

Hobot József

MAGYAR

Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1970. XI. ÉVFOLYAM, 3. SZÁM

MAGYAR GEOFIZIKA
a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

XI. évfolyam

3. szám

Szerkesztőség

Magyar Geofizikusok Egyesülete
Budapest V., Szabadság tér 17.
Telefon: 118-476

TARTALOMJEGYZÉK

Felelős szerkesztő

Dr. SEBESTYÉN KÁROLY

Szerkesztő bizottság

CZEGLÉDI ISTVÁN
Dr. POSGAY KÁROLY
RÁDLER BÉLA
Dr. RENNER JÁNOS

Felelős kiadó

SALA SÁNDOR
igazgató

<i>Meskó Attila—Rádlér Béla:</i> A digitális szeizmikus adatfeldolgozás néhány általános problémája	81
<i>Meskó Attila—Szulyovszky Imre—Véges István—Zelei András:</i> Csonkítófüggvények alkalmazása az ideális felülvágó, alulvágó, sáváteresztő és sávvgó szűrők átviteli tulajdonságainak javításában	86
<i>Meskó Attila—Szulyovszky Imre—Véges István—Zelei András:</i> Ghost-paraméterek meghatározása	99
<i>Meskó Attila—Szulyovszky Imre—Véges István—Zelei András:</i> Egy- és kétcsatornás ghost-szűrők hatásosságának vizsgálata	109
Lapszemle	98, 120

Index: 26 507

MAGYAR GEOFIZIKA

Felelős szerkesztő: Dr. Sebestyén Károly

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, Budapest VII., Lenin körút 9-11., Telefon: 221-293

Felelős kiadó: Sala Sándor igazgató

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megjelenik évente hatszor. Megrendelhető egész évre 60,- Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 171.249-70. sz.

csekkzámlájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

70.1050. Állami Nyomda, Budapest

EGYED LÁSZLÓ

1914 – 1970



Fáradhatatlan alkotó munkája közben, élete delén 1970. július 11-én váratlanul elhunyt Egyed László akadémikus, Egyesületünk társelnöke. A magyar és a nemzetközi tudományos élet kimagasló egyénisége volt. Tudományos alkotásai világszerte ismertté és megbecsültté tették nevét. Szűkebb szakterületének, a geofizikának munkatársai mindenkor nagy tisztelettel vették körül. Az egyetemen két évtizedig végzett oktató-nevelő munkája nyomán a fiatal geofizikusok gárdája szerezte meg a szakképzettséget.

1914-ben Fogarason született. Budapesten járt gimnáziumba és egyetemi tanulmányait a matematika-fizika szakon a budapesti tudományegyetemen végezte. Kiváló tehetségével hamarosan kitűnt, 1938-ban matematikából doktorált és ugyanabban az évben tanársegéddé nevezték ki. Pályája kezdetén főként halmazelmélettel foglalkozott.

A háború éveiben az akkori olajvállalat geofizikai osztályán dolgozott. Ekkor több értekezése jelent meg, melyekben a gravitációs és földmágneses mérési eredmények kiértékelésének korszerűsítésére dolgozott ki gyakorlatilag jól használható eljárásokat. A felszabadulás után 1947-ben egyetemi magántanárrá habilitáltak. Ezután egyre inkább bekapcsolódott az egyetemi oktatásba. 1951-ben megbízták a geofizikai tanszék megszervezésével és vezetésével. A tanszéket úgyszólván a semmiből kellett megteremteni. Segítségére volt a földtani tanszék, az oktatás céljára a geofizikai kutató intézményektől kért és kapott nélkülözhető műszereket. A fejlesztés érdekében műszerész műhelyt létesített s azt egyre bővítette, úgyhogy néhány év múlva az a legkorszerűbb szerszámgépekkel rendelkezett és képessé vált az oktatáshoz, kutatáshoz szükséges műszerek előállítására. A geofizikus képzést úgy szervezte meg, hogy a leendő geofizikusok elsősorban jó alapképzést kapjanak fizikából, matematikából és földtani tárgyakból s erre épüljön az általános és gyakorlati geofizika oktatása. Fáradhatatlanul arra törekedett, hogy az oktatás céljára megfelelő helyiségek, elsősorban laboratóriumok álljanak rendelkezésre. Ezt a célját a tágas műhellyel együtt a Kun Béla téri újonnan berendezett tanszéken sikerült megvalósítania. A hallgatók számára jó tanulmányi jegyzeteket írt. 1955-ben jelent meg „Geofizikai alapismeretek” című kitűnő összefoglaló tankönyve. A tanszék oktató személyzetét jó felkészültségű szakemberekből állította össze, s később a végzett diplomások legkiválóbbjait gyűjtötte maga köré. 1956-ban nevezték ki tanszékvezető egyetemi tanárrá. 1966-tól az egyetem Természettudományi Karának dékáni tisztét töltötte be.

Jól megszervezett és folytatott oktató munkája mellett nem szorult háttérbe nagy értékű tudományos alkotó tevékenysége. Tudományos érdeklődése egyre inkább a Föld kialakulásának, belső felépítésének, szerkezetének problémái felé irányult. E fontos kérdések megoldását, mint jól felkészült matematikus és fizikus teljesen exakt módon közelítette meg s arra a meggyőződésre jutott, hogy a Föld sugara növekvőben van. Ezzel az expanziós elmélet hívévé vált. A tágulás mértékét több, egymástól független módszerrel határozta meg és ugyanazt a nagyságrendet kapta. Igen értékesek a Föld energiaháztartására vonatkozó legutóbbi vizsgálatai. Kutatásai kiterjedtek a földrengések vizsgálatára is. Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézettől átvette az országos földrengésvizsgáló szolgálatot, amely most a Magyar Tudományos Akadémia égisze alatt és anyagi támogatásával működik a tanszék keretében.

1956-ban az „Oktatásügy kiváló dolgozója” lett és 1958-ban Kossuth-díjjal tüntették ki. Értékes tudományos munkássága elismerésül a Magyar Tudományos Akadémia 1960-ban levelező tagjává, 1970-ben rendes tagjává választotta. Tagja volt az Űrkutatási Kormánybizottságnak és ezen belül a Fizikai Munkabizottság elnöke volt. A Nemzetközi Űrkutatási Bizottság héttagú elnökségének tagja volt. Számos nemzetközi kongresszuson tartott előadásokat és több külföldi tudományos akadémia hívta meg előadónak. Ebben nagy tudományos felkészültsége mellett széleskörű nyelvtudása is segítette. 1967. augusztusától UNESCO kiküldetésben egy évet töltött Japánban.

Vizsgálatainak eredményeit itthon és külföldön 100-nál több értekezésben közölte. A már említett egyetemi tankönyvén kívül jelentős munkája az 1956-ban megjelent „A Föld fizikája” című könyve, valamint az 1969-ben „Physik der festen Erde” címen megjelent, legújabb vizsgálatainak eredményeit is tartalmazó könyve.

Korán felismerte a magyar geofizikusok társadalmi összefogásának szükségességét és résztvett a Magyar Geofizikusok Egyesületének megalapításában 1954-ben. Egyesületünknek 1957-ig ügyvezető alelnöke, azóta társelnöke volt. 1963-ban az Eötvös Loránd Emlékéremmel tüntették ki. Sok felelősségteljes elfoglaltsága mellett mindig nagyon tevékenyen részt vett Egyesületünk munkájában, szervezéssel, előadásokkal. Kezdeményezésére történt a nemzetközi jellegű geofizikai szimpoziumok megszervezése.

Mindig fáradhatatlanul dolgozott s a pontos munkát minden beosztottjától, hallgatóitól megkívánta. Tanítványaival szemben szigorúan igazságos volt. Alkotásai magas színvonalúak. Mások munkájának értékelésében is magasra állította a mércét. Nagy tudása, tudományos eredményei és puritán egyénisége általános megbecsülést és őszinte tiszteletet biztosított számára.

Elhunyt a fájdalmas vesztesége a magyar és a nemzetközi tudománynak, a természettudósok, a geofizikusok társadalmának.

Emléke maradandóan él alkotásaiban! Munkatársai, barátai, tisztelői, tanítványai emlékét kegyelettel őrzik!

Renner János
társelnök

A digitális szeizmikus adatfeldolgozás néhány általános problémája

MESKÓ ATTILA – RÁDLER BÉLA

A dolgozat röviden áttekinti a digitális szeizmikus kiértékelés fejlődését és a jelenlegi fejlesztés főbb irányait. Beszámol az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemében, a kiértékelési osztályon az utóbbi években végzett munkáról. Részletesebben foglalkozik a szűrők hatásosságvizsgálatának általános elveivel. A szűrők hatásossága a paraméterek kis hibái esetén is számottevően csökken. Emiatt igen lényeges az előzetes analízis a paraméterek tényleges értékeinek megállapítására, illetve a különböző korrekciók gondos végrehajtása.

В настоящей работе рассматривается развитие цифровой обработки сейсмических данных и главные направления дальнейшего развития. Дается отчет о работах проведенных в Геофизическом Предприятии Треста Нефтяной и Газовой промышленности за последние годы. Подробно рассматриваются общие принципы определения эффективности фильтров. Эффективность фильтров значительно снижается даже при несольших ошибках заданных параметров. Поэтому особое значение придается предварительному анализу при определении точных значений параметров и точному вычислению поправок.

Die Entwicklung der digitalen seismischen Datenverarbeitung wird kurz dargestellt und die Hauptrichtungen der heutigen Entwicklungsarbeit besprochen. Dabei werden die beim Geophysikalischen Forschungsbetrieb des OKGT in den letzten Jahren vorgenommenen Auswertungsarbeiten beschrieben.

Weiter werden die allgemeinen Prinzipien der Effektivitätskontrolle der Filter ausführlich behandelt und es wird darauf hingewiesen, dass die Effektivität der Filter schon im Falle kleiner Fehler der Parameter bedeutend vermindert wird. Es ist daher wichtig, dass eine sorgfältige vorherige Analyse vorgenommen und der wirkliche Wert der Parameter richtig bestimmt werde, bzw. die nötigen Korrekturen angebracht werden sollen.

Bevezetés

A digitális feldolgozás egy évtizeddel ezelőtt még kísérleti stádiumban volt. A hatalmas fejlődést érzékelteti néhány adat, melyet L. R. Tucker publikált a *Geophysics* 1968 decemberi számában. 1967-ben az Egyesült Államokban a tengeri szeizmikus felvételek 88%-át, a szárazföldi felvételek 32%-át digitálisan dolgozták fel, Kanadában ezek a mutatók: 100%, illetve 30%. Ugyanez a gyors térhódítás jellemzi a bonyolultabb felvételezési és feldolgozási – bár nem szükségképpen digitális – eljárásokat is. 1967-ben, ugyancsak Tucker adatai szerint az Egyesült Államokban a tengeri szeizmikus kutatások 95%-át, a szárazföldi kutatások 90%-át többszörös fedésű rendszerekkel végezték. 1968-ról és 1969-ről adatok még nem állnak rendelkezésre, de a változások trendje alapján a digitális feldolgozás és többszörös fedésű rendszerek százalékos arányának további növekedését várhatjuk.

Valóban túlzás nélkül nevezik az utóbbi évtizedet a geofizikában a digitális forradalom időszakának és tekintik a digitális feldolgozás bevezetését a reflexiós szeizmika kialakulásával azonos jelentőségű fejlődésnek.

