

Ghost-paraméterek meghatározása

MESKÓ ATTILA – SZULYOVSKY IMRE – VÉGES ISTVÁN –
ZELEI ANDRÁS

A ghost-reflexiók eltávolítására szolgáló egycsatornás szűrők tervezéséhez szükséges paraméterek: a ghostot generáló réteghatár k reflexiók együtthatója és a primer-ghost közötti T időkülönbség. A ghost-paraméterek különböző eljárásokkal becsülhetjük. Lindsey (1960) a ghostos csatorna első autokorrelációs függvényéből becsüli a paramétereket. Korvin (1969) a minimális kimeneti energia alapján a paraméterek pontos meghatározását ígéri. Felvetődött a második autokorrelációs függvényből való paraméter-meghatározás gondolata is [Meskó, Rädler, 1969].

Bármely eljárással a paraméterek értékét csak kisebb-nagyobb hibával tudjuk becsülni. Az irodalomban nem foglalkoznak a meghatározás hibájával, pedig a szűrők hatásos működése elsősorban ettől függ.

A különböző módszerek pontosságát modellszámításokkal vizsgáltuk meg és értékeltük. A paraméterek meghatározására a legjobb módszernek az első és második autokorrelációs függvények együttes értelmezése bizonyult. Ennek alapján a reflexiók együttható kb. $\pm 40\%$ -nál kisebb, a ghost-késés ± 1 ms hibával határozható meg.

Kétséges, hogy a paraméterek ilyen pontossággal való meghatározhatósága eleve nem zárja-e ki a ghost hatásos csillapításának lehetőségét egycsatornás szűrővel.

Для определения одноканальных фильтров служащих для удаления спутников, необходимы следующие параметры: коэффициент отражения к поверхности созданный спутник и разность времени T между отражением и первым спутником. Параметры спутников отражений могут быть оценены различными способами. Линзи [1960] оценивает параметры с помощью первой автокорреляционной функции канала осложненного спутником. Корвин считает, что точное определение параметров возможно на основе минимальной выходной кинетической энергии [1969]. Было предложено также определение параметров на основе второй автокорреляционной функции [Мешко, Радлер 1969].

Любой метод в определении параметров спутника даёт некоторую погрешность. В опубликованной литературе не встречались с работами занимающимися определением этих погрешностей, хотя эффективность фильтров в первую очередь зависит от величины этих погрешностей.

Точность способов определения параметров рассматривается и оценивается с помощью модельных вычислений. Лучшим способом для определения параметров оказалось совместное изучение первой и второй автокорреляционных функций. На основе этого метода коэффициент отражения определяется с погрешностью меньшей $\pm 40\%$, а погрешность в определении времени запаздывания спутника составляет ± 1 мсек.

Возникает вопрос, можно ли эффективно удалить спутники с помощью одноканального фильтра при таких погрешностях определения.

Die Werte der Ghost-Parameter – der Reflexionskoeffizient k der die Ghostreflexion generierenden Schichtgrenze und die Zeitdifferenz T zwischen der primären und Ghostreflexion – können nur mit gewissem Fehler abgeschätzt werden. In der Literatur werden die Fehler der Bestimmung der Parameter nicht behandelt, obwohl eine effektive Funktionierung der Filter davon abhängt.

Im Aufsatz wird die mit den verschiedenen Methoden erreichbare Genauigkeit mittels Modellberechnungen untersucht. Als beste Methode der Bestimmung der Parameter erwies sich eine simultane Interpretation der ersten und zweiten Autokorrelationsfunktionen. Auf Grund dieser Methode kann man den Reflexionskoeffizienten mit einem Fehler kleiner als $\pm 40\%$, die Ghost-Verspätung mit einem Fehler von ± 1 ms bestimmen.

Es ist die Frage aufzuwerfen, ob nicht diese Fehlergrößen von vornherein die Möglichkeit der effektiven Verminderung der Ghostwirkung durch einen einkanaligen Filter ausschliessen.

1. Ghost-paraméterek meghatározása az első és második autokorrelációs függvényből

1.1 Elvi összefüggések

Ghostos csatornát, ha a korrelálódó zaj csak a ghost és korrelálatlan (rendezetlen) zajt nem tételezünk fel, a

$$g(t) = s(t) - ks(t - T) \quad (1)$$

képlettel írhatjuk le, ahol $s(t)$ a ghost nélküli csatorna, $g(t)$ a ghostos csatorna k és T a reflexiók együttható, illetve a primer-ghost közötti időkülönbség. A ghostos csatorna autokorrelációs függvénye:

$$\begin{aligned}\Phi_{gg}^{(1)}(\tau) &= \int g(t)g(t+\tau)dt = \int [s(t) - ks(t-T)][s(t+\tau) - ks(t-T+\tau)]dt = \\ &= \int s(t)s(t+\tau)dt + k^2 \int s(t-T)s(t-T+\tau)dt - k \int s(t-T)s(t+\tau)dt - \\ &\quad k \int s(t)s(t-T+\tau)dt\end{aligned}$$

