szűrés hatásossága közötti összefüggésre a következőket állapíthatjuk meg:

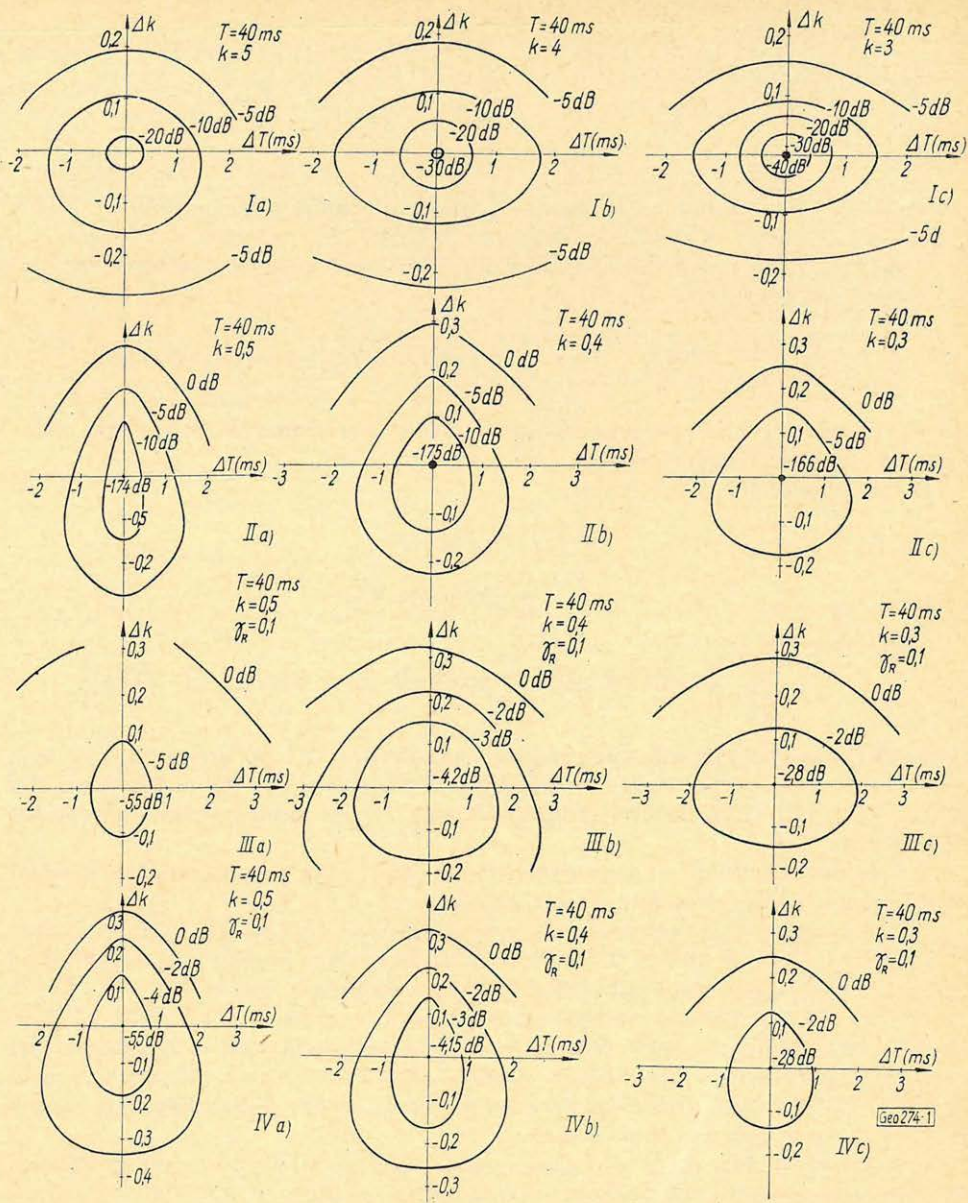
A hatásosság a paraméterhibák növekedésével eléggé gyorsan csökken. Ha  $T$  hibája  $1$  ms,  $k$  hibája  $0,1$ , akkor a hatásosság a pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásosságának átlagában 28 százalékra csökken.

A reflexiós koefficiens meghatározásában elkövetett negatív hiba kevésbé rontja a hatásosságot, mint pozitív hiba. Ez szemléletesen is belátható, ha végiggondoljuk a szűrő működését. A szűrő véges hosszúsága miatt ugyanis a legutolsó, megmaradó ghost negatív hiba esetén kisebb energiájú, így kisebb hibát okoz, mint pozitív hiba esetén.