Ezt a fejlődést az olajipar fokozódó igényei tették indokolttá és szükség-szerűvé. Világosan látható, hogy a hazai igényeket és követelményeket csak akkor elégíthetjük ki, ha hazánkban is minél gyorsabban és minél szélesebb körben bevezetjük a digitális szeizmikus feldolgozást, és ezzel a leghatásosabb geofizikai kutatómódszer pontosságát és felbontóképességét az új és egyre nehezebb földtani problémák megoldásához szükséges szintre emeljük. Csak a

digitális feldolgozás biztosíthatja a szeizmikus adatok információtartalmának szükséges hasznosítását és fejlettebb, bonyolultabb feldolgozási eljárások megvalósítását.

A szakirodalom tükrözi a digitális feldolgozási eljárások gyors elterjedését. Igen sok dolgozat foglalkozik különböző részletproblémákkal, egyes műveletek elveivel vagy alkalmazásuk eredményeivel és értelmezésével. Jelentős számú algoritmust, illetve ALGOL és FORTRAN nyelven írt programot is közöltek. Néhány könyv is megjelent, amely közvetlenül a digitális szeizmikus feldolgozás problémáival foglalkozik. Helytelen volna azonban levonni azt a következtetést, hogy a digitális feldolgozásra kellőképpen felkészülhetünk pusztán a szakirodalom gondos tanulmányozásával. A szakirodalom ugyanis nem mentes az ellentmondásoktól és még a legjobb dolgozatok sem adhatják – a terjedelm szükségzerű korlátai miatt – a vizsgált műveletek teljes analizisét. Megfontolandó továbbá az, hogy valamilyen új művelet kidolgozása, alkalmazása és publikálása között több éves késés figyelhető meg. Ez nem kis részben üzleti érdekek következménye s emiatt ezen a téren jelentős javulás a jövőben sem várható. Kiforratlan a digitális feldolgozás nevezéktana. Például a dekonvolúciót 8 különböző értelemben, a „*differential normal moveout*” kifejezést 3 különböző értelemben használják [Sheriff: Glossary of terms, 1968]. Az idézett Glossary is regisztrálja a ténytet, hogy a dekonvolúció eredményei jelentősen változnak, ha különböző feltevéseket teszünk a fázisspektrumra vonatkozóan, illetve, ha különböző időkapukat vagy operátor hosszúságokat alkalmazunk. Mindez világosan mutatja, hogy a műveletek halmaza sok heurisztikus levezetést, meg nem vizsgált közelítést és módszert tartalmaz. A szakirodalom feldolgozása elengedhetetlen, de önmagában nem elegendő. Nem helyettesíthetjük saját vizsgálatainkat programok vagy programrendszerek megvásárlásával sem. Közismert ezek magas ára és az a tény, hogy a legújabb eljárások programjai nem kaphatók meg. Amellett a programok szabad paramétereit a hazai szeizmogeológiai viszonyok analizisével kell meghatározni. Az analizishez vagy kisebb részfeladatokhoz mindenképpen önálló programok szükségesek. A rutin jellegű digitális feldolgozás csak akkor lehet eredményes, ha a műveletek sokoldalú, rendszeres vizsgálatát már előzetesen elvégezzük. E szükségesség felismerése nyomán az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemében, a kiértékelési osztályon, megkezdődött a legfontosabb műveletek elemzése. A programok jelentős részét a gépi adatfeldolgozási csoport matematikusai írták.

Az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemében végzett vizsgálatok

Munkánk kezdetén az analóg feldolgozás egyes lépéseinek végrehajtását, az analóg és digitális feldolgozás közötti kapcsolatokat vizsgáltuk: mintavételezést, az adatrendszer sűrítését (interpolációt) és ritkítását, egyszerű alulvágó-, felülvágó- és sávszűrők tervezését és alkalmazását. Később a szeizmikus csatornák egyszerű modelljeit állítottuk elő és ezek felhasználásával vizsgáltunk néhány műveletet: autokorrelációs függvény számítását és felhasználását ghost-detektálásra, sebességszűrést, optimális simitószűrést. 1968-ban kezdtük meg a többesatornás szűrés részletes vizsgálatát. 1969-ben a munka nagyobb lehetőségekkel és megnövekedett létszámmal új lendületet kapott. A többváltozós szűrési műveletek vizsgálata folytatódott, intenzíven foglalkoztunk a ghost-detektálás és eltávolítás műveletével és egyszerűbb egyváltozós szűrők működésének javításával. Az utóbbi vizsgálatok célja részben a műveletek számának

és ezzel a számítási időnek a csökkentése, részben kedvező átviteli tulajdonságok biztosítása volt. Emellett foglalkoztunk dekonvolúciós szűrők tervezésével, a különböző megfontolásokkal tervezett dekonvolúciós szűrők összehasonlításával és néhány korrekciós problémával.

A munka objektív értékelése és a további feladatok objektív felmérése szükségessé teszi, hogy egy pillantást vessünk a digitális szeizmikában a legutóbbi években — nemzetközi szinten — elért eredményekre és a jelenlegi fejlődés irányaira. Wuenschel et al. (1969) összefoglalója szerint a legfontosabb eredmények a javított dekonvolúciós operátorok, időben változó szűrők és optimum többcsatornás szűrők tervezése és alkalmazása. A fejlesztés alatti területek — melyeken azonban jelentős haladást is elértek — az automatikus statikus korrekciók, az NMO-meghatározás dinamikus korrelációs analízissel, automatikus mélységtranszformációk, sebességanalízis és automatikus reflexiódetektálás.

Irodalmi tanulmányaink alapján megállapíthattuk, hogy nagy szükség van gondos és kimerítő részletességű saját vizsgálatokra, mert az irodalmi közlések szükségszerűen hiányosak és emellett sokszor egyoldalú képet adnak. Néhány szerző hajlik arra, hogy egy-egy módszer jel/zaj-arány javító hatását a legkedvezőbb esetben mutassa be és a valóságos viszonyokhoz közelebb álló modellek esetén a hatásosság jóval kisebb. Néhány fontos paraméter meghatározásával, vagy a meghatározás hibáival az irodalom nem foglalkozik. Egyszerű esetekre vonatkozó modellvizsgálatainkból is megállapíthattuk, hogy a paraméterek kis hibái is jelentős hatásosság csökkenést okoznak [Meskó — Rádler 1969/b, 1970]. Ilyen esetben célszerű a pontos paraméterekkel elérhető hatásosság optimalizálása helyett a hatásosság várható értékének optimalizálására törekedni. Néhány gondolatot ezekről a vizsgálatokról a következő pontban ismertetünk.

A hatásosságvizsgálatok általános elvei

Vezessük be a következő jelöléseket. A szűrőtervezésben szereplő paraméterek legyenek: α_i ($i = 1, 2, \dots, n$); függvények: β_j ($j = 1, 2, \dots, m$). Például a kétszatornás OVS szűrő tervezési modelljében szereplő paraméterek: a valódi reflexiók időkülönbsége (a két összegezendő csatorna között), a ghost-reflexiók időkülönbsége; a szűrőtervezésben szereplő függvények: a valódi reflexiók, a ghostok és a rendezetlen zaj teljesítményspektrumai. Összesen két paraméterrel és három függvénnyel kellene számolnunk. A levezetés egyszerűsítése céljából közelítő feltevéseket alkalmazva a függvények kiküszöbölhetők. Ha feltesszük, hogy az amplitúdóspektrumok csak konstans szorzóban térnek el egymástól, a három függvény helyett 2 új paramétert alkalmazhatunk: ezek a ghost és valódi reflexiók teljesítményaránya, illetve a rendezetlen zaj és valódi reflexiók teljesítményaránya [Schneider et al., 1964]. Természetesen meg kellene vizsgálni, milyen esetekben engedhető meg ez az egyszerűsítés, hiszen nyilvánvaló, hogy pontos egyenlőségről nem lehet szó. A közelítések pontosságának vizsgálatához mért szeizmikus anyag feldolgozására volna szükség. Egyelőre azonban elfogadhatjuk a közelítés helyességét.

A szűrőtervezési modellnek megfelelően a szűrők súlyfüggvényei is tartalmazni fogják az összes paramétereket. (Példánkban négyet.) Azaz:

$$\begin{aligned} S_1 &= S_1(\alpha_i) \\ S_2 &= S_2(\alpha_i), \quad (i = 1, 2, 3, 4). \end{aligned} \quad (1)$$

A súlyfüggvények ismeretében számítható a kimenet és (esetleg további közelítések alkalmazásával) a kimeneti jel/zaj-arány. A jel/zaj-arány – jelöljük η -val! – szintén tartalmazza a paraméterek értékeit, hiszen számításában felhasználjuk a paramétereket tartalmazó súlyfüggvényeket is. Az α_i paraméterekhez azonban mérésekkel és számításokkal jutottunk. A mérések hibái, a számításokban alkalmazott közelítések és a zajok miatt a szűrőtervezésben alkalmazott paraméterek nem egyeznek meg a bemeneteket ténylegesen leíró paraméterek értékeivel. Jelöljük a tényleges paraméterek értékeit α'_i -vel. Az α'_i -k az α_i -ik becsült értékei, a becslés helyességét egy konkrét esetben nem lehet ellenőrizni és a becsült értékeket kell a szűrőtervezésben szerepeltetni. A hatáosság függvénye lesz mind a tényleges, mind a becsült paramétereknek, azaz

$$\eta = \eta(\alpha_i, \alpha'_i), \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (2)$$

A hatáosság felméréshez meg kell állapítani az értékek lehetséges eltéréseit az α_i értékektől és ezen eltérések gyakoriságát. Másképpen: meg kell határozni (szükség esetén: becsülni) a $p(\alpha'_i)$ valószínűségi sűrűségfüggvényeket. Ha az α_i várható értéke, $E[\alpha'_i]$, az α_i -től eltér, a szűrőtervezésben durva hibát követünk el. A hibáról sajnos, egy konkrét esetben nem győződhetünk meg – hiszen konkrét esetben α'_i ismeretlen. A becslési módszert azonban modellszámításokkal ellenőrizhetjük és azokat a becslési eljárásokat, melyekre $E[\alpha_i] \neq \alpha'_i$ elvethetjük. Ha több becslési eljárás felel meg az $E[\alpha'_i] = \alpha_i$ követelménynek, azt kell alkalmazni, amelynek kisebb a szórása.

Ha az α_i -ket már rögzítettük, a tényleges paraméterek tekinthetők valószínűségi változóknak.

Térjünk most vissza a hatáosságot leíró függvényhez. Ez többváltozós függvény – az OVS esetén nyolevváltozós. Nyilvánvaló, hogy ilyen formában kezelhetetlen. Ha az eloszlásokat függetlennek tekinthetjük és a $p(\alpha'_i)$ sűrűségfüggvények ismertek, számíthatjuk az $\alpha_i = c_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) rögzített szűrőparaméterekre vonatkozó várható értékét:

$$E[\eta(\alpha_i = c_i, \alpha'_i)] \int_I \eta(\alpha_i = c_i, \alpha'_i) p(\alpha'_1) \dots p(\alpha'_n) d\alpha'_1 \dots d\alpha'_n \quad (3)$$

– ahol I n dimenziós intervallum, melyet az α'_i lehetséges változásának határai jelölnek ki. Pl. ha megállapodunk abban, hogy az első paraméter a valódi reflexiók „illesztési” hibája és megállapítottuk, hogy ez -2 ms és $+2$ ms között változik, az α'_i szerinti integrálás határai -2 ms, $+2$ ms. (Az integrálás elvégzése után kapott függvény már csak az α_i paraméterektől függ.

$$E[\eta(\alpha_i = c_i; \alpha'_i)] = \nu(c_i). \quad (4)$$

A függvény jelentése a következő: ha az α'_i paraméterek eloszlását valóban a használt sűrűségfüggvények írják le, a szűrő hatáosságának várható értéke az alkalmazott tényleges $\alpha_i = c_i$ ($i = 1, 2, \dots$) kombinációra a (4) alatti $\nu(\alpha_i)$ függvény $\alpha_i = c_i$ helyettesítési értéke. A szűrés eredményessége ezek szerint a bemenet paramétereitől függ, másképpen fogalmazva – ahogyan ez a szemléletből is következik – különböző szituációkban különböző. Ugyanaz az optimumszűrő bizonyos esetekben $20-30$ dB javulást okoz, más esetben – helyes optimalizálás ellenére is – csak $5-10$ dB-t. Például várhatjuk, hogy kis energiájú rendezetlen zaj esetén az OVS hatáossága növekszik. Mivel a (4) függvény még mindig többváltozós, az eredmények így sem könnyen áttekinthetők. Ha azonban a körvonalazott műveletek elvégzését is programozzuk, a szűrőtervezés

mellé beiktatott szubrutinként a gyakorlati feldolgozásban a művelet elvégzése előtt tájékozódhatunk, hogy a konkrét paramatéter-kombinációban mit várhatunk a szűréstől.