A ghost nélküli csatorna autokorrelációs függvényét $\Phi_{ss}^{(1)}(\tau)$ -val jelölve:

$$\Phi_{gg}^{(1)}(\tau) = (1+k^2)\Phi_{ss}^{(1)}(\tau) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(\tau-T) + \Phi_{ss}^{(1)}(\tau+T)] \quad (2)$$

Tehát a ghostos csatorna autokorrelációs függvénye a ghost nélküli csatorna autokorrelációs függvényéből épül fel: a helyben maradó és a $\pm T$ értékkel eltolt autokorrelációs függvényeket a reflexiókoefficiensből képzett együtthatókkal szorozzuk és összeadjuk. A normált autokorrelációs függvényt kapjuk, ha az eredeti autokorrelációs függvény nullkésletetésű értékével osztunk:

$$\varphi_{gg}^{(1)}(\tau) = \frac{\Phi_{gg}^{(1)}(\tau)}{\Phi_{gg}^{(1)}(0)}$$

A normált autokorrelációs függvény T helyen felvett értéke:

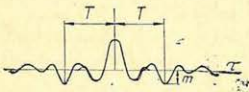
$$\varphi_{gg}^{(1)}(T) = \frac{\Phi_{gg}^{(1)}(T)}{\Phi_{gg}^{(1)}(0)} = \frac{(1+k^2)\Phi_{ss}^{(1)}(T) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(0) + \Phi_{ss}^{(1)}(2T)]}{(1+k^2)\Phi_{ss}^{(1)}(0) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(-T) + \Phi_{ss}^{(1)}(T)]}$$

Ha feltesszük, hogy $\Phi_{ss}^{(1)}(T) = \Phi_{ss}^{(1)}(-T) \approx 0$ és $\Phi_{ss}^{(1)}(2T) \approx 0$, azaz a ghost nélküli csatorna autokorrelációs függvénye elhanyagolhatóan kicsiny a T és $2T$ késletetésekénél, akkor a T helyen a ghostos csatorna első normált autokorrelációs függvényének értéke, – melyet m -el jelölünk –:

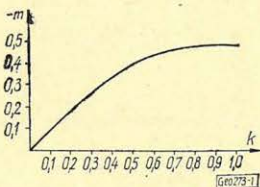
$$m = \varphi_{ss}^{(1)}(T) \approx -\frac{k}{1+k^2}$$

A közelítést egyenlőségnek tételezve fel, a reflexiók együttható számítható:

$$k = \frac{-1 + \sqrt{1 - 4m^2}}{2m}$$



I. ábra. Ghostos csatorna első autokorrelációs függvényének szerkezete, a ghostot detektáló negatív csúcs amplitúdója és a reflexiók együttható összefüggése



Фиг. 1. Структура первой автокорреляционной функции канала со спутниками и связь между амплитудой отрицательного пика, детектирующего спутник, и коэффициентом отражения

Fig. 1. Struktur der ersten Autokorrelationsfunktion eines Ghostkanals und der Zusammenhang der Amplitude des den Ghost detektierenden negativen Gipfels und des Reflexionskoeffizienten

A $\varphi_{gg}^{(1)}(\tau)$ felépítéséből látható (1. ábra), hogy az említett feltevések teljesülése esetén a T helyen minimum van. A minimum helyéből T , a minimum értékéből k meghatározható. A gyakorlatban azonban feltevéseink csak valamilyen közelítéssel teljesülnek. A negatív csúcs nem pontosan T -nél helyezkedik el, és amplitúdója is eltér az elméleti értéktől. Emiatt T és k csak valamilyen hibával becsülhető. A hibák mértékét, várható nagyságát modellszámításokkal becsültük meg. (l. 2 rész).