Továbbá látszik, hogy a  $T$  meghatározásában elkövetett relatív hiba a hatásosság nagyobb csökkenését eredményezi, mint a  $k$  meghatározásában elkövetett ugyanolyan relatív hiba.

A különböző  $k$ -kra elvégzett számításokból látszik, hogy  $k$  növekedésével a pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága csökken. Ez a hatásosság a (3) képletből is rögtön kitűnik, ha  $T = T_1$ ,  $k = k_1$ -et helyettesítünk:

$$\vartheta(kn) = 10 \log \frac{k^2 \sum_{i=0}^N [w(i\Delta t - T)]^2}{k^{2n+2} \sum_{i=0}^{N+(n+1)T} [w(i\Delta t - (n+1)T)]^2} = -20n \log k \quad (4)$$



1. ábra. Egycsatornás ghostsűrítő hatásossága a  $T$  ghost követési idő és  $k$  reflexiókoefficiens hibáinak függvényében. I. Lindsey-féle sűrítő, II. Rekurziós sűrítő, III. Lindsey-féle sűrítő rendezetlen zaj figyelembevételével, IV. Rekurziós sűrítő rendezetlen zaj figyelembevételével,  $\gamma_R$  = rendezetlen zaj/jel energiaarány

Фиг. 1. Эффективность одноканального фильтра в зависимости от ошибки определения времени  $T$  следования спутника и от ошибки коэффициента отражения  $k$ . I. Фильтр линзы, II. Рекурсивный фильтр, III. Фильтр Линзы с учётом случайных помех, IV. Рекурсивный фильтр с учётом случайных помех,  $\gamma_R$  — отношение энергии случайный шум/сигнал

Fig. 1. Effectivity of a single channel Ghost filter as a function of the error of the Ghost-time difference  $T$  and of the Reflexionscoefficient  $k$ . I. Lindsey-Filter, II. Rekursionsfilter, III. Lindsey-Filter mit Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches, IV. Rekursionsfilter mit Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches,  $\gamma_R$  = Energieverhältnis: ungeordnetes Geräusch/Signal

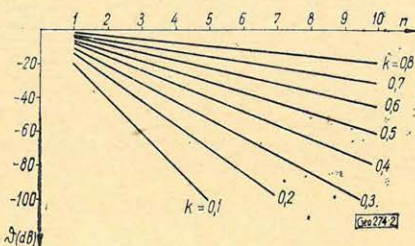
Továbbá látszik, hogy  $k$  növekedésével egyre nagyobb hibát engedhetünk meg  $k$  meghatározásában amellet, hogy a hatásosság ne csökkenjen egy változtatlan érték alá.

Ha mindhárom  $k$ -hoz kiszámítjuk az ugyanahhoz a hatásossághoz tartozó  $\Delta k/k$  relatív hibát, azt kapjuk, hogy  $k$  növekedésével ez a hiba is növekszik.

2. ábra. Pontos ghost-paraméterekkel végzett egycsatornás ghostszűrés hatásossága a súlyfüggvényhossz- ( $nT$ ) és a reflexiókoefficiens ( $K$ ) függvényében

Фиг. 2. Эффективность одноканальной фильтрации спутника с точными параметрами в зависимости от длины весовой функции ( $nT$ ) и от коэффициента отражения ( $k$ )

Fig. 2. Effektivität einer einkanaligen Ghostfilterung mit genauen Ghostparametern als Funktion der Länge der Gewichtsfunktion ( $nT$ ) und des Reflexionskoeffizienten ( $k$ )



Érdeemes néhány szót ejteni a szűrő súlyfüggvénye hosszának szerepéről is. A pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásosságát a súlyfüggvény hosszának függvényében a (4) képlettel számíthatjuk.  $n$  függvényében különböző  $k$  paraméterekkel kiszámítva (4)-et azt kapjuk, hogy csak kis reflexiókoefficiens esetén tapasztalható  $n$  növekedésével lényeges javulás: 2. ábra. Elvégezve a (3) hatásosságszámítást  $n = 10$ -re, az eredmények csak a pontos paraméterek esetén mutatnak lényeges javulást (kb. 150%), más pontokban elhanyagolható (kb. 0,5%) javulást eredményezett a súlyfüggvény hosszának növelése. Mivel a gyakorlatban a paraméterek hibásak és hibás paraméterek esetén a súlyfüggvény hosszának növelése lényegtelen javulást jelent, megállapíthatjuk, hogy  $n = 4T_1$  hosszúságú súlyfüggvény elegendő.

