

A prediktív dekonvolúció tulajdonságai és alkalmazása a szeizmikus gyakorlatban

PUSZTA SÁNDOR*

A cikk ismerteti a GKV szeizmikus kutatásban alkalmazott prediktív dekonvolúciós programjának gyakorlati szempontok szerint végzett vizsgálatának eredményeit. Ismerteti a program paramétereit, jóslási távolság, fehérzaj, operátorhossz, mintavételi távolság, valamint ezek hatását a művelet eredményére.

Megállapítja, hogy a jóslási távolság és a fehérzaj növelése a kimenet felbontottságát csökkenti, határesetben a bemenethez hasonlóvá teszi. Az operátortervezés instabilitásának veszélyét az operátorhossz csökkentésével, illetve az operátor átmintavételezésével csökkenthetjük.

Vizsgálja a csatorna instacionaritásának következményeit, majd javasolja hogy a csatornák közelítőleg stationárius szakaszaira külön operátorokat tervezünk, így az adaptív eljárásoknál is jobb eredményt kaphatunk.

A művelet jellemzésére, a szelvények adott tér-idő tartományra számított amplitúdóspektrumának, valamint a csatorna adatok abszolút értékének bemenethez képesti megváltozását használja.

В докладе рассматриваются результаты практических исследований предсказывающей деконволюции в Геофизическом предприятии. Анализируются параметры программы: интервал прогноза, белый шум, длина оператора, шаг дискретизации и их влияние на результаты операции.

Устанавливается, что увеличение интервала прогноза и белого шума снижает разрешимость на выходе и в предельном случае делает подобной входу. Опасность неустойчивости оператора можно сократить, укорачивая длину оператора или изменяя шаг дискретизации оператора.

Описываются последствия нестационарности канала, предлагается выбирать операторы раздельно на приблизительно стационарные части канала, что может дать более хорошие результаты и при адаптивной деконволюции. Для характеристики операции используются профили на входе и выходе, изменение по отношению к данным на входе средней величины амплитудного спектра, вычисленного для данного участка профиля и средней величины абсолютных значений данных канала.

The study reviews the conclusions of the research on the predictive deconvolution program used in the seismic data processing at GKV. In the course of the investigation practical viewpoints were kept in mind. The program parameters e. g. prediction distance, white noise, operator length, sampling rate as well as their impact on the output are described.

It is pointed out that the increase of the prediction distance and of the white noise level decreases the resolution of the output and in marginal case it makes the output become similar to the input. The danger of the instability of the operator can be lessened by its shortening and by resampling of it respectively.

The consequences of the instationarity of the traces are discussed and the division of the traces into stationary parts as well as the design of different operators for each time window are proposed. Doing so we can get better results even than the results of the adaptive methods.

To qualify the effect of the method the relative change of the amplitude spectra computed over a given space-time window of the output comparing to that of the input is used.

A cikk ismerteti a Geofizikai Kutató Vállalat szeizmikus kutatásában alkalmazott prediktív dekonvolúciós program gyakorlati szempontok szerint végzett vizsgálatának eredményeit. Célunk, hogy a dekonvolúciós programok felhasználói számára olyan szemléletet nyújtsunk, amely segít a művelet minél teljesebb megértésében, a művelet eredményének értékelésében és ezáltal a paraméterek helyes megválasztásában. Ez a szemlélet döntően információelméleti statisztikai alapokon nyugszik.

* GKV, Budapest

A cikkben alkalmazott tárgyalásmód heurisztikus, nem törekedve matematikai precizításra mellőztük a képletek használatát. Reméljük, hogy ez nem gátolja, hanem éppen elősegíti a lényeg megértését.

A szeizmikus kutatás során a mesterségesen keltett rezgéshullámot a mélybeli visszaverődések után a felszínen észleljük. A gerjesztési hullámok (wavelet) kiterjedése általában nagyobb, mint a kutatott réteghatárok időbeli távolsága, így e hullámok interferenciáját mérhetjük. A vizsgált geológiai szerkezetről kapott kép bonyolult lesz. Ezért fontos a mért adatokat úgy átalakítani, hogy a kiterjedt gerjesztési hullámok helyett rövidebbek alkossák a csatornát, miáltal a nemkívánatos interferenciák csökkennek. Ezt a célt a dekonvolúció műveletével kívánjuk elérni.

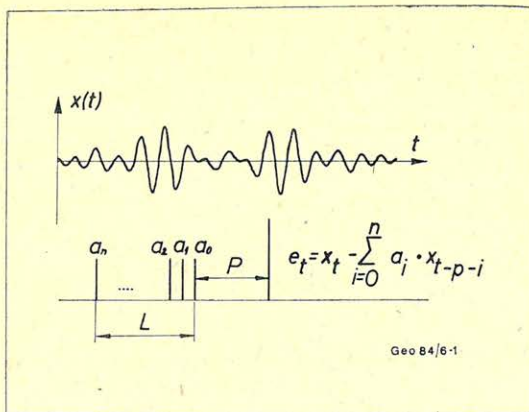
A dekonvolúciót sokféle módszer szerint végezhetjük. A továbbiakban csak a jóslási hiba számításán alapuló egyik eljárást vizsgáljuk. Ennél a módszernél a csatorna adatok x_i lineáris kombinációját képezzük az a_i együtthatósorozattal, melyet úgy választunk, hogy a $-p$ időtávolságban (jóslási távolság) levő adat értékére kapjunk átlagnégyzetes értelemben optimális jóslást. A jóslt értéket kivonjuk a mért adatból, $-e_i$ vagyis a jóslás hibája lesz a kimenet.

Ha valamely időpontban új jel érkezik a csatornára, azt, mivel korábban nem volt tudomásunk róla, nem is jósolhattuk meg. A kimenet – a jóslás hibája – közelítőleg az új jel értékével lesz egyenlő. Amint mind többet „látunk” a beérkező hullámból, annál biztosabban jósolhatjuk meg a további lefutását. A jóslás pontosabbá válik, a kimeneten ezért egyre kisebb értékek keletkeznek. Az eredmény tehát, a gerjesztési jelalak rövidülése, a szelvény felbontottságának növekedése. Mindez jelentősebb információvesztés nélkül történik. Ugyanis annak az eseménynek, hogy egy adott időpontban adott amplitúdójú jel érkezik a csatornára, bekövetkezési valószínűsége kicsi, az információtartalma nagy. Annak az eseménynek, hogy a jel lecsengése az ismert szabályosság szerint zajlik, a valószínűsége nagy, az információtartalma kicsi. A lecsengés emiatt a csatorna jósolható komponensét alkotja, így eltávolítható. [1], [2], [3].