A ghost-paraméterek meghatározásának egy további lehetősége a második autokorrelációs függvény felhasználása. A második autokorrelációs függvényt az első autokorrelációs függvényből számítjuk. A ghosttal terhelt csatorna második autokorrelációs függvénye:

$$\begin{aligned} \Phi_{gg}^{(2)}(\tau) &= \int \Phi_{gg}^{(1)}(t) \Phi_{gg}^{(1)}(t+\tau) dt = \int \{ (1+k^2) \Phi_{ss}^{(1)}(t) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(t+T) + \Phi_{ss}^{(1)}(t-T)] \} \cdot \\ &\cdot \{ (1+k^2) \Phi_{ss}^{(1)}(t+\tau) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(t+T+\tau) + \Phi_{ss}^{(1)}(t-T+\tau)] \} = \\ &= [(1+k^2)^2 + 2k^2] \Phi_{ss}^{(2)}(\tau) - 2k(1+k^2)[\Phi_{ss}^{(2)}(\tau+T) + \Phi_{ss}^{(2)}(\tau-T)] + \\ &\quad + k^2[\Phi_{ss}^{(2)}(\tau+2T) + \Phi_{ss}^{(2)}(\tau-2T)], \end{aligned}$$

A ghostos csatorna második autokorrelációs függvénye a ghost nélküli csatorna második autokorrelációs függvényéből épül fel; a meghatározandó T ghost-késés az eltolásban, a k reflexiók együttható az amplitúdó-arányokban szerepel.

Jelöljük a normált második autokorrelációs függvényt $\varphi_{gg}^{(2)}(\tau)$ -val. A T

helyen felvett értékre

$$\varphi_{gg}^{(2)}(\tau) = \frac{\Phi_{gg}^{(2)}(T)}{\Phi_{gg}^{(2)}(0)}$$

$$= \frac{[(1+k^2)^2 + 2k^2] \Phi_{ss}^{(2)}(T) + 2k(1+k^2)[\Phi_{ss}^{(2)}(2T) + \Phi_{ss}^{(2)}(0)] + k^2[\Phi_{ss}^{(2)}(3T) + \Phi_{ss}^{(2)}(-T)]}{[(1+k^2)^2 + 2k^2] \Phi_{ss}^{(2)}(0) - 2k(1+k^2)[\Phi_{ss}^{(2)}(T) + \Phi_{ss}^{(2)}(-T)] + k^2[\Phi_{ss}^{(2)}(2T) - \Phi_{ss}^{(2)}(-2T)]}$$

kapható. Ezt az értéket M -el jelöljük. Ha feltesszük, hogy

$\Phi_{ss}^{(2)}(3T) \approx 0, \Phi_{ss}^{(2)}(2T) \equiv \Phi_{ss}^{(2)}(-2T) \approx 0$ és $\Phi_{ss}^{(2)}(T) \equiv \Phi_{ss}^{(2)}(-T) \approx 0$, akkor

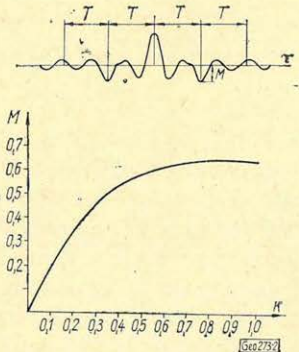
$$M \equiv \varphi_{gg}^{(2)}(T) \approx - \frac{2k(1+k^2)}{(1+k^2)^2 + 2k^2}$$

képlet alapján számíthatjuk a reflexiók együtthatót.

2. ábra. Ghostos csatorna második autokorrelációs függvényének szerkezete, a ghostot detektáló negatív csúcs amplitúdója és a reflexiók együttható összefüggése

Фиг. 2. Структура второй автокорреляционной функции канала со спутниками и связь между амплитудой отрицательного пика, детектирующего спутник, и коэффициентом отражения

Fig. 2. Struktur der zweiten Autokorrelationsfunktion eines Ghostkanals und der Zusammenhang der Amplitude des den Ghost detektierenden negativen Gipfels und des Reflexionskoeffizienten



A második autokorrelációs függvény szerkezetét, valamint az M és a k reflexiók együttható összefüggését a 2. ábrán mutatjuk be.

Itt említjük meg, hogy azért gondoltunk a második autokorrelációs függvényből való paraméter-meghatározásra, mert azonos reflexiók együttható esetén T késleltetésnél nagyobb amplitudójú negatív csúcs jelenik meg, mint az első autokorrelációs függvény T argumentumánál ($M > m$). Azt reméltük, hogy a nagyobb csúcsot kisebb relatív hibával tudjuk meghatározni, így a reflexiók együttható becslése jobb lesz. Azonban ebben az esetben több elhanyagolást kell feltennünk, így végső választ a paramétermeghatározás pontosságára ismét csak a statisztikus modellvizsgálatból nyerhetünk.