Az egycsatornás ghostszűrést rekurziós szűrővel is megvalósíthatjuk [Shanks 1967]. A szűrt kimeneti csatorna:

$$y_j^{sz} = y_i + k_1 y_{i-1}^{sz}$$

$$y_j^{sz} = 0 \quad \text{ha } j < 0$$

ahol

$y_i$  a bemeneti, ghosttal terhelt csatorna

$y_j^{sz}$  szűrt csatorna

$l = \frac{T_1}{\Delta t}$  ghost-késés, digitalizálási időközökben.

Egy waveletből és a hozzá tartozó ghostból álló modellre számítva az energiákat a hatásosság (2) alapján:

$$\vartheta = 10 \log \frac{\sum_{i=0}^N [k w_{i-T_1/\Delta t}]^2}{\sum_{i=0}^{n+T_1/\Delta t} [k w_{i-T} + k_1 y_{i-T_1/\Delta t}^{sz}]^2} \quad (4)$$

A  $k = 0,3; 0,4; 0,5; T = 40$  ms paraméterekkel számított értékeket az 1/II. ábra mutatja be. Összehasonlítva a kapott eredményt a Lindsey szűrővel végzett szűrés hatásosságával azt kapjuk, hogy a rekurziós szűrés hatásossága pontos paraméterek esetén nagyobb, azonban ha  $T$  pontatlan, akkor a rekurziós szűrés hatásossága gyorsabban csökken. Ugyanis, ha  $T$  hibás, akkor – mivel a szűrő a már megszürt csatornát használja – a csatorna elején elkövetett hibát továbbvisszük a csatorna további részeire.

A pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága rekurziós szűrés és rendszertelen zajt nem tartalmazó csatorna esetén nem függ  $k$ -től ( $\vartheta \gg 1$ ), pontatlan paraméterek esetén függ.

Miután megvizsgáltuk a két különböző hosszúságú Lindsey- és a rekurziós egycsatornás ghostsűrők hatásosságát, hasonlítottuk össze ezen szűrőket a hatásosság várható értéke alapján. A várható értéket a paraméter-meghatározásnál kapott empirikus sűrűségfüggvények felhasználásával számítottuk (1/1. táblázat.)

1. táblázat

		k		
n		0,3	0,4	0,5
I.	4	15,59	14,28	12,40
	10	27,62	23,74	19,60
	Rekurziós Рекурсивный Rekursiv	36,70	40,01	38,60
	<hr/>			
		k		
n		0,3	0,4	0,5
II.	4	2,38	3,53	4,59
	10	2,38	3,53	4,59
	Rekurziós Рекурсивный Rekursiv	2,06	3,06	3,90

Egycsatornás ghostsűrítés hatásosságának várható értéke a  $k$  reflexiós koefficiens és a súlyfüggvény hosszának ( $nT$ ) függvényében.  $T = 40$  ms.

I. Rendetlen zaj elhanyagolása esetén

II. Rendetlen zaj figyelembevétele esetén, rendetlen zaj/jel energiaarány: 0,1

Ожидаемая величина эффективности одноканальной фильтрации спутников в зависимости от коэффициента отражения  $k$  спутников и от длины весовой функции ( $nT$ ).  $T = 40$  ms

I. Без учёта случайного шума

II. С учётом случайного шума

Отношение энергии шум/сигнал: 0,1

Erwartungswert der Effektivität einer einkanaligen Ghostfilterung als Funktion des Reflexionskoeffizienten und der Länge der Gewichtsfunktion.  $T = 40$  ms.

I. Im Falle der Vernachlässigung des ungeordneten Geräusches

II. Im Falle der Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches, Wert des Energieverhältnisses: ungeordnetes Geräusch/Signal = 0,1.

Rendszertelen zaj elhanyagolása esetén a rekurziós szűrés hatásosságának várható értéke a legnagyobb.

Vegyük figyelembe a rendszertelen zajt, és tételezzük fel, hogy a szűrő nem hat a rendszertelen zajra. Ekkor a (2) képlet a következőképpen alakul:

$$\vartheta = 10 \log \frac{E_g + \gamma_R E_j}{E_g^{sz} + \gamma_R E_j},$$

ahol

$$\gamma_R = E_R/E_j = 0,1 \text{ és } E_R: \text{ rendszertelen zajenergia.}$$

A számítás eredményét az I/III. és IV. ábrán mutatjuk be. A várható értékek jelentősen kisebbek, mint a rendszertelen zaj elhanyagolása esetén, valamint megfordul a jósági sorrend a Lindsey- és a rekurziós szűrő között (I/II. táblázat).