A prediktív dekonvolúció előbb vázolt működését a TVPDC nevű program felhasználásával vizsgáltuk. A TVPDC szűrőegyütthatóit az optimumszűrőknél ismert egyenletrendszer megoldásával állítja elő [6]. Az optimum feltétele, hogy a jóslási hiba energiája minimális legyen. Először a program azon paramétereivel foglalkozunk, melyek a jósló algoritmust jellemzik. Ezek a következők:

- P (ms): jóslási távolság
- L (ms): operátorhossz
- N (%): fehérzaj
- $DELTA$ (ms): az operátor számításánál alkalmazott mintavételi köz

P és L jelentése az 1. ábra alapján világos. Magyarázatra szorul még N és $DELTA$. Előbbi a csatornából számított autokorrelációs mátrix főátlójában álló elemek N százalékkal történő növelését jelenti. A fehérzaj hozzáadás egyik célja az optimumszűrő egyenlet stabilizálása. A fehérzaj másik – talán még fontosabb – szerepével később foglalkozunk. Ugyancsak a stabilitás feltételeként fogalmazható meg az, hogy a bemeneti energiaspektrum maximális és minimális értékének hányadosa ne legyen nagy szám [4]. A szeizmikus csatornák energiája azonban a magasabb frekvenciák felé rohamosan csökken, így az előbbi elvárásunk nem teljesül. Kompenzálást jelenthet a Nyquist frekvencia csökkentése. Megvalósítása az adatrendszer ritkításával történik, amit a $DELTA$ paraméterrel írhatunk elő. A dekonvolúció eredményére az említett paramétereken kívül az operátor



1. ábra. A dekonvolúció műveletének szemléltetése

Рис. 1. Схема операции деконволюции

Fig. 1. The deconvolution is shown pictorially

tervezéséhez kijelölt időablak választása is hat. A TVPDC lehetővé teszi, hogy különböző ablakokból számítsunk operátort, az ablakon belül egyféle szűrőt alkalmazzunk, az ablakok határánál a szűrési hatást lineárisan interpoláljuk. Az itt közölt kísérleteknél a TVPDC-nek öt darab, egyenként 1000 ms hosszúságú, egymást 200 ms-ban átfedő időablakot jelöltünk ki, melyek közül az első 500 ms-nál kezdődött. A szűrőátmenet az egyik ablakból a másikba 200 ms hosszan történt.

Vizsgálataink során összehasonlítás céljából használtuk a DEKON nevű programot. A DEKON a prediktív dekonvolúciót autoadaptív módon megvalósító program, melyben a jósló operátor mintáról mintára változhat, így alkalmas a szeizmikus jel jellegbeli változásának követésére. [7].

A program paramétereit:

P (ms): jóslási távolság

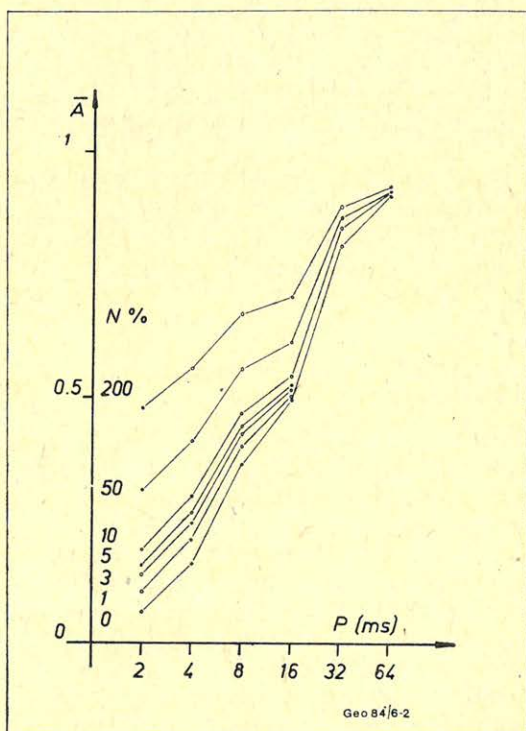
L (ms): operátorhossz

A vizsgálatok körülményeiről:

A TVPDC, a DEKON, valamint a többi nem említett, bár a vizsgálatokhoz nélkülözhetetlen program a Geofizikai Kutató Vállalat RDS – 500 számítógépének, GEOMAX programrendszere alatt működött.

A dekonvolúció bemenetét robbantásos jelgerjesztésű, 2 ms mintavételi közű mérési anyag 24-szeres fedésű stacking szelvénye szolgáltatta. Az összegezés előtti műveletek: gömbi szóródást kompenzáló amplitúdó korrekció, statikus és dinamikus korrekció. Azzal, hogy nem a regisztrált csatornákat, hanem a stacking szelvényt választottuk a vizsgálathoz azt kívántuk elérni, hogy egységesebb legyen a bemenet jel-zaj viszonya. A szelvények megjelenítéséről: mint később látni fogjuk, a különféle paraméterekkel végzett dekonvolúció igen eltérő amplitúdójú szelvényeket eredményezett. A kirajzolás korlátozott dinamikája szükségessé tette, hogy a csatornákat közös átlagos amplitúdóértékre hozzuk. A csatorna adatokat olyan számmal szoroztuk, hogy az átlagos abszolút amplitúdóérték az 500–2500 ms csatornaszakaszon a jól látható megjelenítéshez szükséges érték legyen.