1.2. Statisztikai vizsgálatok a ghost-paraméterek autokorrelációs függvényből való meghatározására

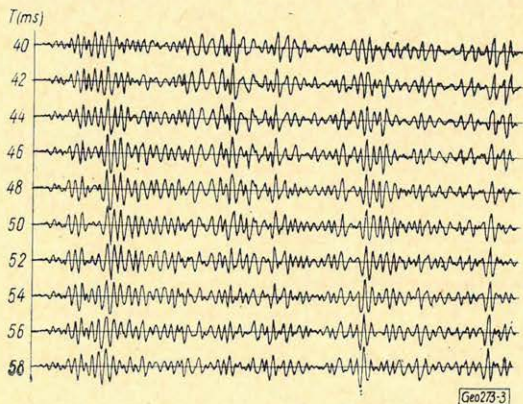
1.2a. Paraméter-meghatározás rendezetlen zaj nélküli csatornából

A szintetikus ghostos csatornákat a

$$g(t) = s(t) - ks(t - T)$$

képlettel számítottuk. Az $s(t)$, tehát a ghost nélküli csatornát leíró időfüggvény előállítását a következő módon történt: egyenletes eloszlású rendezetlen számoknak megfelelő amplitudójú impulzusokat helyeztünk el úgy, hogy a köztük levő időbeli távolságok is egyenletes eloszlású rendezetlen számok (1 és 10 ms között) legyenek. Végül az impulzussorozat és egy 45 Hz csúcsfrekvenciájú wavelet konvolúciója adta az $s(t)$ -vel jelölt csatornát [Meskó, Rádlér, 1968].

Ghostos csatornákat néhány paraméterre a 3. ábrán mutatunk be. A ghost jelenléte, ha nem áll rendelkezésre az eredeti csatorna, nem vehető észre.



3. ábra. Ghostos csatornák. A reflexiók együttható 0,5, a ghost-késés 40 ms-tól 2 ms-os lépésként 58 ms-ig változik

Фиг. 3. Трассы со спутником. Коэффициент отражения 0,5, запаздывание спутника изменяется от 40 мсек до 58 мсек через каждые 2 мсек

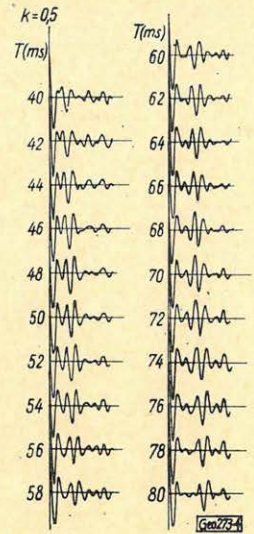
Fig. 3. Ghostkanäle. Reflexionskoeffizient: 0,5; die Ghostverspätung ändert sich in Schritten von 2 ms von 40 ms bis 58 ms

Meghatároztuk különböző k és T paraméterekkel számított ghostos csatornák autokorrelációs függvényeit. A k 0,05 lépésként 0,1-től 0,75-ig változott, T 2 ms-os lépésként 40 ms és 70 ms között. Így mintegy 500 autokorrelációs függvényt számítottunk. Ezekből néhányat a 4. ábrán mutatunk be. A ghost jelenlétére utaló negatív csúcs jól felismerhető. Az autokorrelációs függvényekből az ismertetett módon meghatároztuk a paraméterek értékeit. Az így kapott paramétereket T' és k' -val jelöljük, hangsúlyozva, hogy ezek nem a ghostos csatornák számításában használt paraméterek, hanem a detek-

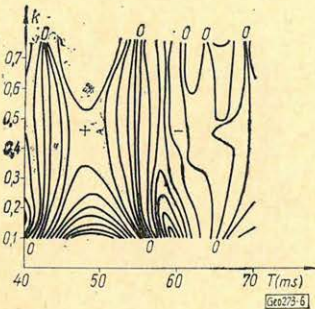
4. ábra. Ghostos csatornák autokorrelációs függvényei. A reflexiós együttható 0,5, a ghost-késés 40 ms-tól 2 ms-os lépésenként 80 ms-ig változik

Фиг. 4. Автокорреляционные функции каналов со спутниками. Коэффициент отражения 0,5, запаздывание спутника изменяется от 40 мсек до 80 мсек через каждые 2 мсек

Fig. 4. Autokorrelationsfunktionen von Ghostkanälen. Reflexionskoeffizient 0,5; die Ghostverspätung ändert sich von 40 ms bis 80 ms in Schritten von 2 ms



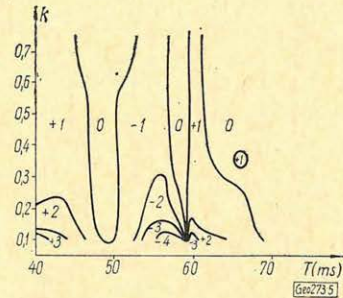
tálási eljárás közelítései miatt azoktól eltérő értékek. A detektálási eljárás hatásosságára éppen az jellemző, milyen nagyságú eltérések vannak T' és T , illetve k' és k között.