A Lindsey-szűrő hosszára vonatkozóan azt mondhatjuk, hogy azt nem érdemes növelni kb. 4  $T$ -n túl, mivel már kevés rendezetlen zaj jelenlétében sem hoz a szűrő hosszának növelése javulást a szűrés hatásosságának várható értékében.

Végeredményben tehát – figyelembe véve, hogy egyrészt a ghost-paramétereket nem tudjuk pontosan meghatározni, másrészt a csatornán mindig jelen van rendezetlen zaj is – a Lindsey-szűrő valamivel jobbnak bizonyul egycsatornás rekurziós ghostszűrőnél.

Itt szeretnénk megjegyezni, hogy az energiahányadosokkal számított hatásosság kisebb lehet, mint az amplitúdók hányadosával számított hatásosság. Ugyanis a zaj sokkal inkább „szétkent”, mint a jel. Ha pl. a jelcsatorna wavelet-jét egy ugyanolyan energiájú négyszögimpulzussal hasonlítjuk össze, akkor a négyszögimpulzus amplitúdója kb. egyharmada a wavelet maximális amplitúdójának – vagyis az energiák hányadosa 1, a maximális amplitúdók hányadosa 3.

Megjegyezzük, hogy a rendezetlen zaj jelenlétét tulajdonképpen már a szűrő tervezésénél figyelembe kellett volna venni, továbbá, hogy az alkalmazott képlet eléggé durva elhanyagolást tartalmaz. Mivel elsődleges célunk a kétszatornás szűrővel való összehasonlítás (ld. 3. pont 6/I, II. ábrái), megelégedtünk ezzel a közelítő képpel.

### 3. Kétszatornás ghostszűrés hatásossága

A kétszatornás eljárások közül megvizsgáltuk a hagyományos és az optimum vertikális stacking hatásosságát.

Csatornamodellunk most is egy waveletből és a hozzá tartozó ghostból áll.

A hagyományos vertikális stacking hatásossága az (1) képlet és a Rayleigh-tétel felhasználásával

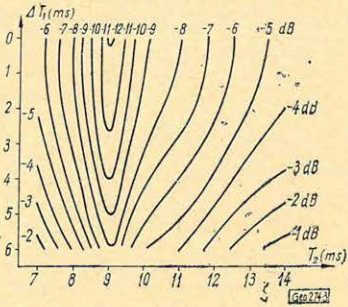
$$\vartheta = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N |a_i(1 + e^{-j2\pi\Delta f T_1})|^2}{\sum_{i=1}^N |a_i(1 + e^{-j2\pi\Delta f T_2})|^2}, \quad (5)$$

ahol  $a_i$  jelspektrumot leíró digitális adatrendszer  
 $T_1$  jelek közötti időkülönbség  
 $T_2$  ghostok közötti időkülönbség.

A wavelet spektrumának csúcshajójából ( $f_{cs}$ ) meg tudjuk becsülni azt a  $T_2$  tolást, ahol a hatásosság maximumát várjuk:

$$T_{2 \text{ opt}} = \frac{1}{2f_{cs}}$$

Egy 55 Hz csúcshajójú wavelettel végeztünk számítást (3. ábra).



3. ábra. Vertikális stacking hatásossága a ghostreflexiók közötti időkülönbség:  $T_2$  és a jelek közötti időkülönbség:  $\Delta T_1$  függvényében

Фиг. 3. Эффективность вертикального МОГТ в зависимости от временного сдвига спутника  $T_2$  и от разности времени сигналов  $\Delta T_1$

Fig. 3. Effektivität der vertikalen Stacking als Funktion der Ghost-Zeitdifferenz ( $T_2$ ) und der Signal-Zeitdifferenz ( $\Delta T_1$ )

A hatásosság maximuma valóban a becsült 9 ms-nál jelentkezik.

A jelek közötti időkülönbség nem befolyásolja lényegesen a hatásosságot, azonban, ha a ghostok közötti időkülönbség az optimálistól (esetünkben 9 ms) eltér, a hatásosság gyorsan csökken.