A szűrő javításának egy lehetősége a $p(\alpha'_i)$ sűrűségfüggvények beépítése a súlyfüggvény számításába. Ekkor várhatjuk, hogy az $E[\eta]$ várható értéke nagyobb lesz, mintha ezt nem tettük volna, mert így a szűrő optimalizálásakor figyelembe vesszük a paraméterek változásának lehetséges tartományát.

Sok esetben lényeges ismeret a szűrő hatásosságának csökkenése a paraméter hibáinak függvényében. Ha a (2) függvényben – kettő kivételével – az összes paraméter értékét rögzítjük, ábrázolható hatásosságfüggvényhez jutunk. Így szemléletes képet nyerünk arról, hogyan befolyásolják a nem rögzített két paraméter hibái a szűrők hatásosságát. Néhány eddigi vizsgálat azt mutatta, hogy már kis hibák esetén is számottevően csökkenhet a hatásosság. Az ilyen típusú vizsgálatok kijelölik, melyik paraméter az, amelynek hibáira a szűrő különösen érzékeny vagy majdnem közömbös stb. Tisztázhatjuk, milyen pontosságot kell elérnünk a paraméterek analízisében, illetve milyen előzetes műveleteket kell végezni annak érdekében, hogy a szűrőtervezésben alkalmazott (becsült) paraméterek jó közelítései legyenek a ténylegeseknek. Az a benyomásunk, hogy a digitális szeizmikus feldolgozás teljesítőképességének kihasználásához az előzetes műveletek, ha lehet, még fontosabbak, mint a hajlékony többváltós, időtől függő stb. szűrési eljárások. Másiképpen fogalmazva: a finomabb módszerhez még gondosabb felvételezés, előzetes javítások, nagyobb körültekintés szükséges, mint a konvencionális feldolgozáshoz. Csak így remélhetjük, hogy hasznosítani tudjuk a digitális feldolgozás hajlékonyságát, lehetőségeit a szeizmikus és ennek segítségével a geológiai értelmezés pontosabbá, megbízhatóbbá tételében, hatékonyságának fokozásában.

IRODALOM

- Meskó A. A., 1967/1968: Sebességszűrés matematikai alapjai, digitális megvalósítása és közelítésének lehetőségei.
MAGYAR GEOFIZIKA
I. rész: VIII. kötet 5–6 szám, 165–189. old.
II. rész: IX. kötet 1. szám, 1–19. old.
- Meskó A., 1968: Digitális adatrendszer sűrítése és ritkítása. Geofizikai Közlemények, XVII. kötet, 1–2. szám, 121–126. old.
- Meskó A., 1968: Notes on detection and elimination of ghost reflections by means of single channel filters. Annales Univ. Tom. XI. p. 69–82.
- Meskó A. – Rádlér B., 1968: Modellszámítások alkalmazása a szeizmikus adatfeldolgozás és értelmezés előkészítésében. MAGYAR GEOFIZIKA, IX. kötet, 3. szám, 152–163. old.
- Meskó A. – Rádlér B., 1969/a: A jel és koherens zaj NMO-jai eloszlásának szerepe többsatornás optimumszűrők tervezésében. Geofizikai Közlemények. XVIII. kötet, 4. szám, 69–77. old.
- Meskó A. – Rádlér B., 1969/b: Statistical investigations on detection and elimination of ghost arrivals (előadás az EAGE Velencei Szimpóziumán).
- Meskó A. – Rádlér B., 1970: Szeizmikus adatok feldolgozásában alkalmazott digitális szűrők hatásosságának statisztikus vizsgálata. MAGYAR GEOFIZIKA, XI. kötet, 1. szám (megjelenőben).
- Schneider, W. A. – Larner, K. A. – Burg, J. P. – Backus, M. M. 1964: A new data processing technique for the elimination of ghost arrivals on reflection seismograms. Geophysics, Vol. 29, No. 5, p. 783–806.
- Sheriff, R. E., 1968: Glossary of terms used in geophysical exploration, Geophysics, Vol. 33, No. 1. p. 181–228.
- Tucker, L. R., 1968: Geophysical activity in 1967 applied to petroleum exploration, Geophysics, Vol. 33, No. 6, p. 885–903.
- Wuenschel, P. C. – Treitel, S. – Flinn, E. A. – Keller, G. V. – Pickett, G. R., 1969: Geophysical research and progress in exploration, 1965–1968. Geophysics, Vol. 43, No. 2, p. 145–155.

Csonkítófüggvények alkalmazása az ideális felülvágó, alulvágó, sáváteresztő és sávágó szűrők átviteli tulajdonságainak javításában

MESKÓ ATTILA-SZULYOVSKY IMRE-VÉGES ISTVÁN-ZELEI ANDRÁS

Ebben a cikkben a felül-, aluláteresztő, sáváteresztő, ill. sávszűrők tervezésének problémáit tárgyaljuk.

Mint ismeretes, a frekvenciaszűrés hatása ideális, ha az amplitúdóspektrum egységnyi az áteresztési sávban és zérus másutt, illetve a fázisspektrum zérus mindenütt.

Hogy a fenti kikötések teljesüljenek, végtelen hosszú súlyfüggvényt kellene alkalmaznunk. Egyéb szempontok miatt azonban arra törekszünk, hogy minél rövidebb súlyfüggvényeket alkalmazunk.

Emiatt a tényleges átviteli függvények különbözni fognak az elméletiektől. Az operátor véges hossza miatti változások csökkenthetők megfelelő csonkítófüggvények alkalmazásával. Beszámolunk a lehetséges csonkítófüggvényekre vagy ablakokra vonatkozó vizsgálatokról.

Kimutatjuk, hogy bár nincs optimális időablak általános értelemben, de bizonyos feltételek (az origó körüli maximális energiakonzentráció, zéró-fázistolás) a Gauss-féle függvényt jelölik ki legjobbnak.

Bemutatunk néhány, 70–90 msec hosszúságú, Gauss-ablakkal csonkított súlyfüggvényhez tartozó átviteli függvényt.

В данной работе разбираются проблемы конструирования фильтров верхних и нижних частот, полосовых и режекторных.

Как известно, эффективность частотной фильтрации идеальна, если амплитудный спектр в полосе пропускания равен единице, вне её равен нулю, а фазовый спектр на всех частотах равен нулю.

Для удовлетворения этих условий требовались бы бесконечно длинные весовые функции. Однако, согласно прочим соображениям, стремимся применять как можно более короткие весовые функции.

Поэтому действительные функции передачи будут отличаться от теоретических. Изменения, вызванные конечной длиной оператора, могут быть уменьшены применением режущих функций. Подведём итоги результатов исследований возможных режущих функций или окон. Хотя, в общем смысле, оптимальное временное окно не существует, при выполнении некоторых условий (максимальная концентрация энергии у начала координат, нулевой фазовый сдвиг) наилучшей функцией является функция Гаусса.

Покажем несколько функций передач, относящихся к весовой функции длиной 70–90 msec, срезанных окном Гаусса.

Es werden die Probleme der Planung der Hochpass- und Tiefpass-Filter sowie der Bandpass- und Bandfilter besprochen.

Um eine ideale Frequenzfilterung zu erreichen, sollte man eine Gewichtsfunktion von unendlicher Länge anwenden. Aus praktischen Gründen muss man aber danach trachten, je kürzere Gewichtsfunktionen zu gebrauchen. Die Folgen der Verkürzung der Operatoren können durch die Anwendung von geeigneten Abstumpfungsfunktionen teils eliminiert werden. Es werden hier solche Untersuchungen mitgeteilt und erwiesen, dass – obwohl es keine optimale Zeitfenster im allgemeinen Sinne existieren – jedoch die Gaussfunktion den besten Dienst leisten kann. Einige Übertragungsfunktionen werden vorgeführt, die zu einer mittels eines Gauss-Fensters von 70–90 ms Länge abgestumpften Gewichtsfunktion gehören.

Bevezetés

Az egycsatornás felülvágó, alulvágó, sáváteresztő és sávszűrők tervezése ismeretes, alkalmazásuk folytonos időfüggvényekre a szűrő súlyfüggvényének felhasználásával végzett konvolúcióval írható le:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) \cdot s(t - \tau) d\tau \quad (1)$$

ahol $y(t)$ a kimenet
 $x(t)$ a bemenet
 $s(t)$ a szűrő súlyfüggvénye.

A felsorolt szűrési műveletek bármelyikét – mint az (1)-ből látható – a megfelelő végtelen hosszú súlyfüggvény alkalmazásával valósíthatjuk meg. Az (1) egyetlennek frekvenciatartományban

$$Y(f) = X(f)S(f) \quad (2)$$

felel meg, ahol az $Y(f)$, $X(f)$ és $S(f)$ függvények az $y(t)$, $x(t)$ és $s(t)$ Fourier-transzformáltjai. Az $S(f)$ átviteli függvény ideális, ha értéke az áteresztési sávban egységnyi, másutt zérus.

A gyakorlatban azonban csak véges hosszúságú digitális adatrendszerekkel tudunk gépi műveleteket végezni. Ezért a súlyfüggvényt mintavételezni és csonkítani kell. A mintavételezés további problémát nem jelent, ha mintavételi törvénynek megfelelően végezzük, azaz τ_0 mintavételi távolság és az f_h felső határfrekvencia között fennáll a $\tau_0 \leq \frac{1}{2f_h}$ reláció.

A csonkítás műveletével és hatásaival kívánunk bővebben foglalkozni. A véges hosszúságúvá csonkított súlyfüggvényt Fourier-transzformálva meggyőződhetünk arról, hogy a hozzá tartozó átviteli függvény eltér az ideálistól. Az eltérés annál jelentősebb, minél rövidebb súlyfüggvényt használunk. Ugyanakkor gazdaságossági szempontok miatt ez áll érdekünkben.

Célunk kettős volt. A súlyfüggvény rövidítése és ugyanakkor kedvező átviteli tulajdonságú szűrők tervezése.

Csonkítás az átlagnégyzetes kritérium szerint

Foglalkozunk először a különböző csonkításokkal teljesen általánosan. Legyen adott egy $g(t)$ egyváltozós függvény, melynek értelmezési tartománya a $(-\infty, +\infty)$ intervallum. Tegyük fel, hogy Fourier-transzformálható és Fourier-transzformáltját jelöljük $\bar{G}(f) = F\{g(t)\}$ -el, ahol F a Fourier-transzformáció szimbóluma. Szeretnénk találni egy olyan $\bar{g}(t)$ függvényt, mely a $\left(-\frac{T}{2}, +\frac{T}{2}\right)$ intervallumon kívül azonosan zérus, az intervallumon belül pedig olyan, hogy információtartalom szempontjából legjobban közelíti a $g(t)$ függvényt.