5. ábra. A modellesatorna számításában használt (T) és az első autokorrelációs függvényből meghatározott (T') ghost-késés közötti különbség a k tényleges reflexiós együttható és T tényleges ghost-késés függvényében

Фиг. 5. Зависимость разности времени запаздывания T используемого в вычислении модельного канала и T' определенной по первой автокорреляционной функции от действительного коэффициента отражения и от запаздывания спутника (T)

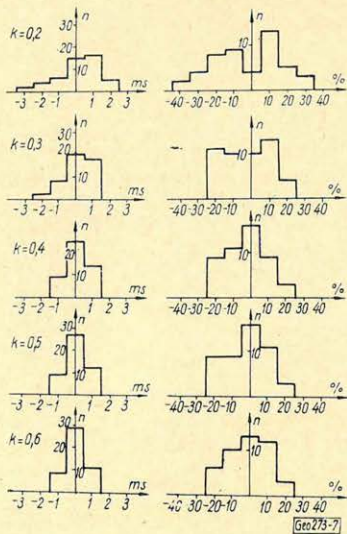
Fig. 5. Differenz zwischen der in der Berechnung des Modellkanals benutzten (T) und der aus der ersten Autokorrelationsfunktion bestimmten (T') Ghostverspätung als Funktion des effektiven Reflexionskoeffizienten (k) und der tatsächlichen Ghostverspätung (T)



6. ábra. Az első autokorrelációs függvényből meghatározott (k') reflexiós együttható relatív hibája a k tényleges reflexiós együttható és T tényleges ghost-késés függvényében. Izovonal értékköz 10%

Фиг. 6. Зависимость относительной погрешности коэффициента отражения (k'), определенной по первой автокорреляционной функции, от действительного коэффициента отражения k и от запаздывания T спутника. Разность между значениями изолиний 10%

Fig. 6. Relativer Fehler des aus der ersten Autokorrelationsfunktion bestimmten Reflexionskoeffizienten (k') als Funktion des tatsächlichen Reflexionskoeffizienten (k) und der effektiven Ghostverspätung. Abstand der Isolinen: 10%

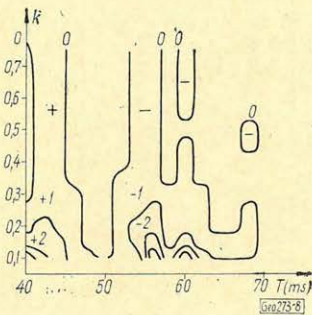


7. ábra. Az első autokorrelációs függvényből való becslés ΔT és $\Delta k/k$ hibáinak gyakorisági hisztogramjai a k tényleges reflexiós együttható különböző értékeire

Fig. 7. Гистограммы повторяемости погрешностей T и $\Delta k/k$ допускаемых при оценке k и T по первой автокорреляционной функции для различных значений истинного коэффициента отражения k

Fig. 7. Histogramme der Fehler ΔT und $\Delta k/k$ der Abschätzung aus der ersten Autokorrelationsfunktion für verschiedene Werte des effektiven Reflexionskoeffizienten k

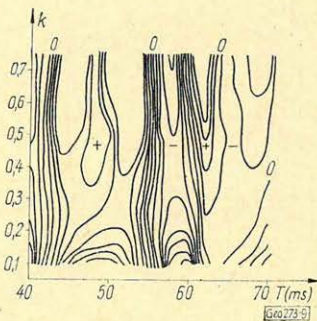
Az autokorrelációs függvényből meghatározott ghost-késés és a reflexiós együttható hibáját a k tényleges reflexiós együttható és a T tényleges ghost késés függvényében az 5. és 6. ábrákon mutatjuk be. Elkészítettük a hibák gyakorisági hisztogramjait $k = 0,2$ -től $0,1$ lépésként $k = 0,6$ -ig. Egy-egy



8. ábra. A modellesatorna számításában használt (T) és a második autokorrelációs függvényből meghatározott (T') ghost-késés közti különbség a k és T tényleges ghost-paraméterek függvényében

Fig. 8. Зависимость разности времён запаздывания спутника T , используемого в вычислении модельного канала, и T' определённого по второй автокорреляционной функции, от истинных параметров спутников k и T

Fig. 8. Differenz zwischen der bei der Berechnung des Modellkanals benutzten (T) und aus der zweiten Autokorrelationsfunktion bestimmten (T') Ghostverspätung als Funktion der tatsächlichen Ghostparameter k und T



9. ábra. A második autokorrelációs függvényből meghatározott (k') reflexiós együttható relatív hibája a k és T tényleges ghost-paraméterek függvényében. Izovonal érték-köz 10%

Fig. 9. Зависимость относительной погрешности определения коэффициента отражения k' , вычисленного по второй автокорреляционной функции, от истинных параметров спутников k и T . Разность между значениями изолиний 10%