Az egyszerű összegezés hatásossága úgy javítható, hogy összegezés előtt mindkét csatornát optimumszűrővel megsűrűjük (Optimum vertikális stacking: OVS; Schneider et al. 1964). A csatornákra alkalmazott szűrők átviteli függvényei:

$$Y_1(f) \text{ és } Y_2(f) = \bar{Y}_1(f),$$

amelyek tartalmazzák a ghostok közötti időkülönbséget, a ghost/jel és rendezetlen zaj/jel energiaarányokat ( $\gamma_c$  és  $\gamma_R$ ).

Tételezzük fel, hogy a jelek közötti időkülönbség zérus és képezzük – Schneider et al. nyomán – a ghost és a jel átviteli függvényeinek hányadosát. Ezzel a hatásosságra jellemző függvényt kapunk – ugyanis minél közelebb van ez a függvény zérushoz azon a frekvenciatartományon, amelyre a jel és ghost (azonos) frekvenciaspektrumának lényeges része esik, annál jelentősebb a ghost-energia csökkentése.

Az átviteli függvények hányadosa

$$\left| \frac{Y_1(f) + Y_2(f)e^{-j2\pi f T_v}}{Y_1(f) + Y_2(f)} \right| = \cos \pi f T_v - \frac{\sin 2\pi f T_t}{k + 1 - \cos 2\pi f T_t} \sin \pi f T_v,$$

ahol

$T_t$  tervezésben használt ghostok közötti időkülönbség

$T_v$  ghostok közötti valódi időkülönbség

$$k = \gamma_R / \gamma_c$$

Az így kapott függvénnyel kétféle vizsgálatot végezhetünk:

Ha  $T_v$  és  $k$  állandó és  $T_t$ -t változtatjuk, akkor a ghostok közötti időkülönbség mérési hibájának hatását kapjuk a szűrő hatásosságára: 4. ábra. A csil-

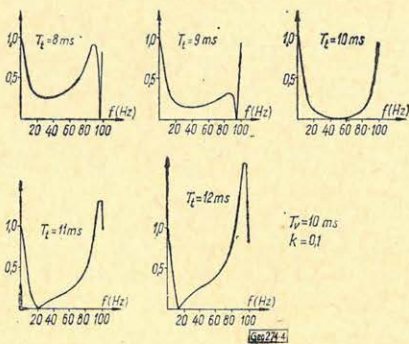


lápítási tartomány ( $T_v - T_l$ ) növekedésével eltolódik és szűkül, a csillapítás mértéke csökken. (Ez az eredmény arra mutat, hogy az OVS hatásossága is gyorsan fog csökkenni ( $T_v - T_l$ ) növekedésével.)

4. ábra. Optimum vertikális stacking ghostenergia-csillapítása a szűrő tervezésében használt  $T_l$  ghost-reflexiók közötti időkülönbség függvényében  
 $T_v$ : ghostreflexiók közötti valódi időkülönbség  
 $\gamma_R$  rendezetlen zaj/ghost energiaarány

Фиг. 4. Уменьшение энергии спутника при оптимальном вертикальном МОГТ, в зависимости от величины используемой в фильтре разности времён спутников  $T_l$ ,  $T_v$ : истинная разность времён между спутниками.  $\gamma_R$ : отношение энергии случайный шум/спутник

Fig. 4. Ghostenergie-Dämpfung der optimalen vertikalen Stacking als Funktion der Ghostreflexions-Differenz, die bei der Konstruktion des Filters benutzt wurde,  $T_v$ : tatsächliche Zeitdifferenz zwischen den Ghostreflexionen,  $\gamma_R$  = Verhältnis: ungeordnetes Geräusch/Ghost



Ha  $T_v = T_l =$  állandó és  $k$ -t változtatjuk, akkor a koherens és rendezetlen zaj energiaarányának szerepét vizsgáljuk: 5. ábra. A csillapítási tartomány a  $\gamma_c/\gamma_R$  energiahányados csökkenésével szintén csökken.

Az (1) és (5) képletek alapján az OVS hatásossága, ha a rendezetlen zajt elhanyagolhatónak tekintjük és csak a szűrő tervezésében vesszük figyelembe (stabilitás, ld. Schneider 1964):

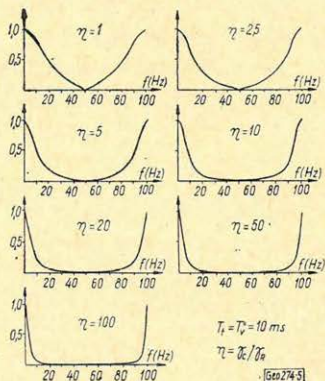
$$\vartheta = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N a_i^2 [Y_{1i} + Y_{2i} e^{-j2\pi i \Delta f T_1}]^2}{\sum_{i=1}^N a_i^2 [Y_{1i} + Y_{2i} e^{-j2\pi i \Delta f T_2}]^2}$$

Az OVS hatásosságát  $\gamma_c = 1$  és különböző  $\gamma_R$  paraméterekre számítottuk. A  $\gamma_R = 0,2$  esetet a 6/I. ábra mutatja be.