A $\bar{g}(t)$ és $g(t)$ közötti kapcsolat megfogalmazható úgy, hogy a $\bar{g}(t)$ az eredeti $g(t)$ és egy $u(t)$ csonkítófüggvény szorzata. Az $u(t)$ -ről tudjuk, hogy a $\left(-\frac{T}{2}, +\frac{T}{2}\right)$ intervallumon kívül azonosan zérus. Megállapítandó azonban az $u(t)$ alakja a $\left(-\frac{T}{2}, +\frac{T}{2}\right)$ intervallumon belül. Támpontot ad a csonkítófüggvény meghatározásához az a követelmény, hogy a $\bar{g}(t)$ függvény $\bar{G}(f)$ spektruma valamilyen értelemben kevésbé térjen el $\bar{G}(f)$ -től. Akkor már meghatározhatjuk a csonkítás módját, azaz a kritérium szerinti legalkalmasabb csonkítófüggvényt.

Kiköthetjük például azt, hogy $G(f)$ és $\bar{G}(f)$ átlagnégyzetes értelemben a legkevésbé térjen el egymástól, azaz:

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} |G(f) - \bar{G}(f)|^2 df = \min \quad (3)$$

legyen. Milyen csonkítófüggvényt kell ekkor alkalmaznunk? A Rayleigh-tétel felhasználásával válaszolhatunk a feltett kérdésre. Ismert, hogy ha $g(t)$ és $G(f)$ Fourier-transzformált párok, akkor:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |G(f)|^2 df = \int_{-\infty}^{+\infty} g^2(t) dt \quad (4)$$

Ezért írhatjuk, hogy:

$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} |G(f) - \bar{G}(f)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |g(t) - \bar{g}(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{-\frac{T}{2}} g^2(t) dt + \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |g(t) - \bar{g}(t)|^2 dt + \int_{\frac{T}{2}}^{\infty} g^2(t) dt \quad (5)$$

A jobb oldali összeg egyik tagja sem lehet negatív, de csak a középső függ $g(t)$ választásától. Az I_T akkor lesz minimális, ha:

$$\bar{g}(t) = g(t), \text{ ha } |t| \leq \frac{T}{2} \quad (6)$$

Másrészt előírtuk, hogy:

$$\bar{g}(t) = 0, \text{ ha } |t| > \frac{T}{2}.$$

Átlagnégyzetes értelemben tehát a legjobb $\bar{g}(t)$ függvény $g(t)$ -nak a $\left(-\frac{T}{2}, +\frac{T}{2}\right)$ intervallumba eső darabja. Ez négyszög alakú csonkítófüggvény alkalmazását írja elő:

$$g(t) = g(t) \cdot u(t), \text{ ahol } u(t) = 1 \text{ ha } (t) \leq \frac{T}{2} \\ \text{ha } (t) > \frac{T}{2}. \quad (7)$$

Ha egy adatrendszer végeiről egyszerűen elhagyunk tagokat, átlagnégyzetes értelemben a leghelyesebben járunk el. De csak ebben az értelemben.

(6)-ból látjuk, hogy:

$$I_{T_1} < I_{T_2}, \text{ ha } T_1 > T_2 \quad (8)$$

Azaz a minimum értéke csökken, ha a $g(t)$ függvénynek hosszabb szakaszát hagyjuk meg, azaz ha egyre szélesebb négyszögfüggvénnyel csonkítunk. A csonkítás hatása ugyanis a frekvenciatartományban a következő képlettel írható le:

$$\bar{G}(f) = G(f) * \frac{\sin \pi T f}{\pi f} \quad (9)$$

Ismeretes, hogy

$$G(f) * \delta(f) = G(f) \quad (10)$$

azaz a Dirac- δ -val képzett konvolúció változatlanul hagyja a függvényt.

Belátható, hogy:

$$\delta(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\sin \pi T f}{\pi f}$$

Növelve tehát a négyszög csonkítófüggvény szélességét az időtartományban, spektrumának alakja tart a Dirac- δ -hoz és konvolválódva az eredeti spektrummal egyre kevésbé torzítja azt.

Csonkítófüggvények kiválasztása az energiakoncentráció alapján

A Dirac- δ -t szokás a következő módon definiálni:

$$\delta(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} F_n(f), \quad (11/a)$$

ha fennáll, hogy

$$\int_{-\infty}^{+\infty} F_n(f) df = 1 \quad (11/b)$$

és
$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_n(f) = 0, \text{ ha } f \neq 0. \quad (11/c)$$

Ilyen az $F_n = n \frac{\sin \pi n f}{\pi n f}$ függvény. Hasonlóan viselkedik a négyszögfüggvény is, ha szélességét egyre csökkentve magasságát növeljük úgy, hogy területe állandó maradjon.

Több ilyen függvénysorozat van: hogy ezek közül csonkítás céljára melyeket választjuk ki, az a jósági kritériumtól függ, tehát attól, hogy milyen értelemben kívánjuk a csonkított függvény spektrumával legjobban megközelíteni az eredeti végtelen hosszú függvény spektrumát. Mint láttuk, az átlagnégyzetes kritérium szerint a négyszögfüggvényt kell alkalmaznunk. Ismeretes azonban, hogy ha a dolgozat elején felsorolt bármelyik szűrő súlyfüggvényét csonkítjuk, ily módon nemkívánatos hatásokat tapasztalunk. Elromlik a sima átvitel, a levágási frekvencia közelében pedig az átviteli sávban pozitív, a kizárási sávban negatív „túllövés” tapasztalunk. Az utóbbi a Gibbs-féle jelenségként közismert (Bracewell, 1965). A pozitív túllövés bizonyos frekvenciák 9%-os kiemelését, a negatív ezenfelül bizonyos frekvenciájú jelek fázisfordítását is eredményezi.

Felvetődik a gondolat, hogy célszerű más kritérium szerint megvizsgálni azokat a függvényeket, melyeknek Fourier-transzformáltjai közelítőleg rendelkeznek a (11/b)–(11/c)-ben megjelölt tulajdonságokkal. Nem igényünk az egyenlőségek egzakt teljesülése, az időtartománybeli véges szélesség miatt a

Fourier-transzformált-pár frekvenciatartománybeli „szélessége” úgysem csökkenhet minden határon túl. Célunk csak az lehet, hogy a függvény és Fourier-transzformált párja egyszerre jól koncentrálódjanak az idő-, ill. frekvenciaorigó köré és $t \rightarrow \infty$ és $f \rightarrow \infty$ esetén igen gyorsan tartsanak 0-hoz.

Az energiakoncentrációt a következő módon jellemezhetjük (Fodor, 1967).

Legyenek $g(t)$ és $g(f)$ Fourier-transzformált párok. Írjuk fel a következő egyenlőséget:

$$\int_{-\frac{x}{2}}^{+\frac{x}{2}} g^2(t) dt = \eta \int_{-\infty}^{+\infty} g^2(t) dt, \text{ ahol } 0 \leq \eta \leq 1 \quad (12/a)$$

Az $x = x(\eta)$ értéket a $g(t)$ függvény η -szinten mért sáv szélességének nevezzük. (12/a) jelentése szemléletes. Azt jelenti, hogy a $g(t)$ függvény összenergiájának $\eta \cdot 100$ %-a koncentrálódik a $\left[-\frac{x}{2}, +\frac{x}{2}\right]$ intervallumba.

Hasonlóan mérhetjük az energiakoncentrációt a frekvenciatartományban is:

$$\int_{-\frac{Y}{2}}^{+\frac{Y}{2}} G^2(f) df = \eta \int_{-\infty}^{+\infty} G^2(f) df \quad (12/b)$$

A továbbiakban csak szimmetrikus $g(t)$ függvényeket vizsgálunk. Szimmetrikus függvények Fourier-transzformáltja valós értékű, és a négyzetre-emelés miatt pozitív, így az abszolút érték jelét nem szükséges kitenni.

Az xy szorzatot a $g(t)$ függvény jósági tényezőjének nevezzük. Minél kisebb ez a szorzat, annál erősebb az energiakoncentráció mindkét tartományban, és annál alkalmasabb a függvény csonkításra.

A következő függvényeket vizsgáltuk meg:

Időtartomány:	Frekvenciatartomány:
$g_1(t) = e^{-\pi t^2}$	$G_1(f) = e^{-\pi f^2}$
$g_2(t) = e^{- t }$	$G_2(f) = \frac{2}{1 + (2\pi f)^2}$
1 ha $ t \leq 0,4$	
$g_3(t) = 10(0,5 - t)$ ha $0,4 < t \leq 0,5$	$G_3(f) = \sin c(0,2f) \sin c(0,9f)$
0 ha $ t > 0,5$	
$g_4(t) = 1$ ha $ t \leq 0,5$	$G_4(f) = \sin cf$
0 ha $ t > 0,5$	
$g_5(t) = 1 - 2(t)$ ha $ t \leq 0,5$	$G_5(f) = \frac{f}{2}$
0 ha $ t > 0,5$	

$$g_6(t) = e^{-|t|} \frac{\sin \cdot t}{t}$$

$$g_7(t) = e^{-|t|} \cos \pi t$$

$$g_8(t) = \begin{cases} \cos \pi t & \text{ha } |t| \leq 0,5 \\ 0 & \text{ha } |t| > 0,5 \end{cases}$$

$$g_9(t) = \begin{cases} 0,5 + 0,5 \cos \pi t & \text{ha } |t| \leq 1 \\ 0 & \text{ha } |t| > 1 \end{cases}$$

$$g_{10}(t) = \begin{cases} 0,54 + 0,46 \cos \pi t & \text{ha } |t| \leq 1 \\ 0 & \text{ha } |t| > 1 \end{cases}$$

$$G_6(f) = \text{arc tg } \frac{1}{2(\pi f)^2}$$

$$G_7(f) = \frac{1}{1 + 4\pi^2(f + 0,5)^2} + \frac{1}{1 + 4\pi^2(f - 0,5)^2}$$

$$G_8(f) = \sin c(f + 0,5) + \sin c(f - 0,5)$$

$$G_9(f) = 0,5 \sin c f + 0,25 \sin c \left(f - \frac{1}{2} \right) + 0,25 \sin c \left(f + \frac{1}{2} \right)$$