Fig. 9. Relativer Fehler des aus der zweiten Autokorrelationsfunktion bestimmten Reflexionskoeffizienten (k') als Funktion der tatsächlichen Ghostparameter k und T . Isolinenabstand: 10%

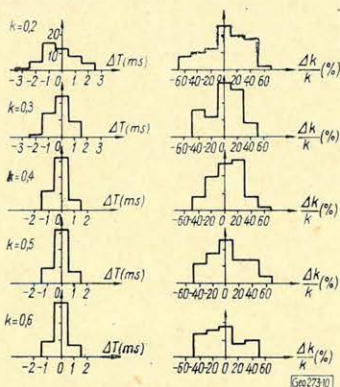
k értékhez a $k \pm 0,05$ reflexiós együtthatóra kapott eredményeket is felhasználtuk, hogy elegendő adatunk legyen statisztikai vizsgálatra. A T ghost-késés meghatározási hibájának és a reflexiós együttható %-os hibájának gyakorisági hisztogramjait a 7. ábrán mutatjuk be. Növekvő reflexiós együtthatóra a hisztogramok elkeskenyednek, a meghatározási hiba szórása csökken.

A második autokorrelációs függvényből számított ghost-paraméterek hibáját a k és T függvényében a 8. és 9. ábrán mutatjuk be. A hibák gyakorisági hisztogramjai növekvő reflexiós együtthatóra a 10. ábrán láthatók. Ezek hasonló jellegűek, mint az első autokorrelációs függvény alapján meghatározott paraméterek hibáira vonatkozó 5 – 7. ábrák.

10. ábra. A második autokorrelációs függvényből való becslés ΔT és $\Delta k/k$ hibáinak gyakorisági hisztogramjai a k tényleges reflexiós együttható különböző értékeire

Fig. 10. Гистограммы повторяемости погрешностей T и $\Delta k/k$ допускаемых при оценке k и T по второй автокорреляционной функции, для различных значений истинного коэффициента отражения k

Fig. 10. Histogramme der Fehler ΔT und $\Delta k/k$ der Abschätzung aus der zweiten Autokorrelationsfunktion für verschiedene Werte des effektiven Reflexionskoeffizienten k



Az első és második autokorrelációs függvényből való paraméter-meghatározás hibájának várható értékét és szórását a k reflexiós együttható függvényében az 1. táblázat tartalmazza. A két eljárás közül azt kell jobbnak minősíteni, amelyre a hibák várható értéke jobb közelítéssel zérus, és a szórás kisebb. A második autokorrelációs függvény használata esetén a hibák átlaga (a várható érték becslése) többnyire kisebb. Pontosabb statisztikus vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy 99%-os szinten egyik átlag sem tér el szignifikánsan zérustól.

1. táblázat

Az első és második autokorrelációs függvényből való ghost-paraméterek meghatározási hibájának várható értéke és szórása a tényleges reflexiós együttható függvényében

k	$\langle \Delta T \rangle$ (ms)		$\sigma_{\Delta T}$ (ms)		$\langle \frac{\Delta k}{k} \rangle$ (%)		$\sigma_{\frac{\Delta k}{k}}$ (%)	
	EAKF	MAKF	EAKF	MAKF	EAKF	MAKF	EAKF	MAKF
0,15 – 0,25	0,12	– 0,29	1,25	1,17	6,54	0,73	36,8	32,2
0,25 – 0,35	0,12	– 0,14	0,84	0,74	3,20	0,26	25,8	24,1
0,35 – 0,45	0,10	– 0,10	0,69	0,59	3,07	2,31	21,9	24,8
0,45 – 0,55	0,06	– 0,08	0,67	0,57	3,75	– 1,89	21,3	27,6
0,55 – 0,65	0,06	– 0,04	0,63	0,58	1,78	– 7,57	21,7	23,2
0,15 – 0,65	0,12	– 0,12	0,72	0,73	3,67	– 1,23	25,5	26,4

Egy példa a t -próba alkalmazására (a legnagyobb abszolútértékű átlag esetén). A t -próba a következő mennyiség számítását igényli [Vince, 1968]:

$$t = \sqrt{n} \frac{|m - 0|}{s^*}$$

ahol, n – az adatok száma,

m – az átlag,

s^* – az empirikus korrigált szórás. Esetünkben $n = 48$, $m = 7,75$,

$s^* = 23,2$.

$$t = \sqrt{48} \cdot \frac{7,57}{23,2} = 2,26$$

Ez a táblázatban található 2,7 kritikus értéknél kisebb, tehát az a hipotézis, mely szerint a várható érték zérus, 99%-os szinten sem hibás. A várható értékek alapján nem tehető különbség a két módszer között. Ugyanez vonatkozik a szórásokra is. F -próbával ellenőriztük, hogy van-e szignifikáns eltérés a szórások között. Az I. táblázat megfelelő szórásadatai között egyik párnál sincs szignifikáns eltérés.