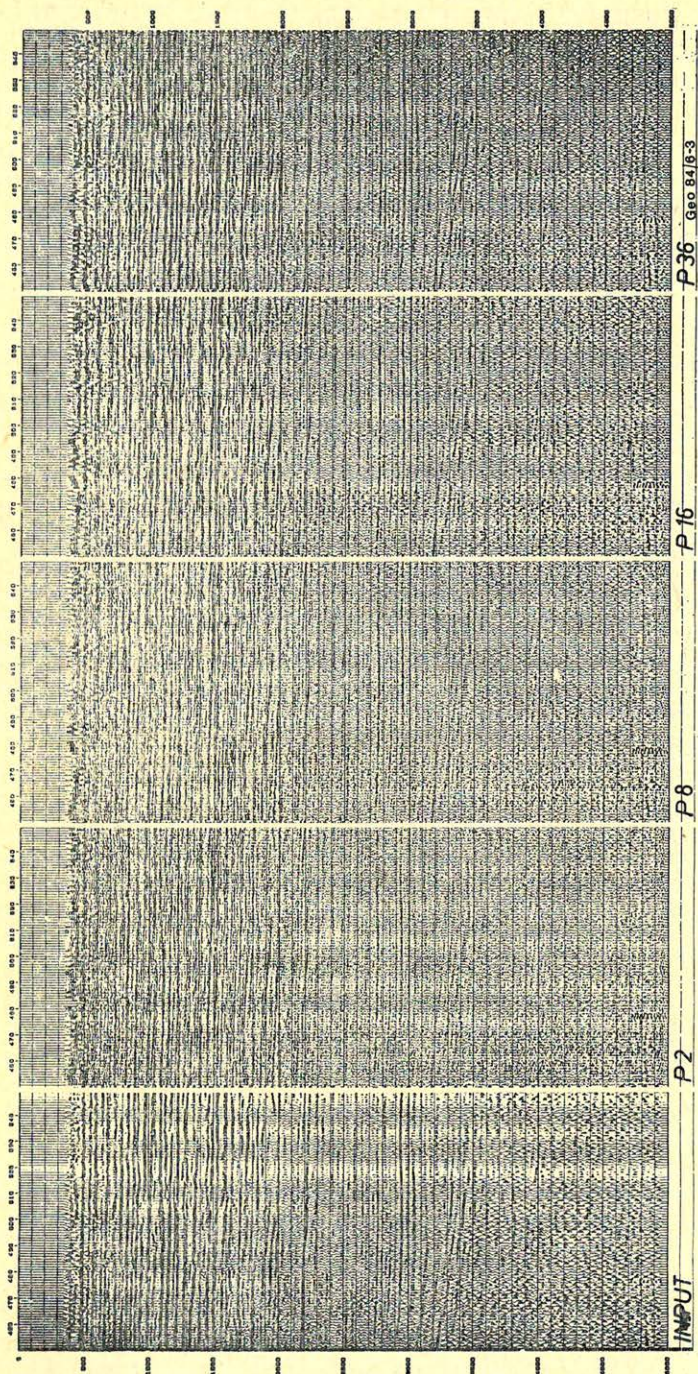
Az előzőekben már említettük, hogy a dekonvolúció közelítőleg változatlanul hagyja a beérkező hullámcsomagok elejét – a jóslhatatlan komponenst, és csupán a lecsengő részt – a jóslható komponenst csökkenti. Szeretnénk, ha a dekonvolúció minél jobban csökkentené az utóbbi és minél kevésbé az előbbi amplitúdóját, hogy az, az egyébként szintén jóslhatatlan zajhátterétől elkülönüljön. Célunk tehát kettős: csökkenteni a gerjesztő jel hosszát, ugyanakkor elkerülni a jel-zaj viszony nagy romlását: Mivel a dekonvolúció során a bemenetből levonjuk a jel egy részét, a kimenet energiája a bemenethez képest csökken. Ez a csökkenés általában a jel rovására történik, ezért a művelet hatására a jel-zaj viszony romlik. A jel-zaj viszony változása így nyomon követhető a bemenet és kimenet energiájának vagy átlag abszolút amplitúdójának vizsgálata révén. A dekonvolúció jel-zaj viszonyra gyakorolt hatásának kvantitatív jellemzésére e dolgozatban a kimenet energiája helyett, annak adott tér-idő ablakon vett abszolút értékeinek átlagát \bar{A} -t hasonlítottuk a bemenet megfelelő értékéhez. Emellett \bar{A} megváltozása nyilván jellemző a jóslás pontosságára, és globálisan jellemzi a művelet csatornára gyakorolt hatásának mértékét. A dekonvolúció jelösszehúzó tulajdonsága a kimenet spektrumának kiszélesedésében mutatkozik. Ezt a hatást a bemenet és kimenet amplitúdóspektrumainak összevetésével értékelhetjük. Hangsúlyozzuk, hogy a „jelösszehúzó hatás” kifejezés által sugallt



2. ábra. \bar{A} függése a jóslási távolságtól és a fehérzajtól

Рис. 2. Зависимость \bar{A} от интервала прогноза и белого шума.

Fig. 2. \bar{A} versus the prediction distance can be seen



3. ábra. A bemeneti stacking szelvény és különböző jósági távolsággal dekonvolvált szelvények P2, P8, P16, P36, N = 1%, L = 200 ms

Рис. 3. Профиль на входе и профили деконволюции с различным интервалом прогноза

Fig. 3. The input stacking section and the deconvolved outputs. Parameters are: P2, P8, P16, P36, N = 1%, L = 200ms.

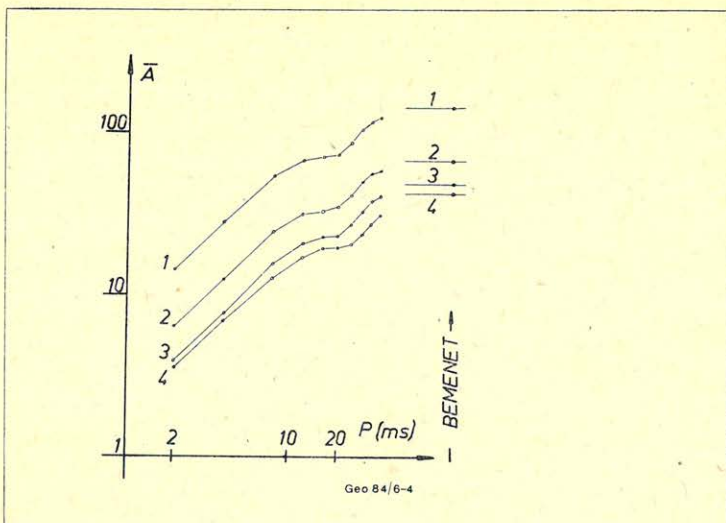
szemlélet téves. A jel rövidülése mindig a jel egy részének levonása útján realizálódik, a probléma éppen az, hogy eldöntsük, mennyit érdemes levonni. Az eredményes dekonvolúciótól azt várjuk, hogy a kimenet spektruma széles legyen.

Különböző jöslási távolság és fehérzaj érték mellett végeztettük a dekonvolúciót a TVPDC programmal. A kapott csatornákból \bar{A} értéket számítottunk. Ennek az említett paramétereiktől való függését mutatja a 2. ábra. Az \bar{A} tengelyt úgy skáláztuk, hogy a bemenet értéke 1 legyen. \bar{A} értékét 99 stacking csatorna 500 – 1500 ms-os ablakából számítottuk. Érdemes észrevenni, hogy \bar{A} értéke mind N , mind P függvényében monoton nő, valamint létezik több olyan fehérzaj – jöslási távolság kombináció, melyek azonos átlag abszolút amplitúdó értéket eredményeznek. Látható az is, hogy különböző paraméterek esetén az \bar{A} értékekben nagyságrendnyi különbségek adódhatnak.