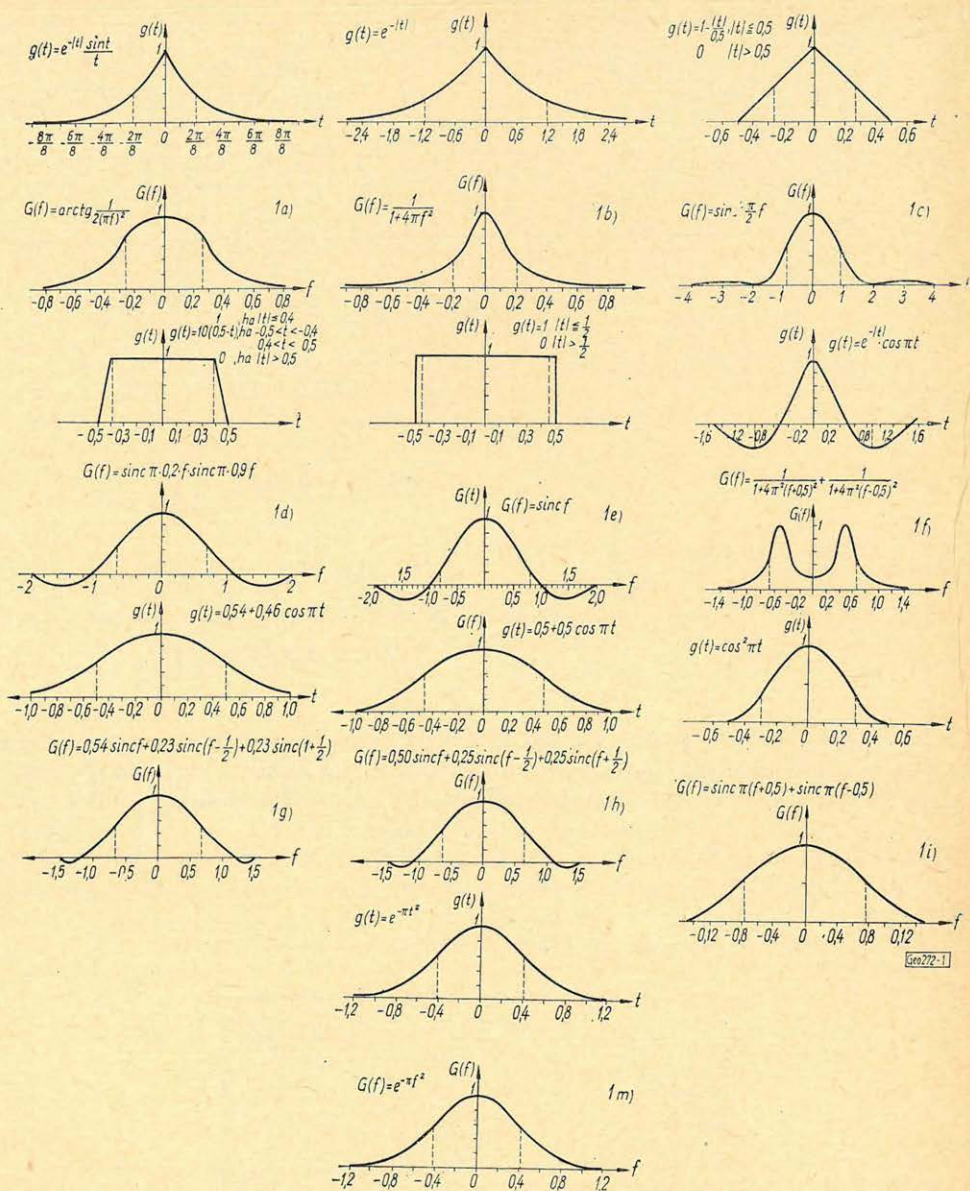
$$G_{10}(f) = 0,54 \sin c + 0,23 \sin c \left(f - \frac{1}{2} \right) + 0,23 \sin c \left(f + \frac{1}{2} \right)$$

A fenti $g_2(t)$ és $G_2(f)$ függvények-konstans szorzótól eltekintve, melyeknek az x és y sáv szélességek definíciója miatt nincs szerepük – egymás Fourier-transzformáltjai. A vizsgált ablakok között sok az irodalomban igen jól ismert. A $g_8(t)$ -t hanning, a $g_{10}(t)$ -t hamming-féle ablaknak is nevezik (Blackman-Tukey, 1958). A következő ábrákon (1. ábra) a fenti ablakokat mutatjuk be Fourier-transzformáltjaikkal. Szaggatott vonal jelzi a 90%-os szinten vett sáv szélességeket.

A vizsgálat eredményét az 1. táblázat mutatja.

	x_1	y_1	x_2	y_2	x_3	y_3	x_4	y_4	x_5	y_5
$e^{-\pi t^2}$	0,58	0,58	0,92	0,92	1,44	1,44	0,34	0,85	2,08	2,08
$e^{- t } \frac{\sin t}{t}$	1,0	0,3	1,78	0,5	3,18	1,14	0,30	0,89	3,64	3,64
$\cos \pi t, \text{ha } t < 0,5$ 0, ha $ t > 0,5$	0,4	1,02	0,58	1,54	0,8	2,36	0,41	0,83	1,89	1,89
$1-2 t , \text{ha } t < 0,5$ 0, ha $ t > 0,5$	0,34	1,11	0,54	1,68	0,78	2,60	0,38	0,91	2,04	2,04
$e^{- t }$	1,22	0,22	2,3	0,42	4,6	1,06	0,27	0,97	4,86	4,86
$\frac{1}{10(5+ t)}, \text{ha } 0 < t < 0,5$ 0, ha $ t > 0,5$	0,6	0,86	0,76	1,34	0,88	3,76	0,52	1,02	3,31	3,31
$\frac{1}{0}, \text{ha } t < 0,5$ 0, ha $ t > 0,5$	0,7	0,84	0,9	1,6	0,99	15,1	0,59	1,44	14,8	14,8
$e^{- t } \cos \pi t$	1,32	1,1	2,14	1,3	4,3	1,9	1,45	2,79	8,15	8,15
$0,5+0,5 \cos \pi t, \text{ha } t \leq 1$ 0, ha $ t > 1$	0,62	0,80	0,93	1,28	1,36	5,64	0,50	1,20	7,65	7,65
$0,54+0,46 \cos \pi t, \text{ha } t \leq 1$ 0, ha $ t > 1$	0,66	0,86	1,00	1,35	1,52	7,21	0,57	1,35	10,8	10,8

Geo 272-17



1 ábra. A megvizsgált csönkítőfüggvények és Fourier-transzformáltjaik. A szaggatott vonal jelöli az idő- és frekvenciatartománybeli sávszélességet 90%-os energiaszinten

Fig. 1. Графики исследованных режущих функций и их преобразования Фурье. Пунктирная линия показывает ширину полосы функции в области времён и частот на уровне энергии 90%

Fig. 1. Die untersuchten Abstumpfungsfunktionen und ihre Fourier-Transformierten. Die gebrochene Linie bezeichnet die Bandbreite im Zeit- bzw. Frequenzbereich im Falle eines 90%-igen Energieniveaus

Három különböző η értéket választottunk, $\eta = \frac{1}{\sqrt{2}}$; 0,9; 0,99. Látható,

hogy különböző η értékekhez különböző sorrend tartozik, az osztályozás nem egyértelmű. Két észrevételt tehetünk. A kritérium szerint a négyszögimpulzus nem tartozik a javasolt csonkítófüggvények közé, másrészt a táblázat ráírnyítja a figyelmet más függvényekre, melyeknek jósági tényezője mind a három szinten a legjobbak közé tartozik.

Ha úgy tesszük fel a kérdést, hogy adott hosszúságúra milyen függvénnyel csonkítsunk egy másik függvényt vagy adatrendszer, a következőt válaszolhatjuk. Ha a csonkítandó függvény az adott intervallumon belül jól lecseng, majdnem közömbös, hogy a felsoroltak közül mivel csonkítunk, ha nem, célszerű nem egyforma súlyokkal figyelembe venni a középponttól távolabb eső függvényértékeket, hanem valamilyen – például háromszög, Gauss-féle vagy cosinus-csonkítófüggvényt alkalmazni.

Csonkítófüggvények alkalmazása

Numerikus első derivált számítása

Bemutatunk egy igen gyorsan csökkenő együtthatókkal rendelkező operátort, melynél nem játszik fontos szerepet a csonkítás módja. Az operátor működését egy egyszerű példával lineáris függvény adatrendszerének deriválásával szemléltetjük. Ismeretes [Meskó, 1969], hogy az első deriváltat előállító antiszimmetrikus operátor általános tagja:

$$C_{l-\frac{1}{2}} = \frac{4}{\pi\tau} \frac{(-1)^l}{(2l-1)} \quad l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (13)$$

A differenciálható lineáris függvényt leíró digitális adatrendszer

$$Y_i = m i \tau + b \quad i = -\infty \dots -1, 0, +1, \dots +\infty \quad (14)$$

Ha az i indexet úgy választjuk, hogy $i = l - \frac{1}{2}$ legyen, ahol $l = 1, \pm 2, \dots$, akkor:

$$Y_{l-\frac{1}{2}} = m \left(l - \frac{1}{2} \right) \tau + b.$$

A kimenő adatrendszer:

$$z_{k-\frac{1}{2}} = \sum_{l=-\infty}^{+\infty} C_{l-\frac{1}{2}} \cdot Y_{\left(k-\frac{1}{2}\right) - \left(l-\frac{1}{2}\right)} \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \quad (15)$$

(15)-be beírva (13)-at és (14)-et:

$$\begin{aligned} z_{k-\frac{1}{2}} &= \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{4}{\pi\tau} \frac{(-1)^l}{(2l-1)^2} \left\{ m\tau \left[\left(k - \frac{1}{2} \right) - \left(l - \frac{1}{2} \right) \right] + b \right\} \\ &= \left(k - \frac{1}{2} \right) \frac{4m}{\pi} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^l}{(2l-1)^2} + \frac{4b}{\pi\tau} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^l}{(2l-1)^2} + \\ &\quad + \frac{4m}{\pi} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^l}{(2l-1)^2} \left(l - \frac{1}{2} \right) \end{aligned} \quad (16)$$

A jobb oldal első szummája zérus. Ez azt jelenti, hogy a derivált értéke k -tól független, azaz az operátort akárhová „helyezhetjük” az egyenes mentén, a derivált értéke nem változik. A második szumma szintén zérus. Ez azt jelenti, hogy konstans deriváltja nulla. Nullát kapunk véges hosszúságú operátor alkalmazása esetén is, az operátor antiszimmetrikus tulajdonsága miatt, feltéve, hogy egyenlő számú pozitív és negatív indexű együtthatót alkalmazunk. Az egyenes deriváltjának értékét a harmadik tag adja meg.

Írjuk át ezt a következőképpen:

$$\begin{aligned} \frac{4m}{\pi} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^l}{(2l-1)^2} \left(l - \frac{1}{2} \right) &= m \frac{2}{\pi} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^l}{(2l-1)} (2l-1) = \\ &= m \frac{2}{\pi} \left\{ \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(-1)^{2j+1}}{2j+1} + \sum_{l=1}^{\infty} \frac{(-1)^{l+1}}{2l-1} \right\} = m \frac{2}{\pi} \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} \right] = m \end{aligned} \quad (17)$$

Az egyenes deriváltja tehát m , függetlenül a mintavételezési távolságtól, amint az várható volt.

Véges hosszúságú operátor az m -nek csak jó közelítését adja. Az operátor igen gyorsan cseng le:

$$\begin{aligned} C_{-\frac{3}{2}} &= \frac{1}{9} \\ C_{-\frac{1}{2}} &= -1 \\ C_{\frac{1}{2}} &= 1 \\ C_{\frac{3}{2}} &= -\frac{1}{9} \\ C_{\frac{5}{2}} &= \frac{1}{25} \end{aligned} \quad (18)$$

Emiatt igen rövid operátorral pontos deriválást hajthatunk végre, függetlenül attól, hogy milyen függvénnyel csonkítottunk. Például, ha az operátor 20 adat hosszúságú, a derivált értéke m helyett $0,968 m$. Lényegesebb szerepet kap a csonkítás módja a következő alkalmazásban.

Egysatornás frekvenciaszűrők tervezése

A különböző sávszűrők átviteli tulajdonságainak megfelelő csonkítófüggvény választásával történő javítását fogjuk tárgyalni.

Röviden idézzük az egyes ideális és csonkított szűrők súlyfüggvényeinek és átviteli függvényeinek képleteit.

Felülvágó szűrő:
ideális:

$$\begin{aligned} \text{átviteli függvény: } N_f(f) &= 1 \text{ ha } (f) \leq \frac{F}{2} \\ &0 \text{ ha } (f) > \frac{E}{2} \end{aligned} \quad (19)$$

súlyfüggvény: $n_f(t) = F \text{ sinc } Ft$

csenkített:

$$\text{átviteli függvény: } N_{fcs}(f) = N_f(f) * G(f) \quad (20)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_{f, cs}(t) = n_f(t) \cdot g(t)$$

Az addíciós tétel kimondja, hogy ha:

$$\begin{aligned} F[h_1(t)] &= H_1(f) \\ F[h_2(t)] &= H_2(f) \end{aligned} \quad (21)$$

$$\text{akkor: } F[h_1(t) \pm h_2(t)] = H_1(f) \pm H_2(f)$$

Ennek felhasználásával előállíthatjuk a megfelelő alulvágó szűrő átviteli függvényeit és súlyfüggvényeit.

Alulvágó szűrő:

ideális:

$$\text{átviteli függvény: } N_a(f) = 1 - N_f(f) \quad (22)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_a(t) = \delta(t) - n_f(t)$$

csenkített:

$$\text{átviteli függvény: } N_{a, cs}(f) = [1 - N_f(f)] * G(f) \quad (23)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_{a, cs}(t) = [\delta(t) - n_f(t)]g(t)$$

Ismeretes az eltolási tétel, mely szerint, ha

$$F[h(t)] = H(f) \quad (24)$$

$$\text{akkor } F[h(t \pm \tau)] = H(f)e^{\pm j\omega\tau}$$

A tétel segítségével és (19) felhasználásával tervezhető a sáváteresztő szűrő.

Sáváteresztő szűrő:

ideális:

$$\text{átviteli függvény: } N_s(f) = N_f(f - F_0) + N_f(f + F_0)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_s(t) = n_f(t)e^{-j\omega F_0} + n_f(t)e^{j\omega F_0} = \quad (25)$$

$$\text{csenkített: } = 2 \cos 2\pi F_0 t \cdot n_f(t)$$

$$\text{átviteli függvény: } N_{s, cs}(f) = [N_f(f - F_0) + N_f(f + F_0)] * G(f)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_{s, cs}(t) = 2 \cos 2\pi F_0 t \cdot n_f(t) \cdot g(t) \quad (26)$$

Ismét felhasználva az addíció-tételt, valamint (19)-et a sáv- vagy lyukszűrő átviteli függvénye és súlyfüggvénye megadható.

Lyukszűrő:

ideális:

$$\text{átviteli függvény: } N_l(f) = 1 - N_f(f - F_0) - N_f(f + F_0)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_l(t) = 1 - 2 \cos 2\pi F_0 t \cdot n_f(t) \quad (27)$$

csökkentett:

$$\text{átviteli függvény: } N_{l,cs}(f) = [1 - N_f(f - F_0) - N_f(f + F_0)] * G(f)$$

$$\text{súlyfüggvény: } n_{l,cs}(t) = [1 - 2\cos 2\pi F_0 t n f(t)] \cdot g(t) \quad (28)$$

A fenti képletekben $g(t)$ az alkalmazott csökkentőfüggvény, $G(f)$ a csökkentőfüggvény Fourier-transzformáltja.

Mint láttuk, az átlagnégyzetes kritérium a

$$g(t) = 1 \quad \text{ha} \quad (t) \leq \frac{T}{2}$$

$$= 0, \quad \text{ha} \quad (t) > \frac{T}{2}$$

$$G(f) = T \sin c T_f$$

függvényt mutatta legalkalmasabbnak. Új kritériumunk szerint vannak ennél jobb csökkentőfüggvények is, ezek közül azonban nem választott ki határozottan egyet. Azért, hogy dönthessünk valamelyik csökkentőfüggvény mellett, figyelembe kell vennünk még egy szempontot.

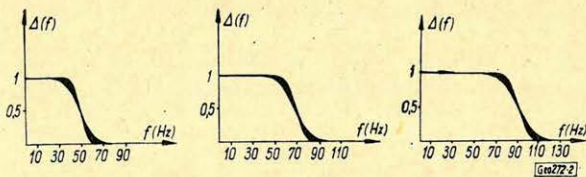
A fenti ideális szűrők mind zérus fáziseltolásúak. Ugyanis átviteli függvényük valós és nem negatív. (A szűrő azokon a frekvenciákon, melyeken valós átviteli függvénye negatív, fázist fordít.) Ha a $g(t)$ csökkentőfüggvény $G(f)$ spektruma – bár $g(t)$ páros volta miatt valós – bizonyos frekvenciákon negatív, a konvolúció eredményeképpen kapott átviteli függvény is lehet negatív. Célszerű ezért olyan csökkentőfüggvényt választani, melynek Fourier-transzformáltja mindenütt pozitív. Ily módon a csökkentett súlyfüggvényű szűrő is zérus fázisú marad. A megvizsgáltak és a jósági kritérium szerint alkalmasnak találtak közül ilyen a

$$g(t) = e^{-at^2}$$

$$G(f) = \sqrt{\frac{\pi}{a}} e^{-\frac{\omega^2}{4a}} \quad (29)$$

Mint a (16), (19) és (21) képletek mutatják, az összes átviteli és súlyfüggvény előállítható (13), ill. (14) felhasználásával. A felülvágó szűrő jó vagy rossz átviteli tulajdonságait így módon örökölni fogja a belőle konstruált többi típus.

A (29) csökkentőfüggvény felhasználásával kaptuk a 2. ábrán látható átviteli függvényeket. A levágási frekvenciák: 50 Hz, 70 Hz és 90 Hz. Mindhárom esetben öt különböző vágási meredekségű szűrőt mutatunk be. A vágás meredekségét az a paraméterrel szabályozhatjuk.



2. ábra. Felülvágó szűrő átviteli függvényei. Levágási frekvenciák: 50 Hz, 70 Hz, ill. 90 Hz

Фиг. 2. Функции передачи фильтра нижних частот. Частоты среза: 50 гц, 70 гц, 90 гц

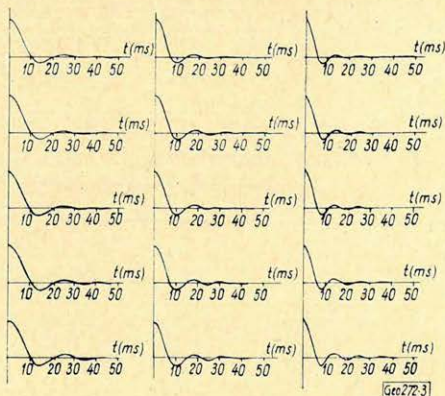
Fig. 2. Überführungsfunktionen eines Tiefpassfilters. Abschneidefrequenzen: 50 Hz, 70 Hz, bzw.

90 Hz

3. ábra. A 2. ábrán látható átviteli függvényekhez tartozó Gauss-féle függvényekkel csontkított súlyfüggvények. Hosszuk 99 msec

Фиг. 3. Весовые функции, срезаемые функцией Гаусса, функций передачи, показанных на фиг. 2. Длина функций 99 msec

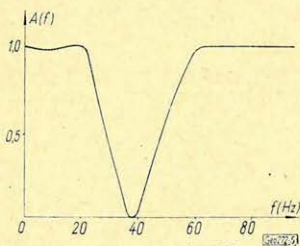
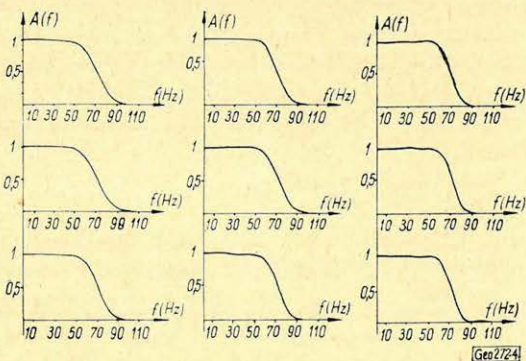
Fig. 3. Die mit der zu den Übertragungsfunktionen der Abb. 2 gehörigen Gauss-Funktion abgestumpften Gewichtsfunktionen. Länge: 99 msec



4. ábra. 70 Hz levágási frekvenciájú felülvágó szűrők átviteli függvényei 69 msec, 74 msec és 89 msec-os súlyfüggvényhossz mellett

Фиг. 4. Функции передачи фильтров нижних частот, при срезе в 70 гц. Длина весовой функции 69 msec, 74 msec, 89 msec

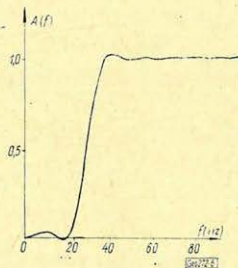
Fig. 4. Übertragungsfunktionen von Tiefpassfiltern mit einer Abschneidefrequenz von 70 Hz, Gewichtsfunktionslänge: 69 ms, 74 ms und 89 ms



5. ábra. Sávvágó szűrő átviteli függvénye. A kiszűrt sáv középpontja 50 Hz, szélessége 20 Hz. Súlyfüggvényhossz: 99 msec

Фиг. 5. Функция передачи режекторного фильтра. Центр полосы задержки 50 гц, ширина полосы 20 гц, при длине весовой функции 99 msec

Fig. 5. Übertragungsfunktion eines Bandfilters. Mittelpunkt des ausgefilterten Bandes: 50 Hz, Breite 20 Hz.



6. ábra. Alulvágó szűrő átviteli függvénye. A kiszűrt sáv 0 Hz - 30 Hz. Súlyfüggvényhossz 99 msec.

Фиг. 6. Функция передачи фильтра верхних частот. Полоса фильтрации 0 гц - 30 гц. Длина весовой функции 99 msec

Fig. 6. Übertragungsfunktion eines Hochpassfilters. Ausgefiltertes Band: 0 - 30 Hz. Länge der Gewichtsfunktion: 99 ms

A súlyfüggvényeket a 3. ábrán mutatjuk be. Hosszuk 99 msec.

A 4. ábrán 50, ill. 70 Hz felvágási frekvenciájú felülvágó szűrő átviteli függvényei láthatók 69 msec, 79 msec, 89 msec hosszúságú súlyfüggvényből számítva.

Az 5. ábrán sávvágó szűrő átviteli függvényét látjuk. A kiszűrt frekvenciasáv középpontja 40 Hz, a sáv szélesség 20 Hz. Súlyfüggvényhossz: 99 msec.

A 6. ábrán alulvágó szűrő átviteli függvényét mutatjuk be. A kiszűrt frekvenciasáv 0 Hz és 30 Hz közé esik. Súlyfüggvényhossz: 99 msec.

Összefoglalás

Az ún. Gauss-féle függvényt csonkítófüggvényként alkalmazva a dolgozat elején felsorolt szűrők súlyfüggvényeire, ez az ilyen típusú szűrőknél rövidnek számító súlyfüggvényekhez az ideálíst igen jól közelítő átviteli függvény megvalósítását teszi lehetővé.

Szűrőtervezéskor alul-, ill. felülvágó szűrőnél kettő, sáv-, ill. lyukszűrőnél 3 paramétert kell megadnunk. Az első esetben az áteresztési, ill. kiszűrés tartomány szélességét megadó F értékét és a csonkítófüggvény „ a ” paraméterét. A második esetben a sáv szélességet megadó F mellett a kiszűrt, ill. átengedett frekvenciasáv középpontját definiáló F_0 érték is rögzítendő, valamint „ a ” értéke, melynek megfelelő választásával állíthatjuk be a vágási meredekséget.

IRODALOM

- R. B. Blackman – J. W. Tukey, 1958: The Measurement of Power Spectra. New York, Dover.
R. Bracewell, 1965: The Fourier Transform and its Applications. New York, McGraw-Hill Book Co, Inc.
Fodor György, 1967: Lineáris rendszerek analízise. Műszaki Könyvkiadó.
Meskó Attila, 1969: Digitális feldolgozás matematikai alapjai. II. kötet, NIMDOK.

Lapszemle

A „Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz” 3. (103) évf. 1970. áprilisi ünnepi számának geofizikai szempontból érdeklődésre számottartó cikkei:

Gyulay Zoltán: Emlékezés (97. old.)

Bese Vilmos – Bándi József: A magyar szénhidrogénipar gazdasági fejlődése a felszabadulás óta (101 – 103. old.).

Dank Viktor – Patsch Ferenc: A magyar szénhidrogén-kutatás és -feltárás 25 éve (104 – 109. old.).

Rövid és teljességre igényt nem is tartó összefoglalása az elmúlt 25 év szénhidrogén-feltárási munkálatainak. A cikk több helyen kitér ugyan a kutatás tudományos részére („elő kutatás” névvel), de pl. az ELGI szerepéről sehol sem tesz említést.

A cikket 20 irodalmi hivatkozás egészíti ki.

*

A „Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat 3. (103.) évf. 3. szám 1970. márciusi számának geofizikai szempontból érdekes cikkei:

Benedek Dénes – Bohus Géza: Korszerű robbantástechnológiák kialakítása a Budapesti Földalatti Vasút munkahelyein (172 – 183 old.).

Geofizikai szempontból érdekes az az összeállítás, mely a terület földtani felépítését tünteti fel a mélységsvélvny grafikus ábrázolásával együtt.

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 reflexiós 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, Rádler, 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 reflexiós 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:

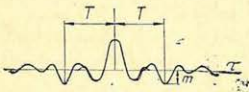
$$\varphi_{gg}^{(1)}(T) = \frac{\Phi_{gg}^{(1)}(T)}{\Phi_{gg}^{(1)}(0)} = \frac{(1+k^2)\Phi_{ss}^{(1)}(T) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(0) + \Phi_{ss}^{(1)}(2T)]}{(1+k^2)\Phi_{ss}^{(1)}(0) - k[\Phi_{ss}^{(1)}(-T) + \Phi_{ss}^{(1)}(T)]}$$

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 –:

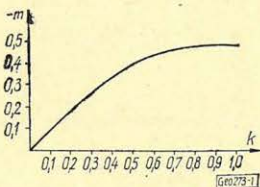
$$m = \varphi_{ss}^{(1)}(T) \approx -\frac{k}{1+k^2}$$

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

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

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

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

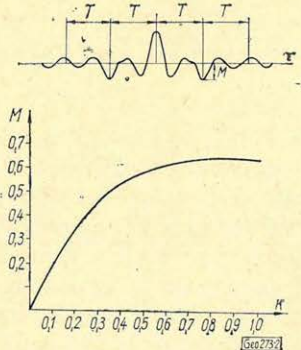
$$M \equiv \varphi_{gg}^{(2)}(T) \approx - \frac{2k(1+k^2)}{(1+k^2)^2 + 2k^2}$$

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 reflexiós együttható összefüggését a 2. ábrán mutatjuk be.

Itt említjük meg, hogy azért gondoltunk a második autokorrelációs függvényből való paraméter-meghatározásra, mert azonos reflexiós 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 reflexiós 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

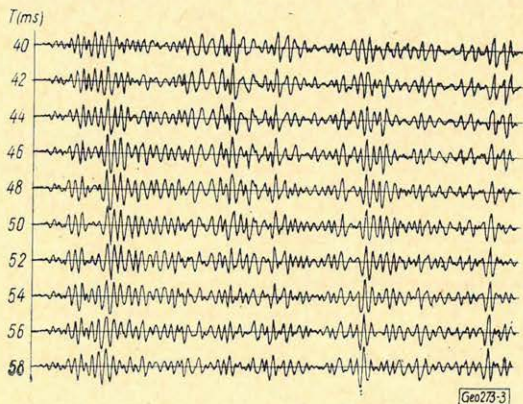
1.2a. Paraméter-meghatározás rendezetlen zaj nélküli csatornából

A szintetikus ghostos csatornákat a

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

képlettel számítottuk. Az $s(t)$, tehát a ghost nélküli csatornát leíró időfüggvény előállítására 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 reflexiós 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

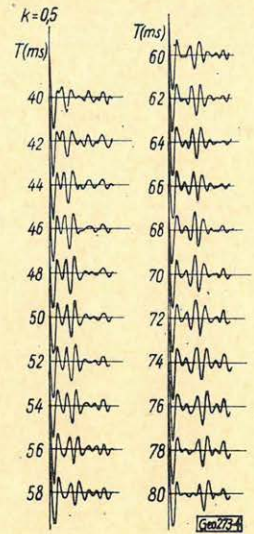
Fig. 3. Ghostkanäle. Reflexionskoeffizient: 0,5; die Ghostverspätung ändert sich in Schritten von 2 ms von 40 ms bis 58 ms

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-

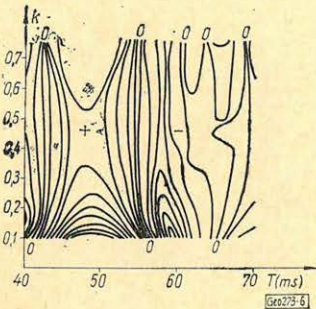
4. ábra. Ghostos csatornák autokorrelációs függvényei. A reflexiók együttható 0,5, a ghost-késés 40 ms-tól 2 ms-os lépésenként 80 ms-ig változik

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



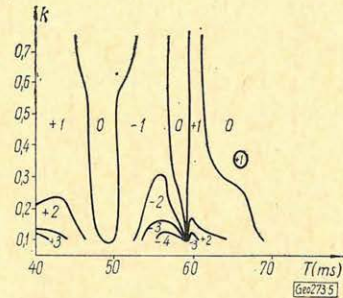
tálási eljárás közelítései miatt azoktól eltérő értékek. A detektálási eljárás hatásosságára éppen az jellemző, milyen nagyságú eltérések vannak T' és T , illetve k' és k között.



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

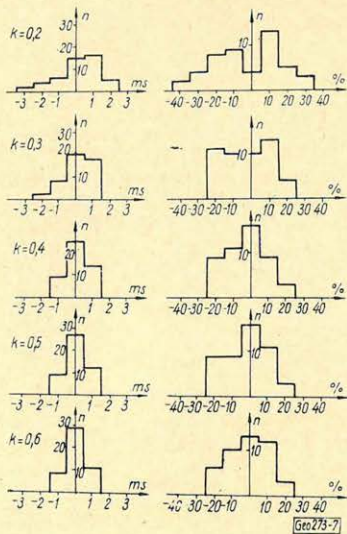
Fig. 5. Differenz zwischen der in der Berechnung des Modellkanals benutzten (T) und der aus der ersten Autokorrelationsfunktion bestimmten (T') Ghostverspätung als Funktion des effektiven Reflexionskoeffizienten (k) und der tatsächlichen Ghostverspätung (T)



6. ábra. Az első autokorrelációs függvényből meghatározott (k') reflexiók együttható relatív hibája a k tényleges reflexiók 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%

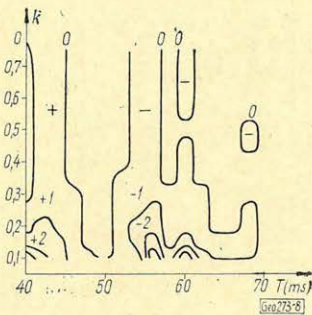


7. ábra. Az első autokorrelációs függvényből való becslés ΔT és $\Delta k/k$ hibáinak gyakorisági hisztogramjai a k tényleges reflexiós együttható különböző értékeire

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

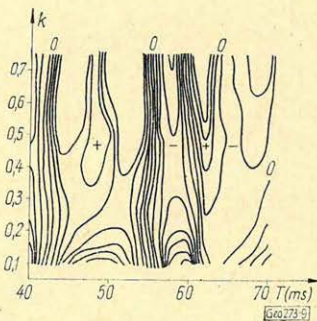
Az autokorrelációs függvényből meghatározott ghost-késés és a reflexiós együttható hibáját a k tényleges reflexiós együttható és a T tényleges ghost késés függvényében az 5. és 6. ábrákon mutatjuk be. Elkészítettük a hibák gyakorisági hisztogramjait $k = 0,2$ -től $0,1$ lépésként $k = 0,6$ -ig. Egy-egy



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%

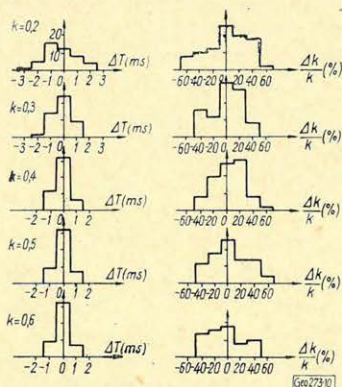
k értékhez a $k \pm 0,05$ reflexiós együtthatóra kapott eredményeket is felhasználtuk, hogy elegendő adatunk legyen statisztikai vizsgálatra. A T ghost-késés meghatározási hibájának és a reflexiós együttható %-os hibájának gyakorisági hisztogramjait a 7. ábrán mutatjuk be. Növekvő reflexiós együtthatóra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

Фиг. 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 $n = 48$, $m = 7,75$,

$s^* = 23,2$.

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

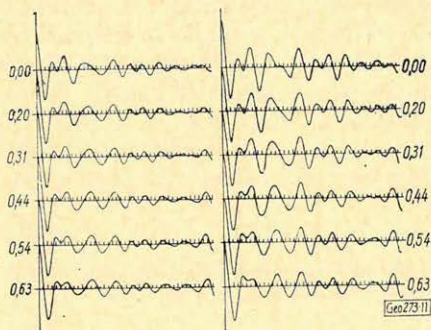
Ez a táblázatban található 2,7 kritikus értéknél kisebb, tehát az a hipotézis, mely szerint a várható érték zérus, 99%-os szinten sem hibás. A várható értékek alapján nem tehető különbség a két módszer között. Ugyanez vonatkozik a szórásokra is. F -próbával ellenőriztük, hogy van-e szignifikáns eltérés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

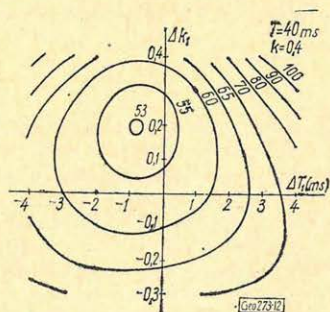
Az, hogy a ghost csatornánk energiáját növelje, csak szükséges, de nem elegendő feltétele a paraméterek pontos meghatározásának.

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.

Egy- és kétsatornás ghost-szűrők hatásosságának vizsgálata

MESKÓ ATTILA – SZULYOVSKY IMRE – VÉGES ISTVÁN – ZELEI ANDRÁS

A ghostparaméterek meghatározására a szeizmikus csatornából különböző módszerek ismeretesek. 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-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 alkalmazták [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	reflexiókoefficiens.
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:

$$10 \dots 0k_1 0 \dots 0k_1^2 0 \dots 0k_1^3 0 \dots$$

$$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{T_1} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{2T_1} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{3T_1}$$

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)

$$\vartheta(T, k, T_1, k_1) =$$

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

$4T$ 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:

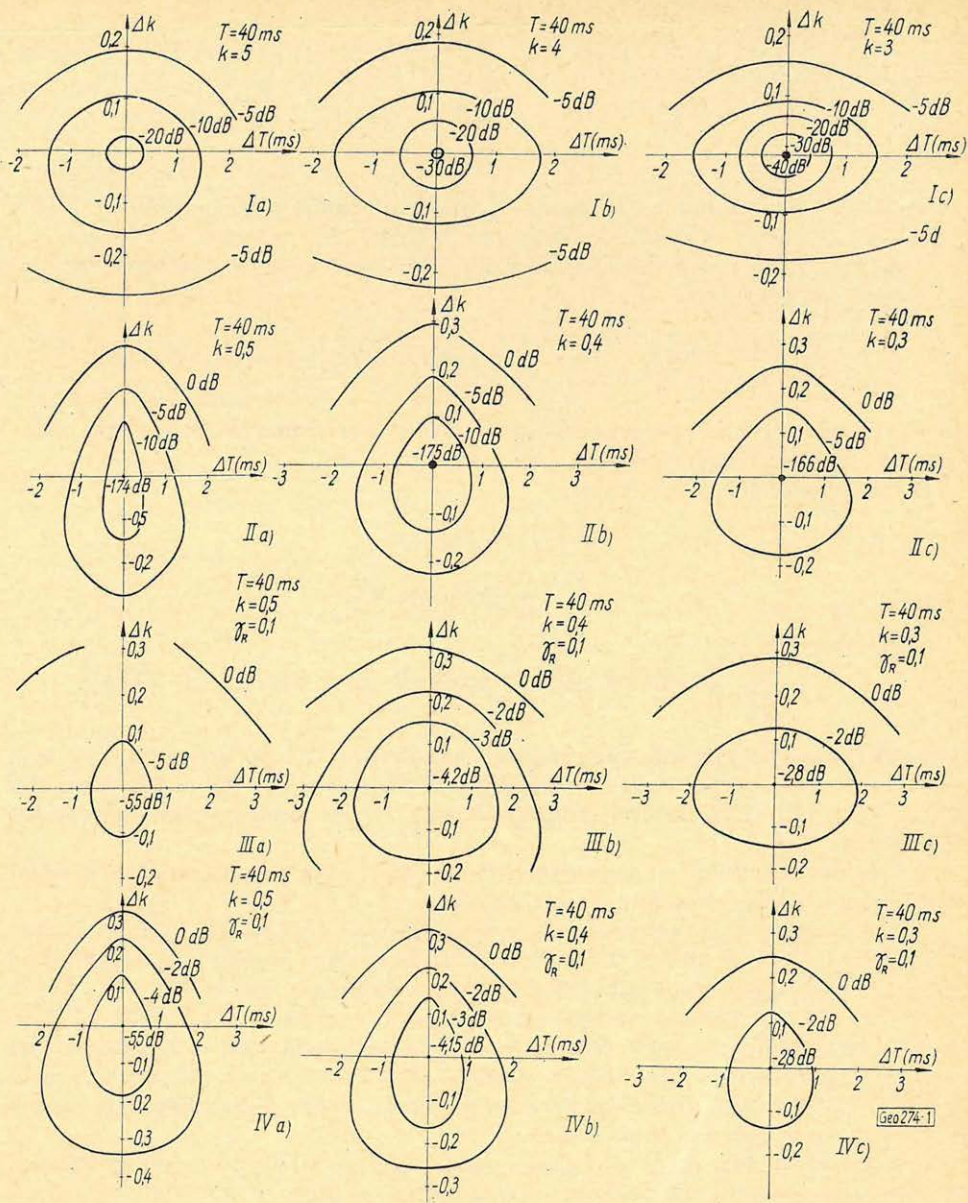
A hatásosság a paraméterhibák növekedésével eléggé gyorsan csökken. Ha T hibája 1 ms, k hibája $0,1$, akkor a hatásosság a pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásosságának átlagában 28 százalékra csökken.

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 szűrő, II. Rekurziós szűrő, III. Lindsey-féle szűrő rendezetlen zaj figyelembevételével, IV. Rekurziós szűrő rendezetlen zaj figyelembevételével, γ_R = rendezetlen zaj/jel energiaarány

Fig. 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, γ_R — отношение энергии случайный шум/сигнал

Fig. 1. Effektivität eines einkanalen Ghostfilters als Funktion der Fehler der Ghost-Zeitdifferenz T und des Reflexionskoeffizienten k . I. Lindsey-Filter, II. Rekursionsfilter, III. Lindsey-Filter mit Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches, IV. Rekursionsfilter mit Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches, γ_R = Energieverhältnis: ungeordnetes Geräusch/Signal

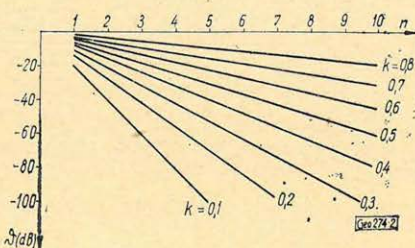
Továbbá látszik, hogy k növekedésével egyre nagyobb hibát engedhetünk meg k meghatározásában amellet, hogy a hatásosság ne csökkenjen egy változatlan érték alá.

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_i^{sz} szűrt csatorna

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

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 ($\theta \gg 1$), 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
		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 kétcsatornás 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

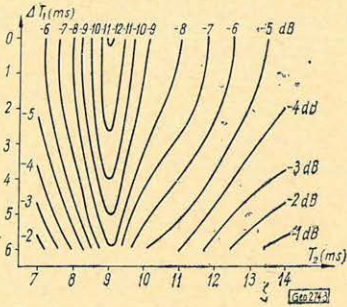
$$\vartheta = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N |a_i(1 + e^{-j2\pi\Delta f T_1})|^2}{\sum_{i=1}^N |a_i(1 + e^{-j2\pi\Delta f T_2})|^2}, \quad (5)$$

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

A wavelet spektrumának csúcshajlóságiájából (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 csúcshajlóságiájú wavelettel végeztünk számítását (3. ábra).



3. ábra. Vertikális stacking hatásossága a ghostreflexiók közötti időkülönbség: T_2 és a jelek közötti időkülönbség: ΔT_1 függvényében

Фиг. 3. Эффективность вертикального МОГТ в зависимости от временного сдвига спутника T_2 и от разности времени сигналов ΔT_1

Fig. 3. Effektivität der vertikalen Stacking als Funktion der Ghost-Zeitdifferenz (T_2) und der Signal-Zeitdifferenz (ΔT_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 (γ_c és γ_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:

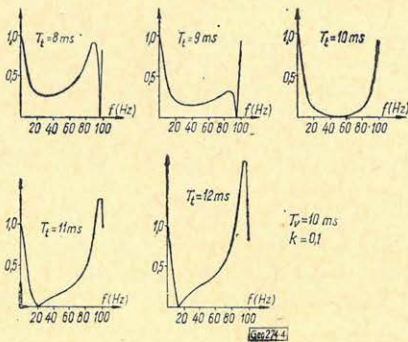
Ha T_v és k állandó és T_t -t változtatjuk, akkor a ghostok közötti időkülönbség mérési hibájának hatását kapjuk a szűrő hatásosságára: 4. ábra. A csil-

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
 γ_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. γ_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, γ_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 γ_c/γ_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):

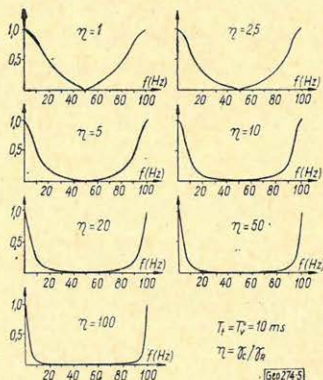
$$\vartheta = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N a_i^2 [Y_{1i} + Y_{2i} e^{-j2\pi i \Delta f T_1}]^2}{\sum_{i=1}^N a_i^2 [Y_{1i} + Y_{2i} e^{-j2\pi i \Delta f T_2}]^2}$$

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

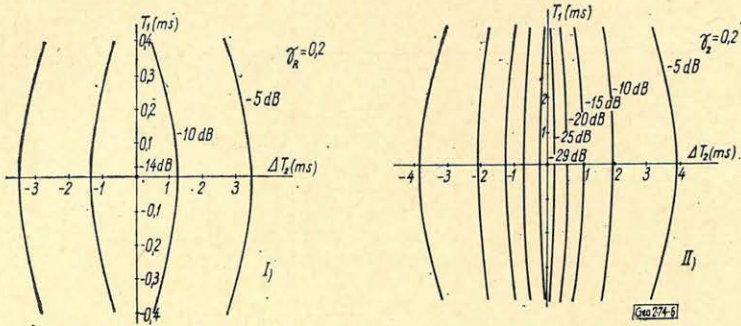
5. ábra. Optimum vertikális stacking ghostenergia-csillapítása különböző ghost/rendszertelen zaj energiaarány (η) esetén

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

Fig. 5. Ghostenergie-Dämpfung der optimalen vertikalen Stacking für verschiedene Werte des Verhältnisses (η) 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 γ_R függvényét a 7. ábra A görbéje mutatja, a B görbe: a szűrés várható értékének γ_R szerinti változása.



6. ábra. Optimum vertikális stacking hatásossága a ghostreflexiók közötti időkülönbség hibájának ΔT_2 és a jelek közötti időkülönbség: T_1 függvényében

- I. a rendezetlen zaj elhanyagolása esetén
- II. rendezetlen zaj figyelembevétele esetén
- γ_R = rendezetlen zaj/jel energiaarány

Фиг. 6. Эффективность оптимального вертикального МОГТ в зависимости от величины ошибки временного сдвига спутника ΔT_2 и от используемой в фильтре разности времён сигналов T_1

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

Fig. 6. Effektivität der optimalen vertikalen Stacking als Funktion der Ghostreflexionen-Zeitdifferen: ΔT_2 und der Signal-Zeitdifferenz: T_1 :

- I. im Falle der Vernachlässigung des ungeordneten Geräusches
- II. im Falle der Berücksichtigung des ungeordneten Geräusches
- γ_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 (γ_R) függvényében

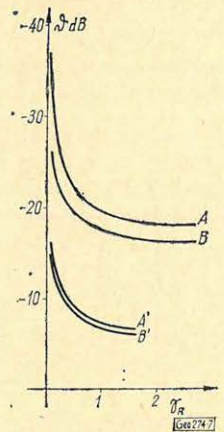
- A és A': pontos paraméterekkel végzett szűrés hatásossága
 B és B': a hatásosság várható értéke
 A és B: a rendezetlen zaj elhanyagolása esetén
 A' és B': rendezetlen zaj figyelembevétele esetén

Фиг. 7. Эффективность оптимального вертикального МОГТ в зависимости от величины отношения энергии случайный шум/сигнал (γ_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 (γ_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 γ_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 γ_R -et csak a szűrőtervezésben vettük figyelembe.

8. ábra. Egy- és kétsatornás ghostsűrés hatásosságának összehasonlítása

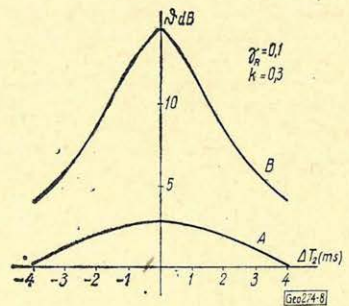
- T = ghost késési idő, ill. a ghostreflexiók közötti időkülönbség
 γ_R = rendezetlen zaj/jel energiaarány
 k = reflexiókoefficiens

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

- T: время запаздывания спутника или разность времён между спутниками
 γ_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
 γ_R – Energieverhältnis: ungeordnetes Geräusch/Signal
 k – Reflexionskoeffizient



Végül hasonlítsuk össze az egy- és kétsatornás ghostsűrők hatásosságát. Ehhez használjuk fel a rendezetlen zaj figyelembevételel 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 ghostszűrők 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 ghostszűrés 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. Суйовски—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