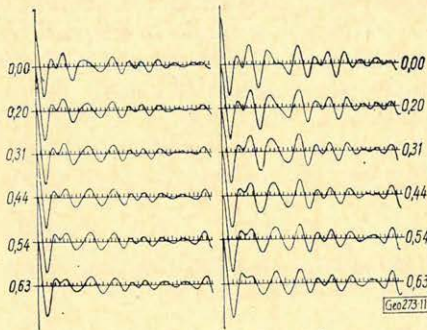
Az eddigi vizsgálatok zajmentes esetre vonatkoztak. A következő részben a ghost-paraméterek meghatározási pontosságát rendszertelen zaj jelenlétében vizsgáljuk.

1.2b. Paraméterek meghatározása rendezetlen zajt tartalmazó csatornákból

Zajos ghostos csatornát a

$$g(t) = s(t) - ks(t - T) + \xi r(t)$$

képlet alapján modellezhetünk. Az (1)-es képlet a $\xi r(t)$ rendszertelen zajjal bővült. A 11. ábrán $T = 40$ ms, $k = 0,5$ paraméterekkel számított első és



11. ábra. Zajos, ghostos csatornák első és második autokorrelációs függvényei $T = 40$ ms, $k = 0,5$ paraméterekre növekvő jel/rendszertelen zaj: energia aránya

Фиг. 11. Первые и вторые автокорреляционные функции каналов с шумом и спутниками при параметрах $T = 40$ мсек, $\kappa = 0,5$ и при возрастающем отношении энергии сигнал/случайный шум

Fig. 11. Erste und zweite Autokorrelationsfunktionen von Kanälen mit Geräusch und Ghost für Parameterwerte: $T = 40$ ms und $k = 0,5$ und für den Fall eines wachsenden Signals/ungeordneten Geräuschverhältnisses

II. táblázat

Ghost-paraméterek meghatározásának hibája zajos csatornák autokorrelációs függvényeiből

ξ	Első autokorrelációs fv.						Második autokorrelációs fv.					
	$k = 0,3$		$k = 0,5$		$k = 0,7$		$k = 0,3$		$k = 0,5$		$k = 0,7$	
	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$
0	4	-23	2	-26	1	-28	4	-27	2	-24	2	-28
0,20	9	+20	2	-16	1	-38	9	+17	4	-40	3	-34
0,31	7	-40	2	-48	1	-38	7	-47	3	-48	3	-43
0,44	8	-40	3	-58	1	-50	7	-27	3	-60	3	-53
0,54	9	-40	3	-62	2	-56	8	-30	4	-62	3	-60
0,63	9	-40	3	-64	2	-58	8	-50	5	-72	2	-66

második autokorrelációs függvényeket mutatjuk be a rendszertelen zaj energiájának különböző értékeire. Látható a ghostot jelző negatív csúcs deformálódása növekvő zaj esetén. A paraméterek meghatározásának hibáit a *II. táblázat* tartalmazza. Rendszertelen zaj tovább rontja a meghatározási pontosságot, amilyen a második autokorrelációs függvény alkalmazása sem segít.

2. Ghost-paraméterek meghatározása minimum-kritérium alapján

Számításokat végeztünk a szűrt csatornák energia-minimuma alapján való paraméter-meghatározásra [Korvin, 1969]. Az eljárás szerint, ha a ghost-tevékenység a csatorna energiáját növeli, akkor a különböző paraméterekkel tervezett szűrőkkel szűrt csatornák közül a minimális energiájú kimenetet adó szűrőt és így annak tervezésében használt paramétereket fogadhatjuk el helyesnek.

A módszer alkalmazhatóságához tehát mindenekelőtt teljesülnie kell annak, hogy a ghosttal terhelt csatorna energiája nagyobb legyen, mint a ghost nélküli csatornáé. A (2) összefüggés alapján egy erre adható kritérium

$$\frac{\Phi_{ss}^{(1)}(T)}{\Phi_{ss}^{(1)}(0)} < \frac{k}{2}, \quad (3)$$

ahol $\Phi_{ss}^{(1)}(\tau)$ a ghostmentes csatorna autokorrelációs függvénye.

A (3) kritérium az esetek többségében nyilván fennáll, de teljesülésének ellenőrzése gyakorlati esetben nem áll módunkban, hiszen a ghostmentes csatornát nem ismerjük.