A 3. ábrán balról jobbra a bemenet, majd a 2, 8, 16, 36 ms-os jöslási távolsággal végzett dekonvolúció által kapott szelvények vannak. Itt a fehérzaj 1%, az operátorhossz 200 ms volt. Megfigyelhetjük, hogy míg $P = 2$ ms esetén erősen felbontott magas frekvenciás horizontokat találunk, addig P növekedésével a felbontás csökken, az alacsonyabb frekvenciájú, kiszélesedő szintek követése bizonyos időknél könnyebbé válik. Más időknél épp a csekély felbontás miatt csak zavaros interferenciakép az eredmény. A $P = 36$ ms értékkel végzett dekonvolúciót bemutató szelvény erősen hasonlít a bemenetre. Az említett jellegzeteségek a szelvény mélyebb és magasabb részein egyaránt fellelhetők. Ezt igazolja a 4. ábra. Itt \bar{A} -nak P -től való függése tanulmányozható az amplitúdóvizsgálati ablak helyével paraméterezve. Az 1-től 4-ig számozott ablakok a következők voltak: 500 – 1500, 1500 – 2500, 2500 – 3500, 3500 – 4500 ms. A különböző időablakok a bemeneten különböző jeleket tartalmaznak, a függés jellege mégis minden ablakra azonos. Az 5. ábrán a 0, 5, 10, 50% fehérzaj, valamint $P2$, $L200$ paraméterrel végzett dekonvolúció eredményei láthatók. Ebben az esetben is olyan jelenséget tapasztalunk, mint amelyet a jöslási távolság változásánál láttunk. A fehérzaj növelésével a kimenet egyre inkább hasonlít a bemenetre, bár ez a tendencia most mérsékeltebb mint a jöslási távolság változtatásakor. Ez összhangban van a 2. ábra tartalmával, ami szerint P változása hat erősebben a műveletre. Eddig néhány dekonvolúciós paraméter által kapott időszelvényt tanulmányozhattunk. A 6. ábrán a különböző P és N paraméterrel dekonvolváltszelvény szakasz 500 – 2500 ms időtartományából számított amplitúdóspektrumainak 99 csatornájából származó átlagát mutatja. A rajzok a spektrumok maximális értékeire vannak normálva. Az első sorban a bemenet, a többiben az $N = 0, 1, 3, 4, 5, 10, 50, 200\%$ fehérzaj értékkel végzett dekonvolúció utáni spektrumok vannak. Az egyes oszlopokban balról jobbra a P paraméter változik 2, 4, 8, 16, 32, 64 ms értékkel. A spektrumot tagoló vonalak 20 Hz-es frekvenciaközöket jelölnék. A bemenet a 10 – 40 Hz-es tartományban számottevő, 60 Hz-en felül a kirajzolhatósági határ alatt van. A 6. ábra két véglete: a kis P és N értékhez tartozó spektrum széles (10 – 110 Hz), a nagy P és N értékhez tartozó nagyon hasonlít a bemenetéhez. A spektrumok jellegében tapasztalt változás összhangban van az időszelvények alapján várttal.

Megfigyelhettük ezt az érdekes tendenciát, hogy mind a jöslási távolság, mind a fehér zaj növelése esetén a dekonvolúció kimenete egyre inkább hasonlít a bemenetnek.

Látszólag az N és P paramétereknek nincs közük egymáshoz, mégis belátható, hogy a két jelenség háttere azonos, mindkét esetben a jöslás feladatának

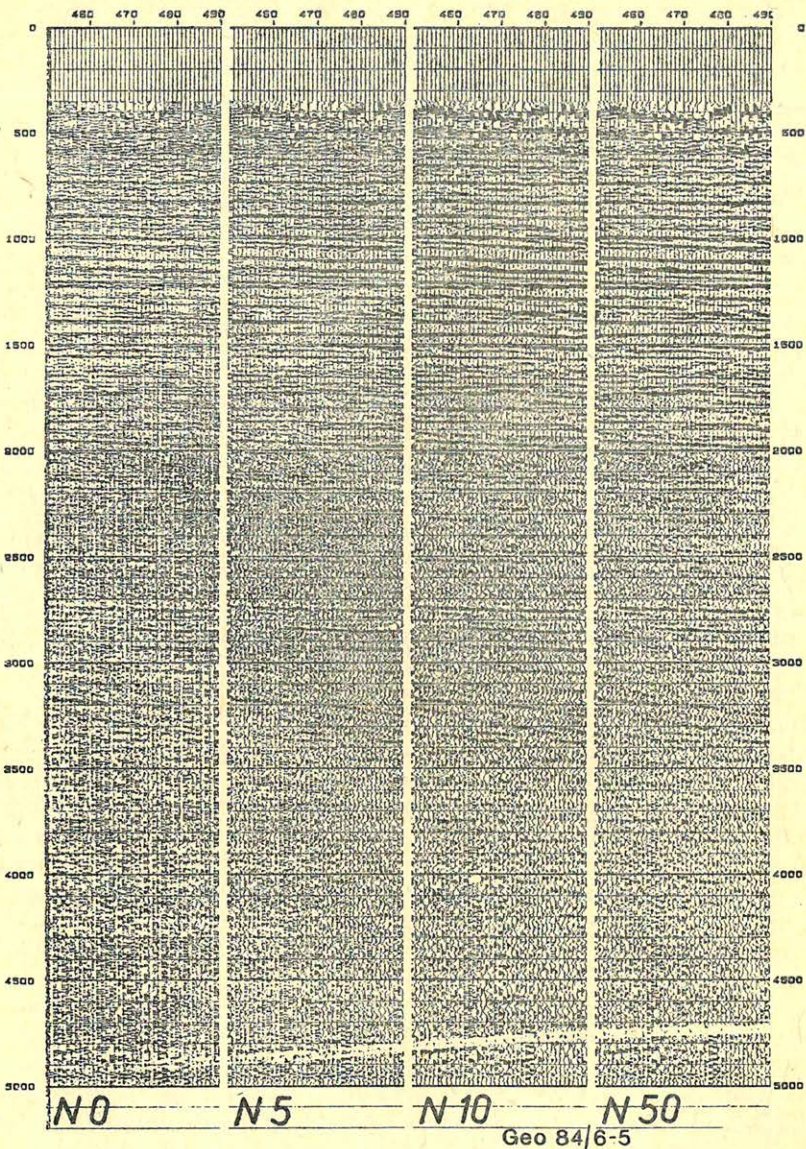


4. ábra. \bar{A} függőse a jóslási távolságtól, különböző időablakokban vizsgálva

Рис. 4. Зависимость \bar{A} от интервала прогноза в различных временных окнах

Fig. 4. \bar{A} as the function of the prediction distance computed in different time-windows.

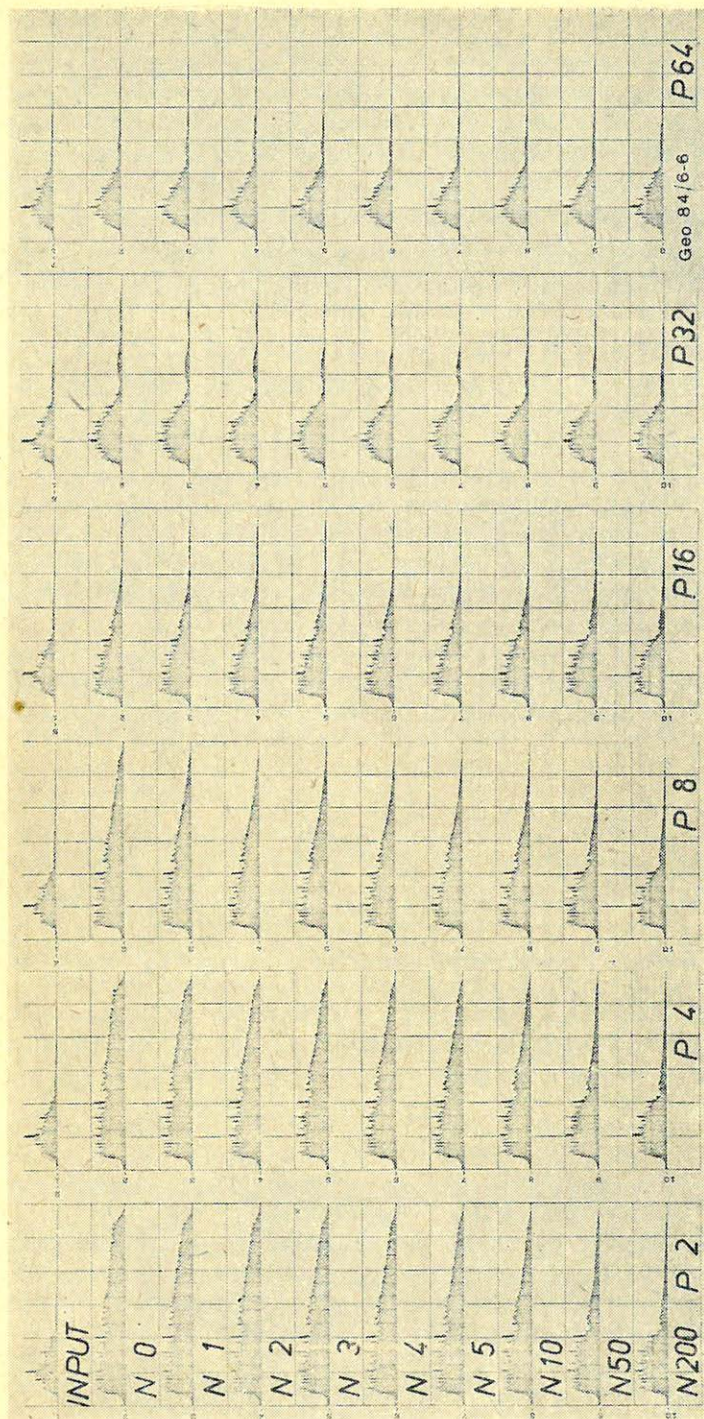
megnevezéséről van szó. P esetében a helyzet viszonylag egyszerű. Világos, hogy messzire jóslni nehezebb, mint közelre, az egymástól távol eső csatornaadatok között egyre kisebb az oksági kapcsolat, a korreláció. Növekvő P esetén a jósláshoz rendelkezésre álló információ csökken, a jósló értékek megbízhatósága egyre kisebb. A fehér zajról szemléletesen a következőt mondhatjuk. E paraméter a jósló algoritmus számára azt jelenti, hogy a csatornaadatokat N százalék korrelálatlan zaj terheli. A csatornaadatok hibája miatt pedig nyilván a belőlük készített jóslás is megbízhatatlanná válik. Növekvő N esetén a jósló algoritmus a csatornaadatoknak egyre kevesebb információtartalmat tulajdonít, és „arra számít”, hogy a jósló értékek megbízhatósága csökken. Első gondolatunk ezek után az lehet, hogy nem lesz-e nagy P vagy N mellett a dekonvolúció instabil a jóslás megbízhatatlansága miatt. Érdekes módon a helyzet éppen fordított. Jósló algoritmusunk ugyanis legkisebb négyzetes értelemben optimális, ezért „óvakodik” attól, hogy kiugróan nagy hibákat kövessen el. Ennek eredményeként minél kevesebb információ alapján készít jóslást (nagy N , vagy P esete), annál „óvatosabb” lesz, és annál kevésbé fognak a jósló értékek eltérni a csatornaadatok átlagától, azaz 0-tól. Az, hogy „óvatos viselkedés” valóban az átlag körüli értékek jóslása, a következő tételből adódik: Egy valószínűségi változó második momentumai közül a várható értékre vonatkozó a legkisebb. Fizikai analógia: Párhuzamos forgástengelyekre vonatkozó tehetetlenségi nyomatékok közül a súlyponton áthaladó tengelyre vonatkozó a legkisebb. Mivel a kimenet egyenlő a bemenet és a jósló értékek különbségével, 0-tól csak kevéssé eltérő jósló értékek esetén a bemenet és a kimenet hasonló lesz. Ilyen értelemben N és P növelésével a dekonvolúció művelete stabilizálható. Megjegyezzük, hogy N most bemutatott stabilizáló hatása sokkal fontosabb, mint az optimumszűrő egyenlet megoldására kifejtett stabilizáló hatás. Egyszerűen belátható, hogy a



5. ábra. Különböző fehérzaj értékekkel dekonvolvált szelvények N0, N5, N10, N50, $P = 2\text{ms}$, $L = 200\text{ms}$

Рис. 5. Профили деконволюции с различной величиной белого шума: N0, N5, N10, N50, $P = 2\text{мс}$, $L = 200\text{мс}$.

Fig. 5. Deconvolved sections. The white noise levels are: N0, N5, N10, N50. The prediction distance $P = 2\text{ms}$, the operator length $L = 200\text{msec}$.



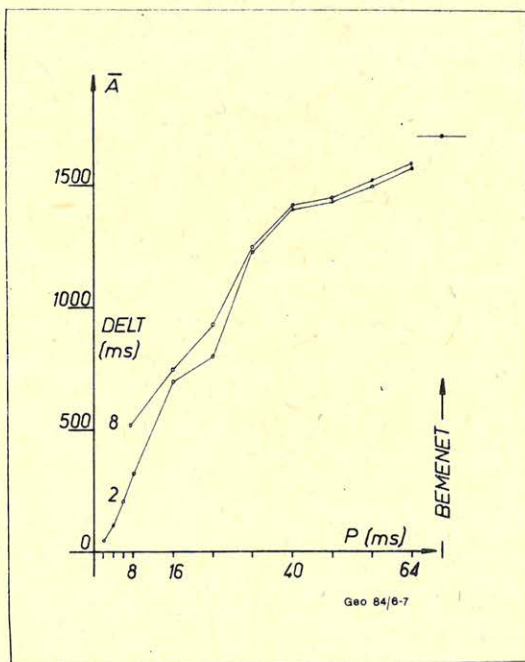
6. ábra. Amplitúdóspektrumok a jósági távolság és fehérzaj függvényében

Рис. 6. Амплитудные спектры в зависимости от интервала прогноза и белого шума

Fig. 6. Amplitude spectra versus the prediction distance as well as the white noise level are shown

kimeneti csatorna energiája kisebb, mint a bemeneté. A jóslás ugyanis átlagnégyzetes értelemben optimális ezért a jóslási hiba négyzetösszege (a kimenet energiája) kisebb, mint a mindig rendelkezésre álló azonosan nulla jóslás hibájának négyzetösszege (a bemenet energiája). Általában ez a reláció a megfelelő csatornák átlag abszolút amplitúdóira is teljesül, sőt a 2. ábra szerint az amplitúdók akár egy nagyságrenddel való csökkenése is előfordulhat. Egységnyinek tekintve a bemenet átlag abszolút amplitúdóját, a kimenet \bar{A} értéke egyben \bar{A} relatív megváltozását is mutatja. Általában tehát teljesül a $0 < \bar{A} < 1$ reláció (a felső korlát nem mindig jó, mert a jósló operátor nem \bar{A} minimuma, hanem az átlagenergia minimuma szerint optimális). Láttuk, hogy \bar{A} -nak 1-hez közeli értékei esetén a bemenet és kimenet alig különbözik, ekkor tehát a művelet hatástalan. \bar{A} kis értékei esetén a kimenet jel-zaj viszonya θ -hoz tart. Mivel nem kedvező, ha a kimenet \bar{A} értéke a zajszint közelébe kerül, célszerű stabilizálni a műveletet N és P beállításával.

A dekonvolúciós paraméterek kiválasztásánál tehát törekedni kell arra, hogy a kimeneti \bar{A} érték a zajszintnél nagyobb, ugyanakkor a spektrum elég széles legyen. Az alkalmas kompromisszumot a kutatási célkitűzés ismeretében a feldolgozást végző geofizikus állapíthatja meg. Eldöntendő még, hogy ezt a kompromisszumot milyen $N-P$ kombinációval érjük el. Az alkalmas $N-P$ kombinációt a 2. és 6. ábra segítségével választhatjuk ki. A 2. ábrán kijelölhetők



7. ábra. \bar{A} függése a mintavételezéstől

Рис. 7. Зависимость \bar{A} от шага дискретизации

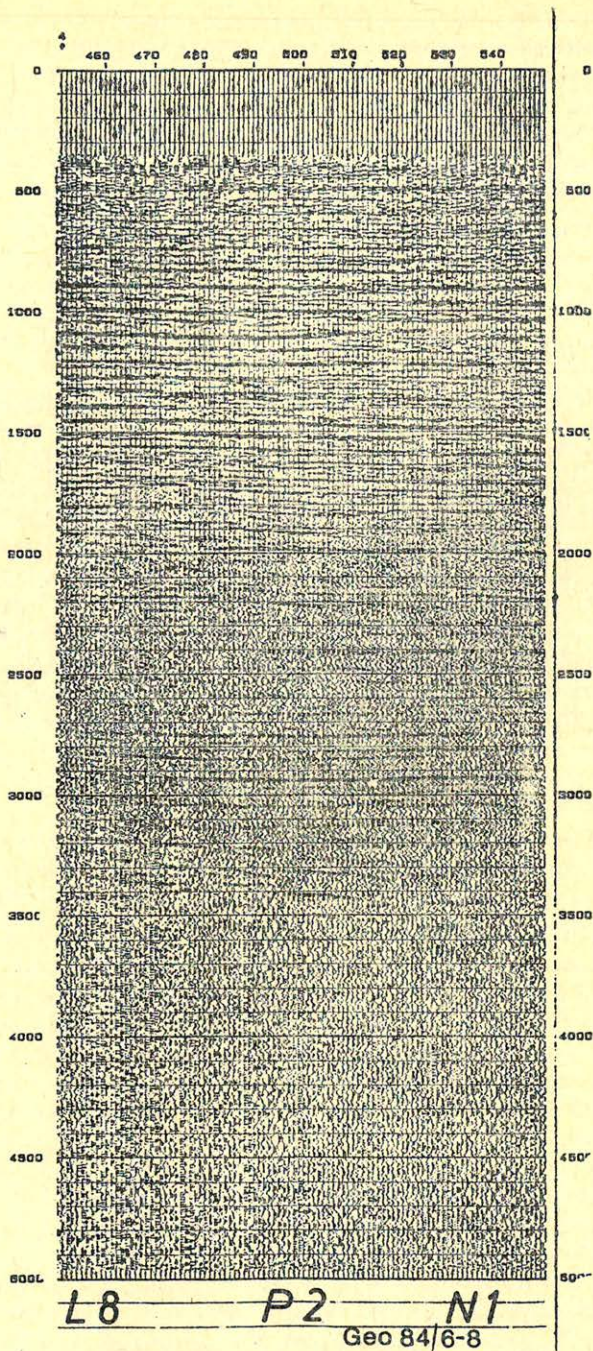
Fig. 7. \bar{A} as a function of the sample rate.

azok az $N-P$ pontok, melyeknél \bar{A} , csökkenése még megengedhető, majd az előbbi $N-P$ pontokhoz tartozó amplitúdóspektrumok összevetésével kiválasztható legkedvezőbb $N-P$ pár.

Az előzőkben már említettük, hogy az operátorszámítási eljárás stabilizálása céljából gyakran alkalmaznak a Nyquist frekvencia csökkentését, amit az operátor mintavételi közének növelésével érhetünk el. Az eddig bemutatott dekonvolvált szelvényeknél a csatorna és az operátortervezés mintavételi köze 2 ms volt. A 7. ábra segítségével \bar{A} -nak P függését tanulmányozhatjuk 2 és 8 ms-os operátor tervezése esetén. Itt a dekonvolúciót megelőzte egy felülvágó szűrési művelet, melyet mindkét esetben 8 ms-os mintavételnek megfelelő határfrekvencia figyelembevételével végeztünk. A két görbe a nagyobb jöslási távolságok esetén együtt halad, a művelet eredményében nincs különbség, eltérést csak kis P értékeknél tapasztaltunk.

Megvizsgáltam az operátorhossz paraméter hatását a dekonvolúcióra. Megállapítottam, hogy 8 és 200 ms értékek között választott, növekvő operátor hosszak esetén az \bar{A} értéke 10%-nál kevesebbet csökken. Ez azt jelenti, hogy igen kis elemszámú operátorral is eredményesen végezhetjük a dekonvolúció műveletét. A 8. ábrán a 8 ms-os operátorhossz, és $P2$, $N1$ paraméterekkel végzett dekonvolúció eredménye látható. Érdekes ezt összehasonlítani a 3. ábra második szelvényével, melynek operátorhossza 200 ms és ugyancsak $P2$ és $N1$ paraméterrel volt megadva. A két szelvény nagyon hasonló. A köztük levő különbségek kisebbek, mint amit a jöslási távolság szélsőséges megváltoztatása létrehoz. Ha az operátorszámító eljárás stabil eredményre vezet, a dekonvolúciós szűrő egyoldalú, minimumfázisú függvénye lesz az időnek. A minimumfázisúság azt jelenti, hogy adott amplitúdóspektrum mellett a lehetséges függvények közül ennek lesz a leggyorsabb az energiafelhalmozódása. Az operátor a nagy első elemek után általában gyorsan csökken. Ez magyarázza azt, hogy az operátorhossz választásra kevésbé érzékeny a művelet.

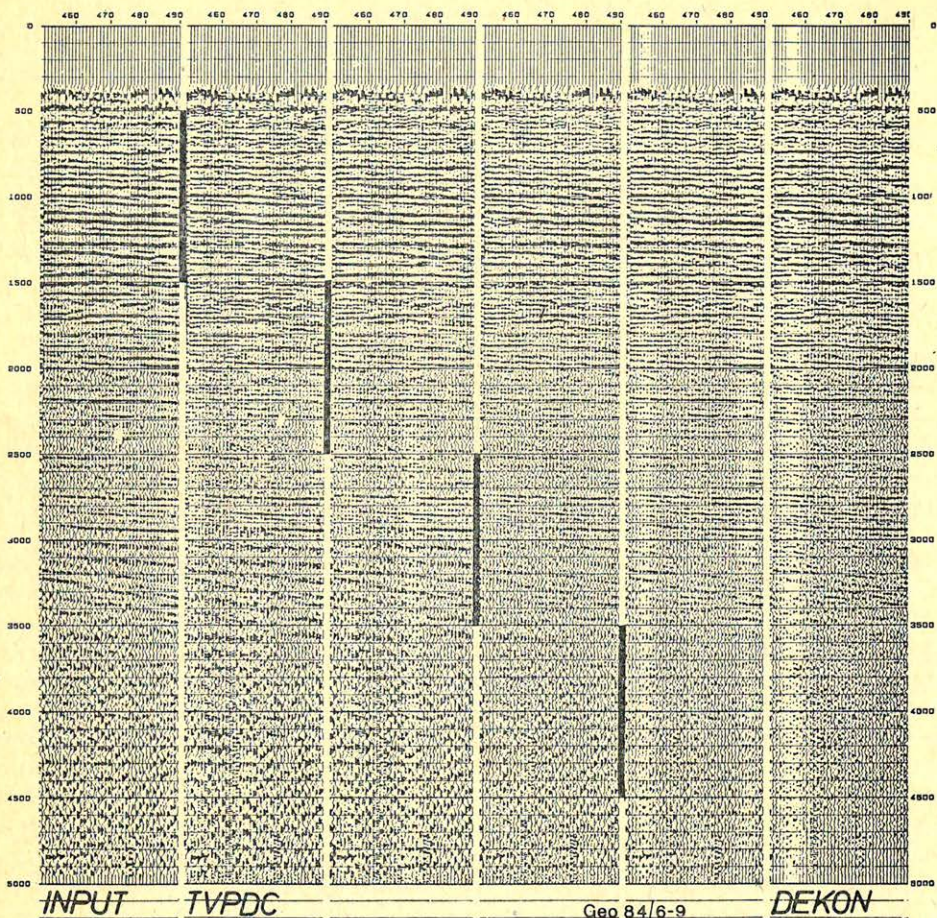
A továbbiakban vizsgálatunk tárgya az lesz, hogy a csatorna időben változó jellege mennyire rontja el a jöslő szűrő stacionárius csatornára fennálló optimalitási tulajdonságát. Korábban az \bar{A} átlag abszolút amplitúdó értékeknek a dekonvolúció során történő megváltozását lényegében a jel-zaj viszony megváltozásának mérésére használtuk. Ettől eltérően a következőkben \bar{A} -val azt fogjuk mérni, hogy a jöslőszűrő milyen mértékben képes minimalizálni a jöslési hibát instacionárius szeizmikus csatorna esetén. Az operátort a TVPDC a csatornának egy kijelölt időablakából tervezi. Ha a csatorna stacionárius jellegű, akkor közömbös, hogy hová helyezzük az ablakot, illetve előnyös, ha minél hosszabb ablakot választunk. A szeizmikus szelvény időben változó jellegének tanulmányozását segíti a 9. ábra. Itt a bemenetet követő szelvények 24 ms-os jöslési távolsággal futtatott dekonvolúciónak az eredményei. A csoport utolsó szelvénye a DEKON, a többi a TVPDC programmal készült. Ebben az esetben mindegyik TVPDC csak egy időablakot használt, és az onnan számított operátort alkalmazta az egész csatornára. Az időablakok 1000 ms hosszúak, helyük a 9. ábrán a szelvények bal oldalán van jelölve. A dekonvolúciós operátorhossz 60 ms, a fehérzaj 1% volt. Fel tűnik, hogy a magas helyzetű ablak esetén a szelvény mélyebb részein magas és alacsonyfrekvenciás, periodikus, biztosan nem geológiai eredetű jelek vannak. E hatástól akkor mentesülünk, ha a kérdéses időtartományra külön operátort határozunk meg. Úgy tűnik, hogy legjobb eredményt akkor kapnánk, ha több időablakból határoznánk meg operátorokat, melyek az adott jelekhez legjobban



8. ábra. $L = 8$ ms operátorhosszal dekonvolált szelvény, $P = 2$ ms, $N = 1\%$

Рис. 8. Профиль деконволюции с длиной оператора $l = 8$ мс, $P = 2$ мс, $N = 1\%$

Fig. 8. Deconvolved section. $L = 8$ ms, $P = 2$ ms, $N = 1\%$.

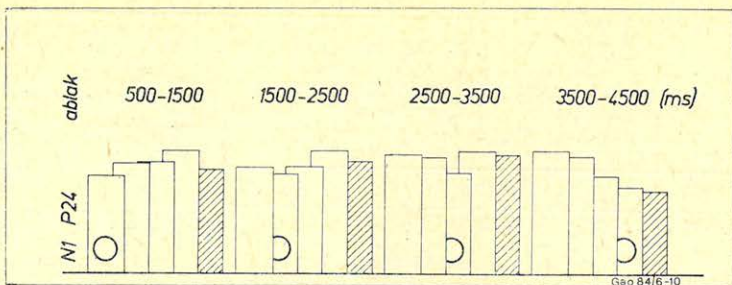


9. ábra. Dekonvolvált szelvények különböző időtartományból számított operátorok esetén

Рис. 9. Профили деконволюции с операторами, вычисленными в различных временных интервалах

Fig. 9. Deconvolved sections. The operators are computed in various time windows.

illeszkednek. Ennek a gondolatnak folytatásaként következne, hogy minden adathoz új operátort számítsunk. Ezt valósítja meg a DEKON. A műveletek jellemzésére ismét \bar{A} különböző ablakból számított értékét használva jutunk a 10. ábrához. Itt az „ablak” azt az időtartományt jelöli, ahonnan \bar{A} -t meghatároztuk. Az egymás után következő négy oszlop a négy egymásra következő TVPDC, az ötödik, a sraffozott, a DEKON eredményéből származó \bar{A} értéket reprezentálja. A műveletek egymással való összehasonlítása érdekében az egy ablakból származó \bar{A} értékek relatív skálán vannak ábrázolva. Látható, hogy a legkisebb \bar{A} értéket abban az esetben kapjuk, amikor az operátor tervezési és alkalmazási helye egybe esik (körrel jelölt oszlop). \bar{A} értéke e két hely távolságának függvényében monoton nő. Ebből arra következtethetünk, hogy a csatorna nem staci-



10. ábra. Az ablakválasztás hatásának vizsgálatához

Рис. 10. Изучение влияния окна

Fig. 10. Illustration for the investigation of the effect of the choice of the window.

onárius. A DEKON eredményét vizsgálva megállapíthatjuk, hogy általában nem jobb a „jó” TVPDC-nél, teljesül azonban $\bar{A}_{\text{DEKON}} < \bar{A}_{\text{TVPDC max}}$, tehát a DEKON jobb, mint a „legrosszabb” TVPDC. Ez megfelel a DEKON-nal kapcsolatos elvárásainknak. Az autoadaptív eljárás a szűrő közvetlen közelében levő adatokat nagyobb súllyal veszi figyelembe, ezek jóslásának hibája alapján módosítja a szűrőt. A szűrő módosítása, a tanulás, egyben azt jelenti, hogy az operátor „felejt” is. A csatorna jellegének megváltozásakor a szűrő, előző csatornaszakaszról szóló ismeretei feleslegesek. A tanulási képessége stacionárius csatornaszakasznál azzal a hátránnyal jár, hogy az adatsor elején még nem ismeri azt a szabályosságot, mellyel az egész szakasz bír. Belátható, hogy kevésbé hasznosítja a stacionárius csatorna információit, mint a TVPDC, mely a kijelölt szakasz egésze alapján tervezi az operátort. Abból a tényből, hogy az 1000 ms-os időablakból tervezett TVPDC operátor kisebb \bar{A} -eredményezett, mint a DEKON, arra következtethetünk, hogy a csatorna jellege csak lassan változik, és ilyen időszakaszokban közelítőleg stacionáriusnak tekinthető. Megállapíthatjuk, hogy különböző időablakokból tervezett jósló operátorok alkalmazásával a TVPDC képes megfelelően figyelembe venni a csatornák instacioaritását. Célszerű lenne a TVPDC-t 5 – 10 időablak kijelölésével is futtatni. Ekkor azonban az időablakok hosszának csökkenése miatt számolnunk kell az operátortervezés instabillá válásával, ha túl sok szűrőegység akarunk egyidejűleg meghatározni túl kevés adat, azaz túl kevés információ alapján. Ilyen jellegű instabilitás fennáll minden adaptív algoritmus esetében is. Az instabilitás ellen úgy védekezhetünk, hogy csökkentjük a jósló operátor hosszát és mintavételezettségét, amivel csökken az egyidejűleg becsülendő paraméterek száma. Ezt az eljárást indokolja korábbi tapasztalatunk, miszerint L és $DELTA$ megváltozásának hatása a kimenetre általában csekély.

Összefoglalás

A legalkalmasabb dekon volúciós paraméterek kiválasztásához szükséges vizsgálatokat célszerű kutatási területenként elvégezni. E vizsgálatok során a leg-egyszerűbb, de igen hatásos segédeszköz a bemenet és kimenet átlag abszolút amplitúdója (\bar{A}). Egységnyi tekintve a bemenet átlag abszolút amplitúdóját, a kimenet \bar{A} értéke egyben \bar{A} relatív megváltozását is jelenti. Megmutattuk,

hogy általában teljesül a $0 < \bar{A} < 1$ reláció. Kis \bar{A} értékek esetén a kimenet jel-zaj viszonya 0-hoz tart, 1-hez közeli \bar{A} -k esetén viszont a kimenet és a bemenet hasonló lesz, tehát a művelet hatástalan. Ezért először a bemenet zajszintjétől és a kutatási célkitűzéstől függően el kell dönteni, hogy az átlag abszolút amplitúdó mekkora csökkenése engedhető meg (pl. $\bar{A} = 1/3, 1/4$). \bar{A} kívánt értéke a jóslási távolság és a fehér zaj paraméter stabilizáló hatása révén a P és N paraméterekkel beállítható. A szóba jövő $P-N$ párok körül a legmegfelelőbbet a teljes amplitúdóspektrum vizsgálata alapján választhatjuk ki. E téren még további tapasztalatok gyűjtésére van szükség. A szeizmikus csatorna időben változó jellegének a dekonvolúcióra gyakorolt hatását vizsgálva a következő eredményre jutottunk. A TVPDC program képes megfelelően figyelembe venni a csatorna instacionaritását. Ehhez szükséges, hogy a csatornát akkora időablakokra osszuk fel, hogy az egyes ablakokon belüli csatornaszakasz közelítőleg stacionárius legyen. A szűrőtervezésben fellépő – az időablakok rövidege által okozott – instabilitás ellen az operátorhossz (L) csökkentésével, és az operátor átmintavételezésével ($DELTA$) védekezhetünk.

IRODALOM

- [1] Robinson, E. A.: Predictive decomposition of time series with application to seismic exploration Geophysics 1976. 3.
- [2] Meskó Attila: A digitális szeizmikus feldolgozás alapjai. 1975. Tankönyvkiadó.
- [3] Claerbout J.: Fundamentals of geophysical data processing 1976.
- [4] Késmárky István: Vegyes fázisú dekonvolúció és jelek becslés. 1980. GKV jelentés.
- [5] Vermes Mátyás: Szeizmikus jelek adaptív dekonvolúciója. Magyar Geofizika 1981. 3.
- [6] Késmárky István: A TVPDC program felhasználási leírása. GKV jelentés.
- [7] Vermes Mátyás: A DEKON program felhasználási leírása. GKV jelentés.