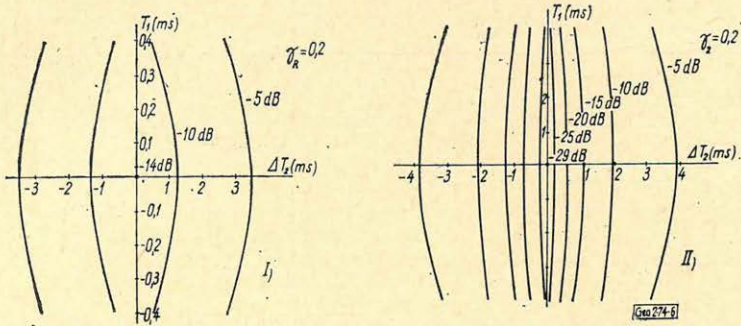
5. ábra. Optimum vertikális stacking ghostenergia-csillapítása különböző ghost/rendszertelen zaj energiaarány ( $\eta$ ) esetén

Фиг. 5. Уменьшение энергии спутника при оптимальном вертикальном МОГТ при разных отношениях энергии спутник/случайный шум ( $\Delta$ )

Fig. 5. Ghostenergie-Dämpfung der optimalen vertikalen Stacking für verschiedene Werte des Verhältnisses ( $\eta$ ) Ghost/ungeordnetes Geräusch



A jelek közötti időkülönbség itt szintén nem befolyásolja lényegesen a hatásosságot, azonban a ghostok közötti időkülönbség hibájának növekedésével a hatásosság gyorsan csökken. A pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásosságát, mint a  $\gamma_R$  függvényét a 7. ábra A görbéje mutatja, a B görbe: a szűrés várható értékének  $\gamma_R$  szerinti változása.



6. ábra. Optimum vertikális stacking hatásossága a ghostreflexiók közötti időkülönbség hibájának  $\Delta T_2$  és a jelek közötti időkülönbség:  $T_1$  függvényében

- I. a rendezetlen zaj elhanyagolása esetén
- II. rendezetlen zaj figyelembevétele esetén
- $\gamma_R$  = rendezetlen zaj/jel energiaarány

Фиг. 6. Эффективность оптимального вертикального МОГТ в зависимости от величины ошибки временного сдвига спутника  $\Delta T_2$  и от используемой в фильтре разности времён сигналов  $T_1$

- I. без учёта случайного шума
- II. с учётом случайного шума
- $\gamma_R$  — отношение энергии случайный шум/сигнал

Fig. 6. Effektivität der optimalen vertikalen Stacking als Funktion der Ghostreflexionen-Zeitdifferen:  $\Delta T_2$  und der Signal-Zeitdifferenz:  $T_1$ :

- I. im Falle der Vernachlässigung des ungeordneten Geräusches
- II. im Falle der Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches
- $\gamma_R$  = Energieverhältnis: ungeordnetes Geräusch/Signal

Az eredményeket összehasonlítva a hagyományos összegezés hatásosságával megállapíthatjuk, hogy az OVS jelentős javulást mutat.

Ha a rendezetlen zajt is figyelembe vesszük, akkor az OVS hatásosságának képlete a következőképpen alakul:

$$\vartheta = 10 \log \frac{\sum_{i=0}^N a_i^2 |Y_{1i} + Y_{2i} e^{-j2\pi i \Delta f T_1}|^2}{k^2 \sum_{i=0}^N a_i^2 |Y_{1i} + Y_{2i} e^{-j2\pi i \Delta f T_2}|^2 + \gamma_R Q^2 \sum_{i=0}^N (Y_i)^2} (\gamma_R + \gamma_c),$$

ahol 
$$Q^2 = \frac{\sum_{i=0}^N a_i}{N}.$$

7. ábra. OVS hatásossága a rendezetlen zaj/jel energiaarány ( $\gamma_R$ ) függvényében

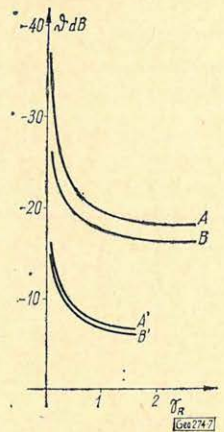
A és A': pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága  
 B és B': a hatásosság várható értéke  
 A és B: a rendezetlen zaj elhanyagolása esetén  
 A' és B': rendezetlen zaj figyelembevétele esetén

Фиг. 7. Эффективность оптимального вертикального МОГТ в зависимости от величины отношения энергии случайный шум/сигнал ( $\gamma_R$ )

A и A': эффективность фильтрации с точными параметрами  
 B и B': ожидаемое значение эффективности  
 A и B: без учёта случайного шума  
 A' и B': с учётом случайного шума

Fig. 7. Effektivität der optimalen vertikalen Stacking als Funktion des Energieverhältnisses: ungeordnetes Geräusch/Signal ( $\gamma_R$ )

A und A': im Falle einer Filterung mit genauen Parametern  
 B und B': Erwartungswert der Effektivität  
 A und B: im Falle der Vernachlässigung des ungeordneten Geräusches  
 A' und B': im Falle der Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches



A  $\gamma_c = 1,0$ ;  $\gamma_R = 0,2$  paraméterekkel számított hatásosságot a 6/II. ábra mutatja be. A hatásosság jelentősen csökkent.

Különböző  $\gamma_R$ -ekre elvégezve a számítást, mind a pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága (7. ábra A' görbe), mind a szűrés hatásosságának várható értéke (B' görbe) jelentősen csökkent az előbbi eredményekhez viszonyítva, ahol  $\gamma_R$ -et csak a szűrőtervezésben vettük figyelembe.

8. ábra. Egy- és kétsatornás ghostsűrés hatásosságának összehasonlítása

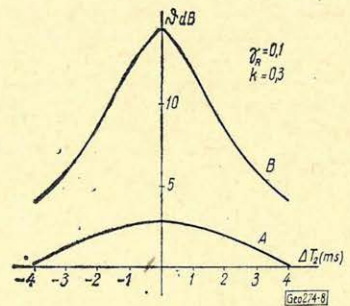
T = ghost késési idő, ill. a ghostreflexiók közötti időkülönbség  
 $\gamma_R$  = rendezetlen zaj/jel energiaarány  
 k = reflexiókoefficiens

Фиг. 8. Сравнение эффективности одно- и двухканальной фильтрации спутника

T: время запаздывания спутника или разность времён между спутниками  
 $\gamma_R$ : отношение энергии случайный шум/сигнал  
 k: коэффиц. отражения

Fig. 8. Vergleich zwischen der ein- und zweikanaligen Ghostfilterung

T – Ghostverspätung, bzw. Zeitdifferenz zwischen den Ghostreflexionen  
 $\gamma_R$  – Energieverhältnis: ungeordnetes Geräusch/Signal  
 k – Reflexionskoeffizient



Végül hasonlítsuk össze az egy- és kétsatornás ghostsűrők hatásosságát. Ehhez használjuk fel a rendezetlen zaj figyelembevétele kapott eredményeket: 8 ábra. Az OVS hatásossága mind a pontos, mind a pontatlan paraméterek esetén nagyobb, mint az egysatornás szűrés hatásossága. Tehát, ha lehetséges, inkább kétsatornás eljárást kell alkalmazni a ghostenergia csökkentésére. Emellett szól a következő jelenség is: ha valamely csatornán nem jelentkezik ghost-reflexió, és erre alkalmazunk ghostsűrőt, akkor az egysatornás szűrő koherens zajjal terheli a csatornát, míg a kétsatornás nem.

A ghost-paraméterek meghatározásának hibája jelentősen befolyásolja a ghostsűrők hatásosságát. A szűrés hatásosságának várható értéke lényegesen kisebb, mint a pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága.

Az egycsatornás szűrést vizsgálva megállapítjuk, hogy a szűrés hatásossága a reflexiók koefficiens növekedésével csökken, és a szűrő súlyfüggvényhosszának növekedésével növekszik. Nem érdemes azonban növelni a szűrő hosszát kb. 4  $T$ -n, túl, mivel rendezetlen zaj mindig megjelenik a csatornán, és akkor a hatásosság várható értékében nincs javulás.

Vizsgálataink szerint rendezetlen zaj jelenlétében a Lindsey-féle ghost-szűrés valamivel hatásosabb eljárás, mint a rekurziós szűrés.

A hagyományos és az optimum vertikális stacking eljárásokat összehasonlítva, az OVS hatásossága közel háromszorosa a hagyományos vertikális stackingének.

Rendezetlen zaj figyelembevételével az OVS hatásossága jelentősen csökken, azonban még így is több mint háromszorosa a hasonló körülmények között működtetett egycsatornás szűrő hatásosságának.

#### IRODALOM

- [1] *Lindsey, J. P.*, 1960: Elimination of seismic ghost reflections by means of a linear filter, *Geophysics*, V. 24, pp. 130–140.
- [2] *Meskó A.*, 1968: Notes on detection and elimination of ghost reflections by means of single channel filters. *Annales Univ. Tom. XI*. p. 69–82.
- [3] *Meskó A., Rádlér B.*, 1969: Statistical investigations concerning the detection and elimination of ghost reflections. Előadás az EAEK velencei kongresszusán.
- [4] *Meskó A., Rádlér B.*, 1969: A jel és koherens zaj NMO-jai eloszlásának szerepe a többcsatornás szeizmikus optimumszűrők tervezésében. *Geofizikai Közlemények XVIII.*, No. 4. p. 69–77.
- [5] *Schneider, W. A., Larner, K. L. Burg, J. P., Backus, M. M.*, 1964: A new data-processing technique for the elimination of ghost arrivals on reflection seismograms. *Geophysics*, V. 29, No. 5. pp. 783–805.
- [6] *Shanks, J. L.*, 1967: Recursion filters for digital processing. *Geophysics*, V. 32. No. 1. pp. 33–51.

## Lapszemle

Fizikai Szemle XX. évf. 3. sz. 1970. március, 90–95 old.

A cikk eredetileg a *Science Journal* 1969. májusi számában jelent meg még az Apolló 11 repülése előtt (itt fordításban közlik).

A két szerző – maguk is a Hold fizikájának kiváló elméleti kutatói – összefoglalja ismereteinket a holdfizika alapvető kérdését illetően és megkísérli megvilágítani azt, hogy hogyan alakult ki a Hold és mi játszódott le belsejében.

Bár teljes mértékben figyelembe veszik az utóbbi években automatikus műszerekkel (űrhatárok) nyert adatokat, fejtegetéseik mégis jórészt feltevésekre és elméleti megállapításokra szorítkoznak, megnyugtató vagy általánosabb elfogadásra számotartó megoldásokat nem tudnak nyújtani. A cikk elolvasása után azonban világosan látjuk a problémát és annak földi megfelelőit és csatlakozunk a szerzők befejező megállapításához, mely szerint: „Amíg több adat és valódi, a Holdról származó talajminta nem áll rendelkezésünkre, lehetetlenség ennél jobban behatolni a Hold történetébe. A következő hónapok ezért rendkívüli izgalmakat ígérnek”.

Az izgalmak azóta megjöttek, a talajminták is, de a megnyugtató megoldás persze még mindig a távoli jövő zenéje.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>А. Мешко—Б. Радлер</i> : Некоторые проблемы цифровой обработки сейсмических данных . . . . .	81
<i>А. Мешко—И. Суйовски—И. Вегеш—А. Зелеи</i> : Применение рижущих функций для улучшения свойств передачи идеальных дильтров верхних и нижних частот, полосовых и режекторных рильтров . . . . .	86
<i>А. Мешко—И. Суйовски—И. Вегеш—А. Зелеи</i> : Определение параметров спутников отражений . . . . .	99
<i>А. Мешко—И. Суйоски—И. Вегеш—А. Зелеи</i> : Изучение эффективности одно- и двухканальных фильтров применяемых для исключения влияния спутников . . . . .	109
Обзор журналов . . . . .	98, 120

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>A. Meskó—B. Rádler</i> : Einige allgemeine Probleme der digitalen seismischen Datenverarbeitung . . . . .	81
<i>A. Meskó—I. Szulyovszky—I. Végés—A. Zelei</i> : Anwendung von Abstumpfungsfunktionen für die Verbesserung der Übertragungseigenschaften der idealen Hochpass- und Tiefpass-Filter sowie der Bandpass- und Band-Filter . . . . .	86
<i>A. Meskó—I. Szulyovszky—I. Végés—A. Zelei</i> : Die Bestimmung von Ghost-Parametern . . . . .	99
<i>A. Meskó—I. Szulyovszky—I. Végés—A. Zelei</i> : Untersuchung der Effektivität von ein- und Zweikanälligen Ghostfiltern . . . . .	109
Rezensionen und Presseschau . . . . .	98, 120