A (3) reláció fennállása esetén a minimum-elv alapján is csak valamilyen hibával tudjuk meghatározni a ghost-paramétereket. Létezik ugyanis olyan helytelen paraméterekkel tervezett szűrő, amely mind a jel-, mind a ghost-energia egy részét eltávolítja, úgyhogy a kimenet energiája kisebb lesz, mint ha csak a ghostot teljes egészében (azaz a szűrőt helyes paraméterekkel tervezve, távolítjuk el. Így az eljárás kritériuma szerint a szűrt csatornák közül kiválasztva a legkisebb energiájút, nem a pontos, hanem az említett hibás paraméterű szűrőt ítéljük helyesnek.

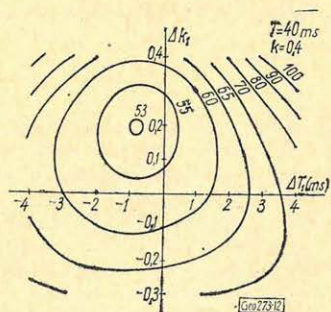
Az, hogy a ghost csatornánk energiáját növelje, csak szükséges, de nem elegendő feltétele a paraméterek pontos meghatározásának.

Megvizsgáltunk olyan eseteket, amikor a ghost növeli a csatorna energiáját. Ezek közül egyet a *12. ábrán* mutatunk be. A szűrt csatorna energiáját a ΔT és Δk (a valódi és a szűrőtervezésben használt paraméterek különbsége) függvényé-

12. ábra. A szűrt ghostos csatorna energiája a valódi és a szűréshez használt paraméterek különbsége függvényében

Фиг. 12. Зависимость энергии фильтрованного канала со спутниками от разности между истинными параметрами и параметрами используемыми при фильтрации

Fig. 12. Energie des gefilterten Ghostkanals als Funktion der Differenz der tatsächlichen und der für die Filterung angewendeten Parameter



ben ábrázoltuk. A pontos paraméterepár az origóban van, de az energiaminimum nem itt jelentkezik, tehát az ennek alapján való paraméter-meghatározásnak is lesz hibája.

Azonos paraméterekkel készített modellek különböző módszerekkel történt paraméter-meghatározásának hibáját a *III. táblázat* tartalmazza. Látható hogy ezekben az esetekben a minimális kimeneti energia alapján sokkal nagyobb hibával tudjuk a reflexiós együtthatót becsülni, mint az autokorrelációs függvényekből. A legjobb becslést az első autokorrelációs függvény alapján érjük el.

III. táblázat

Különböző módszerekkel történt ghost paraméter-meghatározás hibái

T = 40	EAKF		MAKF		MIN.	EN
	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$	ΔT	$\frac{\Delta k}{k}$
0,3	-1	-24	-1	-33	-1	73
0,4	-1	-20	-1	-30	-1	50
0,5	-1	-19	-1	-30	-1	32

A minimum-elv alapján történő paraméter-meghatározásnak is valamilyen hibaeloszlása van, amely különbözik az autokorrelációs függvényből való paraméter-meghatározás hibaeloszlásától.

Összefoglalás

A ghost-szűrők tervezéséhez szükséges paramétereket, a ghostot generáló réteghatár reflexiós együtthatóját és a primer-ghost közötti időkülönbséget különböző eljárásokkal becsülhetjük. Legpontosabban az első autokorrelációs függvény, esetleg az első és második autokorrelációs függvény együttes alkalmazásával tudjuk becsülni a paraméterek értékét, bár ennek a meghatározási eljárásnak is elég nagy a hibája. A modellvizsgálatok 90%-ában a reflexiós együttható kb $\pm 40\%$ -nál kisebb, a ghost-késés ± 1 ms hibával határozható meg az autokorrelációs függvények alapján.

Fel kell tehát készülnünk arra, hogy emiatt a gyakorlatban, amely sokkal bonyolultabb, mint ezek a modellek, a ghost-szűrő hatásossága jóval kisebb lesz, mint várnánk, valamint arra, hogy az optimum vertikális stacking nem pótolható egysatornás ghost-szűrővel.

IRODALOM

- Korvin G., 1969: Kisértetreflexiók eltávolítása és a „logikai dekonvolúció” elve. Geofizikai Közlemények XVIII. n. 4. p. 63–68.
- Lindsey, J., 1960: Elimination of seismic ghost reflections by means of a linear filter. Geophysics, v. XXV. p. 130–140.
- Meskó A., Rádler B., 1968: Modellszámítások alkalmazása a szeizmikus adatfeldolgozás és értelmezés előkészítésében. Magyar Geofizika IX. n. 4–5 p. 152–163.
- Meskó A., Rádler B., 1969: Statistical investigations concerning the detection and elimination of ghost reflections. Előadás az EAEG velencei kongresszusán.
- Vincze I., 1968: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó.