

BİÇİM SÜZGEÇLERİ KULLANILARAK SİSMOGRAMLARDA YÜKSEK AYRIMLILIĞIN SAĞLANMASI

ACQUIREMENT OF HIGH-RESOLUTION ON SEISMOGRAMS USING SHAPING-FILTERS

Afilla ULUĞ

D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir

Müjgan ŞALK

D.E.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZ: Sismik veriler üzerinde değerlendirmeler yapılırken verinin jeolojik yapıyı olabildiğince yansıtması istenmektedir. Bunun için kayıtlarda ayrımlılığın artırılması ve bu şekilde birbirine yakın tabakalardan gelen yansımaların birbirinden ayrılması gerekmektedir. Bu işlem iki aşamada, yani hem operasyon esnasında kaynak dalgacık üzerinde kontrol sağlayarak fiziki olarak, hem de ölçü alındıktan sonra veri-işlem safhasında matematiksel olarak yapılabilir. Bilindiği gibi sismik prospeksiyonda kaynak dalgacığının idealde sonsuz geniş spektrumlu bir "delta impuls"u olması istenir. Özellikle deniz çalışmalarında bu sorun, akustik enerji kaynaklarının özel dizimleri vasıtasıyla giderilmeye çalışılır. Bu şekilde, sismik kayıtlar üzerinde kazanılmaya çalışılan ayrımlılığın dışında, kayıtlar alındıktan sonraki safhada da bu işlem ters evrişim yöntemleri vasıtasıyla yapılabilmektedir. Bunun için Wiener-Hopf denklemine göre bir dalgacığın sismogram ile karşıt ilişkisi ve sismogramın özilişkisinden yararlanarak Levinson algoritması yardımıyla süzgeç katsayıları hesaplanmakta ve sismogramın hesaplanan bu süzgeç katsayıları ile evriştirilmesiyle biçim süzgeçlemesi işlemi yapılmış olmaktadır. Süzgeç katsayıları, sismik verinin (sismogramın) kendisine ve seçilen arzu edilen dalgacığa bağımlı olduğundan, sismogramın oluşturulmasında kullanılan giriş dalgacığı ve arzu edilen sinyal türü sonucu önemli bir şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle seçilen bir tabaka modeli için değişik giriş dalgacıkları (en küçük gecikmeli, en büyük gecikmeli ve karışık gecikmeli dalgacıklar) kullanılarak oluşturulan yapay sismogramlar üzerinde süzgeç boyunun, giriş dalgacığının ve beyaz gürültünün sonuçlar üzerindeki etkileri bu yapay sismogramlar üzerinde yapılan incelemelerle araştırılmıştır. Sözkonusu kriterlerin sonuca olan etkileri yapılan model çalışmaları ve yapay sismogramlar ile gösterilmiştir.

ABSTRACT: Seismic data are required to represent the geological structure as much as possible for the seismic interpretation purposes. Therefore, resolutions should be improved and the reflections coming from the successive layers must be differentiated. This process can be made in two stages as firstly physically controlling the source wavelet during the data collections operations and secondly mathematical operations during data analysis processes after data being retrieved. It is well known fact that the seismic source wavelet is required ideally to be a "delta impulse" of having infinitely wide spectrum. This problem has been tried to be eliminated by using special arrays of acoustic energy sources during marine surveys. Resolutions can be obtained as it was described above as well as by applying deconvolution operations after data being gathered. Here, high resolutions were obtained from the convolution of seismogram with the wave-shaping filter coefficients, which were determined from the autocorrelations functions between the desired wavelet and the seismogram using the Levinson Algorithm according to the Wiener-Hopf equation. Since the filter, coefficients were depended on the seismic data and the desired wavelets, result were affected by the source wavelets used for the theoretical seismogram construction and the required were studied on the multi-layered earth model by using theoretical seismograms. The effect of these criteria on the result were shown with the model studies and synthetic seismogram.

GİRİŞ:

Sismik veriler, yani sismogramlarda aranan en önemli özellik bunlarda yüksek ayrımlılığın bulunmasıdır. Buna göre, değişik katmanlara ait yansımış sinyallerin birbirlerinden ayrılmış olarak gelmesi istenmektedir. Örneğin, yeteri kadar dar bir giriş sinyali ile elde edilen sismogramlar üzerindeki refleksiyonlar birbirlerinden ay-

rılmış vaziyette bulunurlar. Oysa giriş sinyalinin dalga boyu, tabaka kalınlıklarına eşit veya daha uzun ise, o zaman tabakalara ait yansımış sinyaller birbirlerinin içine girerler ve birinci tabaka sınırından yansıyıp gelen sinyalin daha tümü kaydedilmeden, ikinci tabaka sınırından yansıyan sinyalin baş tarafı gelmeye başlar. Böylelikle bu iki farklı yansıma sinyali arasında herhangi bir kesiklik olmaz. Bu da, yorum aşamasında güçlükler yaratır.

Sismogramlardaki ayrımlılığın kazanılması genelde iki ayrı aşamada sağlanmaya çalışılır. Bunlardan birincisi giriş dalgacığının, yani kaynak dalgacığının daha henüz yayını esnasında kontrol edilmesidir. Örneğin, enerji kaynağından geniş bir dalgacık yerine oldukça dar hatta idealde bir delta impulsu yayınlanmaya çalışılır. Özellikle deniz çalışmalarında kullanılan akustik enerji kaynaklarında dar bir sinyal üretmek göreceli olarak daha pahalıya mal olmaktadır. Airgun, Watergun, Aquapuls v.b. kaynaklarda bir tek kaynak yerine bunların özel dizilimleri veya transduser türü kaynaklarda ise geniş çaplı, çok sayılı transduserler dizilimi gerekmektedir.

Nitekim bir tek airgun kaynaklı sismik çalışmada enerji kaynağından üretilen sinyalde kabarcık etkisi (bubble effect) yüzünden uzunca bir kuyruğun bulunması, kesitlerde ayrımlılığın yitirilmesine sebep olmaktadır. Bu sinyal kuyruğunu giderebilmek için çok sayılı hava tabanalarından özel bir dizilim yapmanın dışında "wave-shape kit" veya "air-bell" gibi yardımcı mekanik aksam da kullanılabilir. Ancak bu durumda, sinyal enerjisinin yaklaşık yüzde otuzluk bir kısmı kaybolmaktadır (BOLT, 1974). Yani, sismik kesitlerde rezolüsyon kazanılırken penetrasyon yitirilmektedir. Üstelik, arzin anelastisinden kaynaklanan dispersion olayı nedeniyle arz içinde

uzun mesafeleri kateden sinyaller, kaynaktan yayınlandıkları sırada dar bir sinyal iseler de alıcıya vardıklarında genişlemiş, boyları uzamış bir vaziyette bulunurlar.

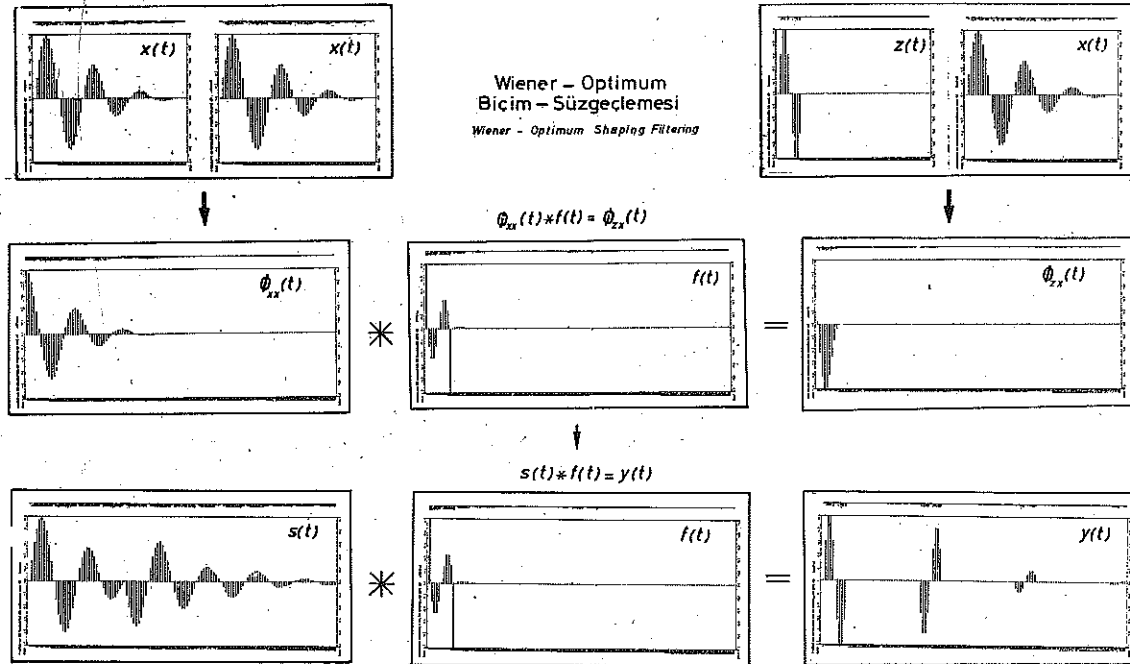
Benzer probleme 3.5 KHz O.R.E. çalışmalarında da rastlanılmaktadır. Cihaz üzerinden gönderilen sismik dalga paketlerinin boyu azaltıldıkça kesitlerde rezolüsyona ulaşılmasına karşın, neşredilen enerjinin, darbenin devam süresi ile orantılı olarak azalmasından dolayı penetrasyon da azalmaktadır. Yani her iki durumda ya rezolüsyondan, ya da penetrasyondan vazgeçmek gerekmektedir. Bunların her ikisinin birden elde edilebilmesinin sismik dekonvolüsyon ile mümkün olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle, burada biçim süzgeçlemesi kullanılarak hem penetrasyon hem de rezolüsyonun beraberce kazanılabileceği gösterilmeye çalışılmaktadır.

WIENER-OPTIMUM SÜZGEÇLEME TEORİSİ:

Biçim süzgeçlemesi yapılarak sismogramlarda yüksek ayrımlılığın kazanılması şekil 1'de şematik olarak özetlenmektedir. Burada $x(t)$ giriş dalgacığını, $s(t)$ sismogramı, $z(t)$ ise arzu edilen bir sinyali simgelemektedir. Bunlardan oluşturulan ϕ_{xx} ve ϕ_{zx} gibi özilişki ile karşıt ilişki fonksiyonlarından;

$$\phi_{xx}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(\tau) X(\tau - t) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} X(t + \tau) X(\tau) d\tau \quad \text{Özilişki}$$

$$\phi_{zx}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} Z(\tau) X(\tau - t) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} Z(t + \tau) X(\tau) d\tau \quad \text{Çapraz ilişki}$$



Şekil 1: Wiener-Optimum biçim Süzgeçleme Teorisinin şematik gösterimi. Burada $x(t)$: giriş dalgacığı, $s(t)$: sismogram, $z(t)$: arzu edilen çıkış $f(t)$: süzgeç katsayıları ve $y(t)$: süzgeç çıktısı sonucu simgelemektedir.

süzgeç katsayıları $f(t)$, Wiener-Hopf denkleminde göre Levinson Algoritması vasıtasıyla oldukça hızlı bir şekilde hesaplanabilmektedir.

muş tek sütunlu matrisin çarpımının, giriş ile arzu edilen çıkışın karşıt ilişki katsayılarından oluşmuş (m) uzunluklu sütun matrise eşitliğinden, süzgeç katsayıları $f(t)$ aşağıda-

$$\phi_{XX}(t) * f(t) = \phi_{ZX}(t)$$

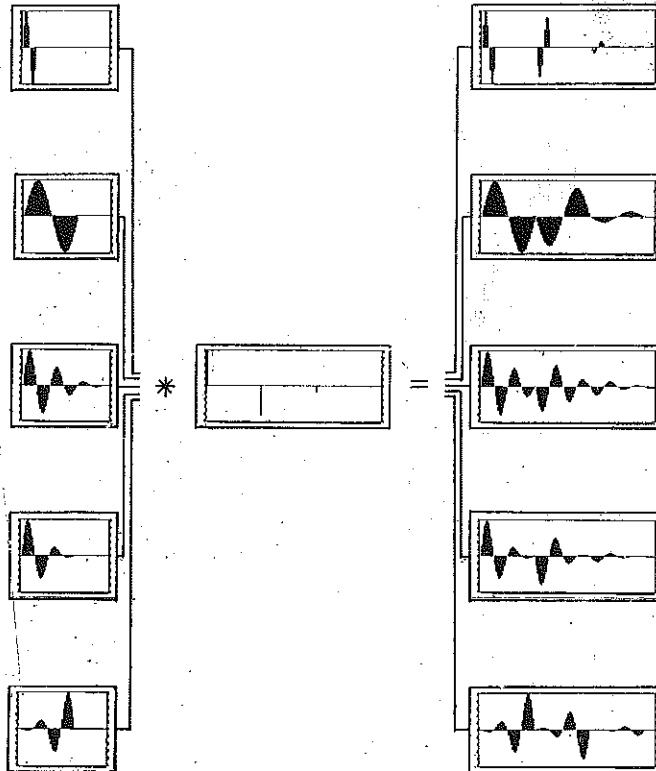
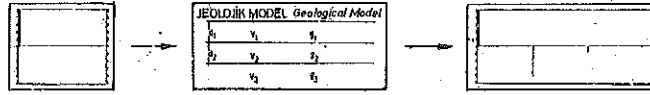
$$\sum_{\tau=0}^n f_{\tau} \phi_{XX}(t-\tau) = \phi_{ZX}(t) \quad t=0, 1, 2, 3, \dots \text{ için}$$

Wiener - Hopf Denklemi

Öz ilişki fonksiyonunun katsayılarından oluşmuş simetrik Töplitz Matrisi ile süzgeç katsayılarından oluş-

muş gibi matris halinde gösterilen Wiener-Hopf denklemi yardımıyla bulunabilmektedir.

$$\begin{bmatrix} \phi_{XX}(0) & \phi_{XX}(1) & \phi_{XX}(2) & \dots & \phi_{XX}(m) \\ \phi_{XX}(1) & \phi_{XX}(0) & \phi_{XX}(1) & \dots & \phi_{XX}(m-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{XX}(m) & \phi_{XX}(m-1) & \phi_{XX}(m-2) & \dots & \phi_{XX}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{ZX}(0) \\ \phi_{ZX}(1) \\ \vdots \\ \phi_{ZX}(m) \end{bmatrix}$$



Şekil 2: Yapay sismogramların oluşturulması

Buna göre elde edilen süzgeç katsayıları ile sismogram basit bir dekonvolüsyon işlemiyle, yani sismogramın $s(t)$, süzgeç katsayıları $f(t)$ ile evriştirilmesiyle süzgeç çıktısı (gerçek çıkış) $y(t)$, elde edilmiş olmaktadır.

$$y(t) = f(t) * X(t)$$

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) X(t-\tau) d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} X(\tau) f(t-\tau) d\tau$$

Süzgeçleme (Evrişim)

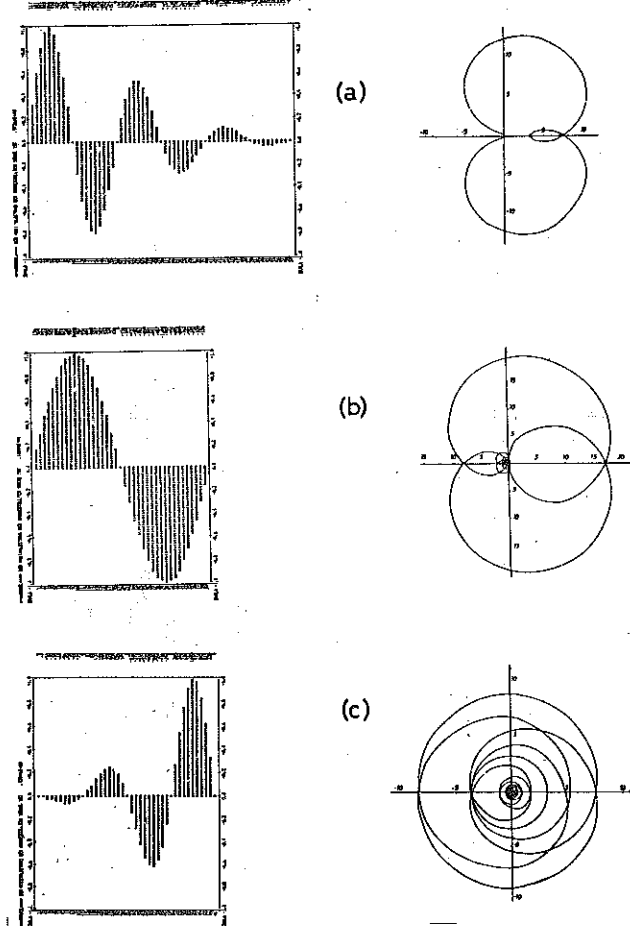
Yöntemin bağlı olduğu kurallar ve kriterler, bu çalışmada bilgisayar modelleri ve yapay sismogramlar yapılarak, detaylı olarak incelenmektedir.

Şekil 2'de yapay sismogramların oluşturulması şematik olarak gösterilmektedir. Şeklin üst tarafında, bir jeolojik modele giren delta impulsu ile bunun çıktısı olan, impuls sismogramı görülmektedir. Buna, tabaka paketinin birim impulsa olan cevabı da denmektedir. Bu sismogram, reflektivite yöntemi ile ve sıfır açılımlı olarak hesaplanmıştır (FERTIG, 1982, vb.). Kağıt tasarrufunun sağlamak amacıyla patlatma anından itibaren ilk refleksiyonun geliş

zamanına kadar geçen süre kaydedilmemiştir. Yani sismogramda görülen ilk impuls birinci tabakadan gelen yansımadır. Jeolojik model 3 tabakalı bir ortam olarak seçildiği için birinci, ikinci ve üçüncü impuls tabakalar-

dan gelen ilk yansımaları göstermektedirler. Ondan sonra küçük genlikli sinyaller ise tekrarlı yansımalarıdır.

Birim süzgeçlemesi ile ilgili incelemelerde bulunmak üzere muhtelif tipte (en küçük gecikmeli, karışık ve en büyük gecikmeli) ve muhtelif uzunluktaki giriş dalgacıkları kullanılarak değişik türde sismogramlar elde edilmiştir. Bunlar zaman kazanma açısından Şekil 2'nin alt tarafında gösterilen yöntem ile yapılmışlardır. Yani, bir kez elde edilen delta impuls sismogramının değişik giriş dalgacıkları ile evriştirilmesiyle şeklin sağ tarafında görülen değişik türdeki sismogramlar kolayca elde edilebilmiştir.



Şekil 3: Bazı giriş dalgacıkları ve bunların faz özellikleri

- a) 59 Nokta uzunluklu en küçük gecikmeli dalgacık,
- b) 39 Nokta uzunluklu karışık gecikmeli dalgacık,
- c) 39 Nokta uzunluklu en büyük gecikmeli dalgacık.

Burada, kullanılan dalgacıkların faz özellikleri birer birer incelenmiş olup, bazılarının faz diyagramları Şekil 3'de örnek olarak gösterilmektedir. Bilindiği gibi, dalgacıkların faz özellikleri onların Z-Transformasyonlarının köklerinin biri çember içinde veya dışında olma durumuna göre belirlenmektedir. Burada kullanılan dalgacıkların uzun olmalarından (Örneğin 79 Nokta vb.) dolayı, her dalgacığın Z-Transformasyonunun köklerinin hesaplanması yerine, faz açısına 0° 'den 360° 'ye kadar değerler vererek, gerçel ve sanal birleşenlerin aldıkları değerler hesaplanmakta ve bunlar grafik olarak çizilmektedirler.

X(z), herhangi bir x(t) dalgacığının Z-Transformasyonu olsun:

$$x(t) \xrightarrow{\text{Z-Transformasyonu}} X(z) = x_1 + x_2 Z + x_3 Z^2 + x_4 Z^3 + \dots + x_N Z^{N-1}$$

N - 1 Adet kök

Burada $z = e^{-i\psi} = \cos \psi - i \cdot \sin \psi$ olduğundan

$$X(\psi) = \left[x_1 + x_2 \cos \psi + x_3 \cos 2\psi + x_4 \cos 3\psi + \dots + x_N \cos (N-1)\psi \right]$$

Re x

$$-i \left[x_2 \sin \psi + x_3 \sin 2\psi + x_4 \sin 3\psi + \dots + x_N \sin (N-1)\psi \right]$$

elde edilir.

Çizilen grafiğin orijin (0,0) etrafında kapalı bir eğri halinde dönüp dönmemesi üzerine dalgacığın faz özelliği belirlenmiş olmaktadır. Şekil 3a'daki örnekte, diyagram orijin etrafında kapalı olarak hiç dönmediğinden, bu dalgacığın birim çember içinde herhangi bir kutbunun olmadığını ve bunun en küçük gecikmeli bir dalgacık olduğunu anlıyoruz. Şekil 3b'deki örnekte ise dalgacığın 1 kutbu hariç diğerleri birim çember içinde veya başka bir deyişle, kutuplardan yalnız 1 tanesi birim çember dışındadır. Yani, bu karışık gecikmeli bir dalgacıktır. Aynı şeklin (c) şıkında ise kutupların tümü birim çemberin içinde olduğundan, bunun en büyük gecikmeli bir dalgacık olduğunu görüyoruz.

SÜZGEÇLEME ÜZERİNE BAZI ÖRNEKLER:

Biçim süzgeçleri kullanılarak sismogramlarda ayrıntılılığın kazanılması ile ilgili bazı örnekler aşağıdaki şekillerde verilmektedir. Şekil 4'ün (a) şıkındaki grupta, 79 nokta uzunluğunda ve 40 nokta periyodunda en küçük gecikmeli bir giriş dalgacığı ile oluşturulan sismogram (üstte), süzgeç katsayıları (ortada) ve süzülmüş sismogram (altta) görülmektedir. Arzu edilen dalgacığın 9 nokta uzunluklu bir sinüs dalgacığı olduğu süzgeç çıktısından hemen anlaşılacaktır. Süzgeçleme işi oldukça başarılı olmuş ve üstteki orijinal sismogramda belirlenemeyen fazlar süzgeçleme işinden sonra aşağıdaki sismogramda gayet belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadırlar. Burada

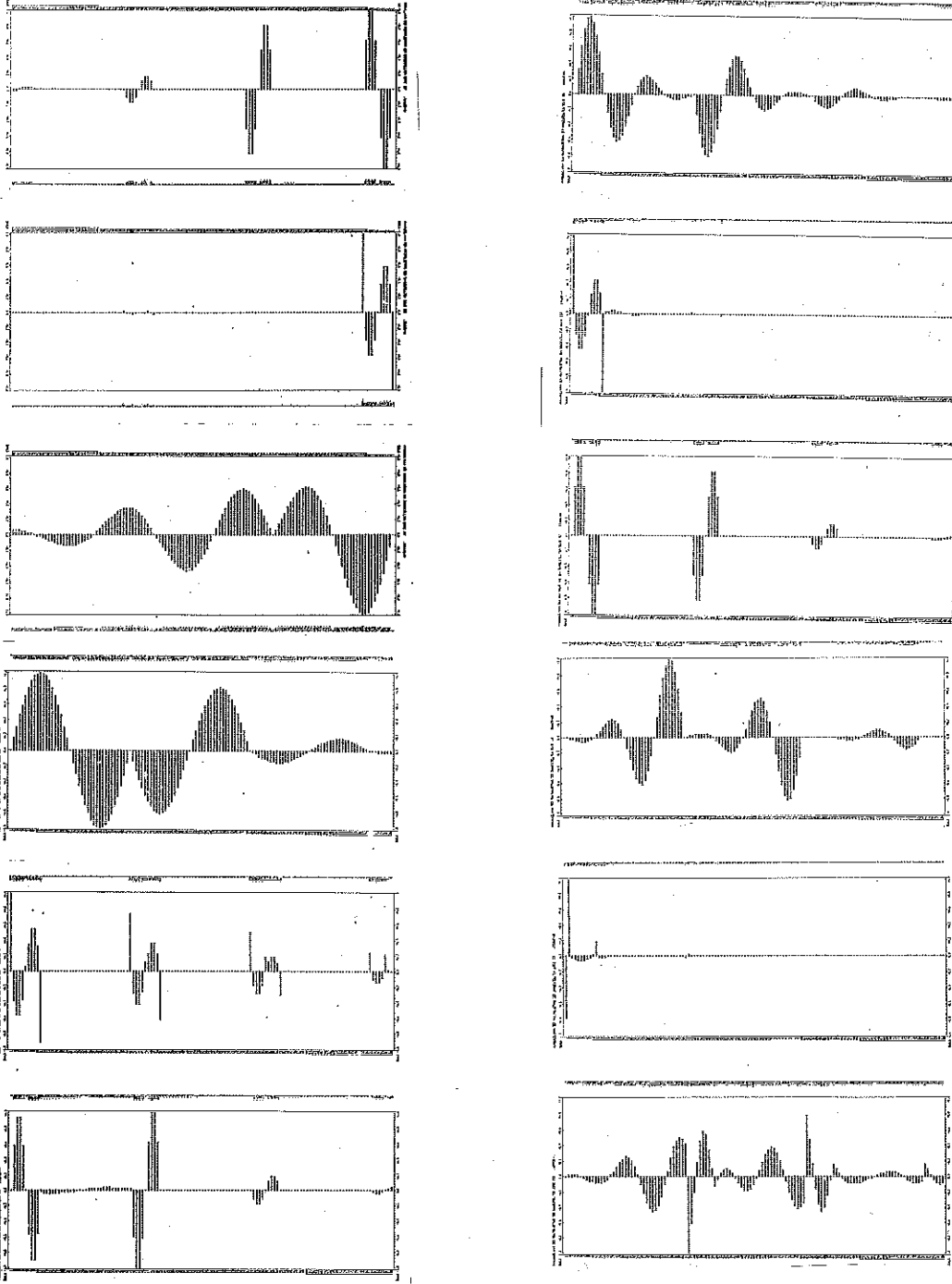
sinyal boyu ve periyodunun büyüklüğü örnekleme noktası sayıları ile ifade edilmektedir.

Şekil 4b'deki grupta ise, yukarıdaki işlem 39 nokta uzunluğundaki 20 nokta periyotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu örnekte de, sismogramdaki fazlar sıkıştırılarak yeterli derecede ayrıntı sağlanabilmiştir. Bu örneklerdeki öz ilişki ve karşıt ilişki hesaplamalarında giriş dalgacığı kullanıldığından sonuçlar çok güzel, hatta idealdir. Süzgeçlemeden önceki orijinal sismogramdaki geniş impulslar süzgeçlemeden sonra gayet güzel sıkıştırılmış ve süzülen sismogramda impulsların bulunduğu yerlerin dışında herhangi bir gürlüğü vb. görülmemiştir. Zira bu örneklerde öz ilişki fonk-

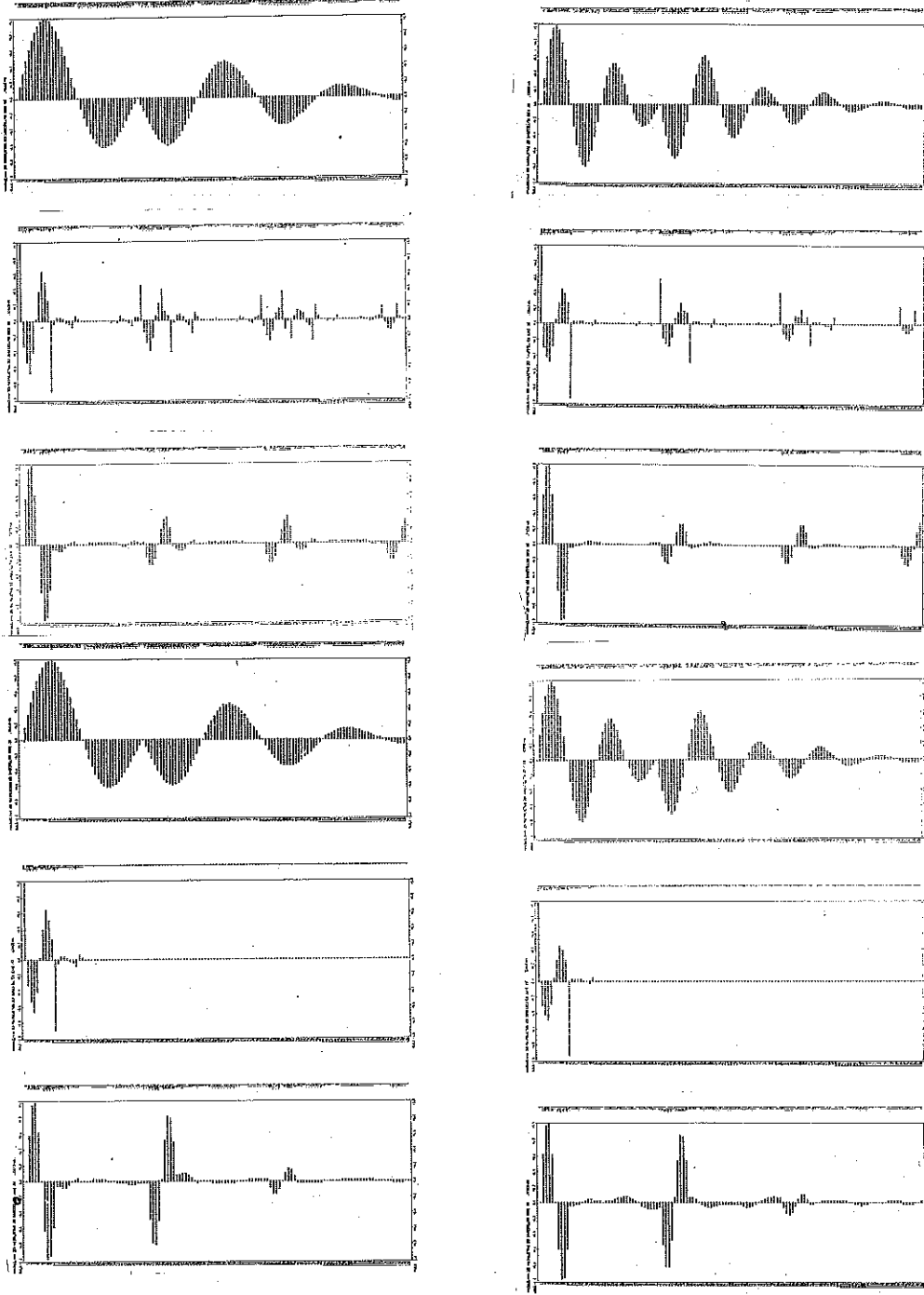
siyonu gayet güzel yakınsamış ve süzgeç boyu da buna bağlı olarak kendiliğinden kısa bir şekilde oluşmuştur.

Giriş dalgacığının karışık gecikmeli ve en büyük gecikmeli dalgacıklar olması durumunda sonuçlar teoriden beklendiği gibi önceki örneklere kıyasla bozulmaya başlamışlardır. Zira bu taktirde, Wiener-Optimum Süzgeç teorisinde yapılan en küçük gecikmiş dalgacık varsayımı zedelenmiş olmaktadır (BAYSAL, 1984, 1985; ROBINSON ve TREITEL, 1967 vb.). Şekil 4c'deki örnekte giriş sinyali karışık gecikmeli bir dalgacık türünde olan normal bir sinüs dalgasıdır. Bu nedenle süzgeç katsayıları arasında az da olsa bozukluklar bulunmaktadır. Aynı şeklin (d) şıkında ise, giriş sinyali olarak en küçük gecikmeli bir dalgacığın ters çevrilmesi ile elde edilen, en büyük gecikmeli bir dalgacık kullanılmıştır. Süzgeç katsayılarının hemen yakınsamasına rağmen sonuç teoriden beklendiği gibi kötüdür ve süzülüş sismogramdaki impulslar hiç de önceki örneklere benzer şekilde değildirler.

Yukarıda gösterilen örneklerin tümünde özilişki ve karşıt ilişki hesaplamalarında giriş dalgacıklarının kendilerinin kullanılmış olduğunu belirtmiştik. Oysa pratikte, giriş dalgacığını direk sismogramlardan tanımak güç, hatta bazı hallerde imkansızdır. Sismogramlarda giriş dalgacığını tanımak uzun bir veri işlem aşamasından sonra mümkün olabilmektedir. Bunun için burada, sismogramın özilişki fonksiyonunun girişin özilişki fonksiyonunu mümkün olduğu kadar temsil ettiği (YILMAZ, 1976) veya kısaca, giriş dalgacığının öz ilişkisinin süzgeç giriş sin-



- Şekil 4 : a) 79 uzunluklu ve 40 Nokta periyotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), girişin özilişkisi ve 9 Nokta uzunluklu ve 10 Nokta periyotlu arzu edilen bir sinüs dalgası sinyalinin karşılıklı ilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) gösterilmektedir.
- b) 39 Nokta uzunluklu ve 20 Nokta periyotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), girişin özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 128 Nokta) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.
- c) 39 Nokta uzunluklu ve 40 Nokta periyotlu bir sinüs dalgası ile elde edilmiş sismogram (üstte), giriş dalgasının özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 128 Nokta) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.
- d) 39 Nokta uzunluklu ve 20 Nokta periyotlu en küçük gecikmeli bir dalgacığın ters çevrilmesiyle oluşmuş en büyük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), girişin özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç, süzgeç boyu: 128 Nokta ve arzu edilen dalgacıkta herhangi bir geciktirme yok) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.



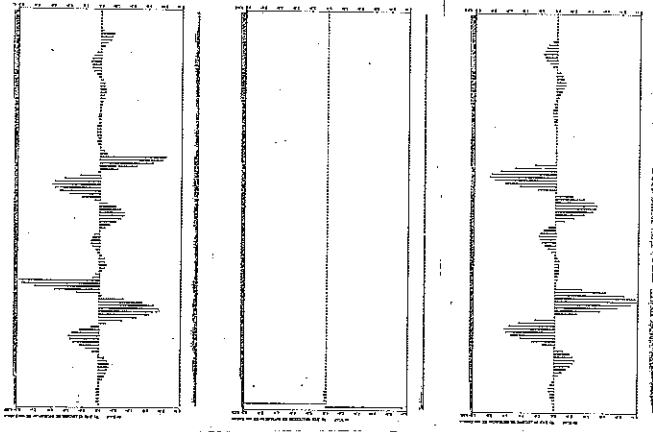
- Şekil 5 : a) 79 Nokta uzunluklu ve 40 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), sismogramın özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 128 Nokta) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.
- b) 59 Nokta uzunluk ve 20 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), sismogramın özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 128 Nokta) ve evrişim süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.
- c) 79 Nokta uzunluklu ve 40 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), sismogramın özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 22 Nokta) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.
- d) 59 Nokta uzunluklu ve 20 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), sismogramın özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 20 Nokta) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.

yalının (bu durumda sismogram) öz ilişkisine eşdeğer olduğu varsayılarak (BAYSAL, 1985), öz ilişki ve karşıt ilişki hesaplamalarında giriş dalgacığı yerine sismogramın kendisi kullanılarak süzgeçleme işlemi tekrarlanmıştır. Şekil 5'deki örneklerde bu durum (a) şıkkındaki grupta 79 nokta uzunluklu ve 40 nokta peryotlu, (b) şıkkındaki grupta ise 59 nokta uzunluklu ve 20 nokta peryotlu en küçük gecikmeli dalgacıklar kullanılarak oluşturulan sismogramlar için verilmektedir. Süzgeç katsayıları görüldüğü gibi, hemen bir yakınsamaya uğramaktadır ve süzölmüş sismogramlarda sonuç yeterli, ancak mükemmel değildir. İmpulslar, arzu edilen dalgacığa kıyasla biraz şekil değiştirmiş olup aralarında bir miktar da gürültü bulunmaktadır. Bu ve bundan önceki örneklerde süzgeç boyu FFT uzunluğunda (128 nokta) bırakılmış süzgeç katsayıları herhangi bir noktada kesilmemiştir. Zira bilindiği gibi matematik olarak en iyi süzgeç en uzun olanıdır. Bu nedenle

Bununla ilgili örnekler literatürde (YILMAZ, 1976 vb.) görülebilir.

Şekil 5a'daki örnekte gösterilen süzgeç katsayılarının 22 Nokta'da kesilmesiyle oluşan yeni süzgeç katsayıları ve süzölmüş sismogram Şekil 5c'deki örnekte verilmektedir. Sonuç gerçekten memnuniyet vericidir. Şeklin üst tarafındaki orijinal sismogramda net olarak seçilemeyen fazlar süzgeçleme sonucu oluşan sismogramda gayet güzel olarak seçilebilmektedirler. Keza, Şekil 5d'deki örnekte süzgeç boyu, Şekil 5b'deki örneğe kıyasla 20 Nokta uzunluğunda kesilmiştir. İmpulslar arasındaki gürültülerin biraz daha artmış olmasına karşın, sonucun memnuniyet verici olduğu görülmektedir.

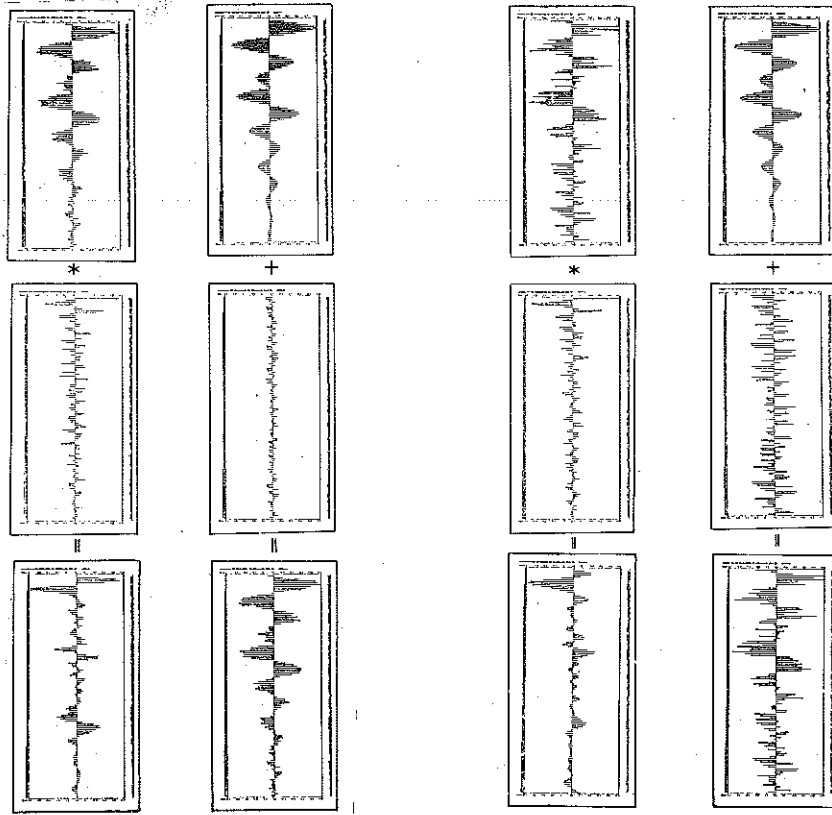
Daha önce de değinildiği gibi, Wiener-Optimum Süzgeçleme teorisine göre giriş dalgacığının en küçük gecikmeli olması istenir. Bunun aksi olması durumunda so-



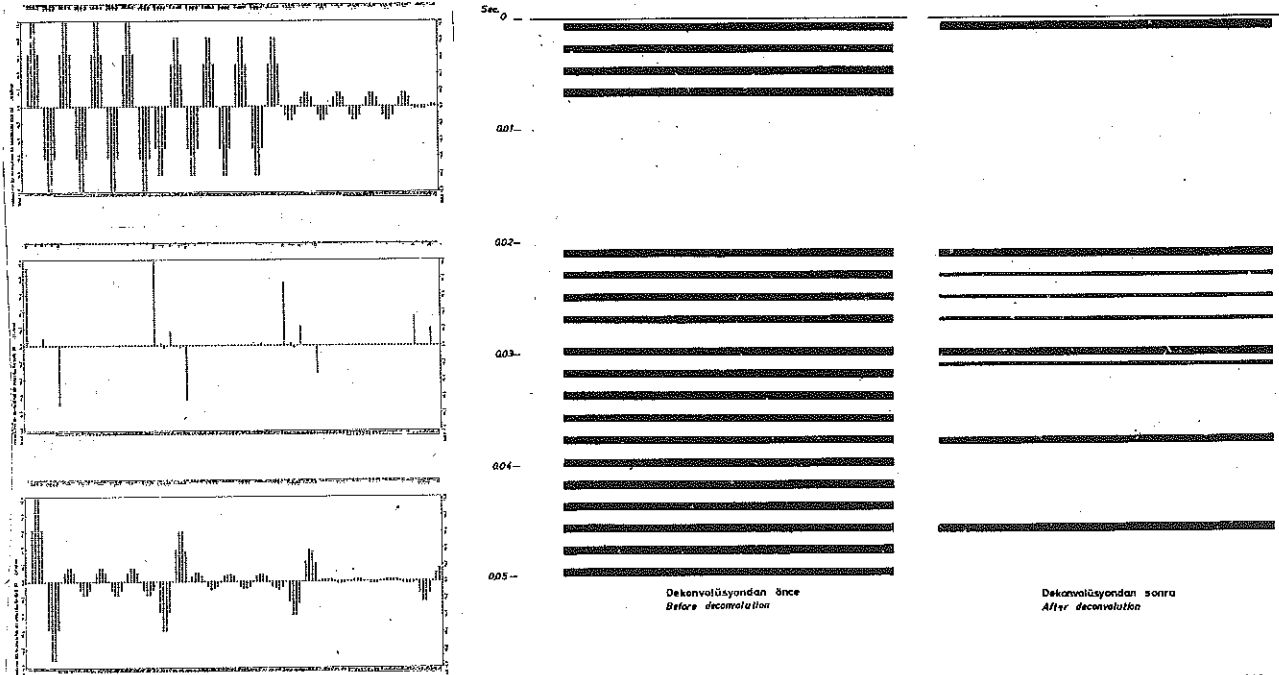
Şekil 6 : 39 Nokta uzunluklu ve 20 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacığın ters çevrilmesiyle oluşmuş en büyük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismogram (üstte), sismogramın özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 16 Nokta ve azru edilen dalgacıkta 30 Nokta geciktirme yapılmıştır) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.

yapılan hata, süzgeç boyu uzadıkça azalmaktadır (YILMAZ, 1976; BAYSAL, 1984). Fakat uzun süzgeçler, sismogramlarda yüksek frekanslara neden olurlar (YILMAZ, 1976). Aslında işin ekonomisi de düşünülecek olursa süzgeç boyunu uzun tutmamak ve bunu optimal bir uzunlukta kesmek gerekir. Bunun için belli başlı herhangi bir kriter olmamakla beraber, süzgeç katsayılarının kesilme etkilerini azaltacak ve katsayılarda yeterli yakınsaklık sağlanacak şekilde kesilmesi gerekir. Bir süzgecin ters evrişim etkinliği süzgeç katsayılarının yakınsaklık hızına bağlıdır. Optimal süzgeç boyu değişik denemeler sonucu bulunabilir. Zaten Wiener-Optimum Süzgecinin adındaki "optimum" kelimesi, bunun kendi boyundaki diğer süzgeçlere kıyasla en optimal, yani en az hata ile süzdüğü için verilmiştir

nucun kötüleştiği Şekil 4d'deki örnekte verilmiştir. Zira süzgeçleme teorisine göre, süzülecek sinyalin klasik "süzgeç kutusu"na girişinde, bunun ters çevrilip süzgeç katsayıları ile karşılıklı çarpımları yapılmaktadır (evrişimin fiziki anlamı). En küçük gecikmeli dalgacıkta, dalga enerjisinin sinyalin baş tarafında konsantre olmasından dolayı, bu sinyalin ters çevrilerek süzgeç kutusu içine itilişi ile başlayan süzgeçleme işinde enerji konsantrasyonunun olduğu kısımlar hemen görüldüğünden süzgeçleme işi başarılı olmaktadır. Oysa en büyük gecikmeli bir dalgacık için aynı işlem düşünülürse, süzgeç kutusuna önce sinyalin enerji konsantrasyonu az olan kısmı girecek ve esas enerji konsantrasyonunun bulunduğu kısım arkadan gelecektir. Böylece, sinyalin süzgeç kutusuna girişi ile başlayan süz-



Şekil 7 : a) 59 Nokta uzunluklu ve 20 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismograma % 5 oranında beyaz gürültü ilavesiyle oluşturulan gürültülü sismogram ve bunun özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları ile (süzgeç boyu: 128 Nokta) yapılan bir evrişim örneği,
 b) 59 nokta uzunluklu ve 20 Nokta peryotlu en küçük gecikmeli bir dalgacık ile elde edilmiş sismograma % 20 oranında beyaz gürültü ilavesiyle oluşturulan gürültü sismogram ve bunun öz ilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları ile (süzgeç boyu: 128 Nokta) yapılan bir evrişim örneği.



Şekil 8 : a) 39 Nokta uzunluklu ve 10 Nokta peryotlu bir sinüs dalga paketi ile elde edilmiş sismogram (üstte), sismogramın özilişkisi kullanılarak hesaplanmış süzgeç katsayıları (ortada, süzgeç boyu: 128 Nokta) ve evrişim sonucu elde edilmiş süzgeç çıktısı (altta) görülmektedir.
 b) 39 Nokta uzunluklu ve 10 Nokta peryotlu bir sinüs dalga paketi ile elde edilmiş sismogram ile oluşturulan sismik kesit

geçleme işinde yanlışlıklar olacaktır. Başka bir deyişle, süzgecin sinyali iyi görememesi olayı ortaya çıkacaktır. Bu nedenden dolayıdır ki, giriş dalgacığının en küçük gecikmeli olmadığı durumlarda süzgece haber verilerek, onun gelen sinyali iyi görmesi, yani bir çeşit süzgeçleme işini biraz bekleyerek yapması sağlanır.

Bu olay matematiksel olarak, arzu edilen çıkış dalgacığının baş tarafına sıfırlar konarak olur. Bu şekilde çıkış verisinde gecikme yapmak Wiener-Hopf bağıntısında sadece karşı ilişki terimleri δ_{zx} 'i etkiler (ROBINSON ve TREITEL, 1967, TREITEL ve ROBINSON, 1966 vb.). Bu durumda hesaplanan yeni süzgeç katsayıları belli bir gecikme zamanına göre programlanmış katsayılar olur. Buna göre yeni süzgece, "süzgeç kutusu"na giren sinyalin enerjisinin hemen baş tarafta bulunmadığı, enerji konsantrasyonunun arkadan geleceği mesajı verilmiş olur. Yani süzgecin sinyali daha iyi görmesi sağlanır. Bu şekilde, arzu edilen çıkışta, giriş dalgacığının gecikme özelliğine göre belli bir miktarda gecikme yapılması uygulamada iyi sonuçlar verirler.

Eğer, arzu edilen dalgacıklarda öteleme işlemi doğru bir şekilde yapılabilirse süzgeçlemeden iyi sonuçlar alınabilir. Bu öteleme miktarı deneme ile bulunabilir. Buna göre, Şekil 4d'deki örnekte verilen durum tekrarlanmış ve sonuç Şekil 6'da verilmiştir. Burada süzgeç katsayıları 16 nokta uzunluğundadır. Sonuç muhakkak ki mükemmel değildir. Fakat, Şekil 4d'ye kıyasla daha iyileşmiştir ve süzülmiş sismogramdaki impuls formu arzu edilen dalgacığa benzemeye başlamıştır. Bu deneme sürdürülerek çok daha uygun bir öteleme miktarı bulunabilir ve dolayısıyla sonuç daha da iyileştirilebilir.

Şimdiye dek gösterilen örneklerde süzgeç katsayılarının hesaplanmasında girişin veya sismogramın özilişkilerinin kullanılmasının, süzgeç boyunun ve giriş dalgacıklarının faz özelliklerinin sonuca olan etkileri incelenmiştir. Şimdi de, gürültünün sonuca olan etkisini araştırmak üzere birkaç örnek verilmektedir.

Şekil 7'deki örnekte sismogramlara % 5 ve % 20 oranlarında bir beyaz gürültü ilave edilerek gürültülü sismogramlar elde edilmiştir. Şimdi, süzgeç katsayıları aynı yöntem ile tekrar hesaplanmakta ve sismogram bu yeni süzgeç ile süzülmemektedir. % 5'lik gürültü durumunda süzülmemiş sismogramda aranan impulslar biraz daha değişmiş olarak, fakat belirgin bir şekilde görülebilmekte, oysa % 20 oranındaki gürültü durumunda impuls şekilleri önemli bir derecede değişmeye başlamışlardır. Ancak faz-

lar yine de belirgindirler. Yapılan bir dizi incelemeler sonucunda gürültü/sinyal oranının artmaya başladığı durumlarda sonucun kötüleştiği izlenmiştir.

Şekil 8a'daki örnekte 3.5 KHz O.R.E. sinyalleri simule edilerek biçim süzgeçlemesi denemesi yapılmaktadır. Burada giriş dalgacığı olarak 39 nokta uzunluklu ve 10 nokta peryotlu bir sinüs dalga paketi, bir sweep kullanılmıştır. Bu dalgacık ile oluşturulan sismogram şeklin üst tarafında verilmektedir. Jeolojik modelin bilinmediği ve ortamın kaç tabakalı olduğu önceden kestirilemediği durumlarda, üstteki sismograma bakıp yorum yapmak oldukça güçtür ve yapılan değerlendirme yanlış olabilir. Hele ki, bu sismogramda zamanla değişen kazanç (TVG) ayarı yapıp, sonradan gelen fazların genlikleri daha da artırıldığı durumda sismogramın bir sürü impulsdan oluştuğu görülür. Eğer, burada bir Wiener-Optimum Biçim Süzgeci hazırlanıp sismogram süzülecek olursa, orijinal sismogramdaki dalga paketleri bir nevi preslenerek dar bir sinyal durumuna getirilmeye çalışılmış olur.

Sismogramın öz ilişkisi kullanılarak yapılan süzgeçlemede sonuç son derece tatminkar ve yeterlidir. Bunun, şeklin üst tarafındaki orijinal sismogram ile kıyaslanması halinde aradaki farkın ne kadar önemli olduğu açıkça görülebilir. Şimdi, bu sismogramlardaki genlikler uygun bir "threshold" seviyesinde kesilecek ve bunlar profil halinde gösterilecek olursa, Şekil 8b'deki kesitler ortaya çıkmaktadır. Bunlardan solda olanı biçim süzgeçlemesi yapılmadan önceki orijinal sismogramlardan, sağda olanı ise süzgeçleme yapıldıktan sonraki sismogramlardan elde edilmiştir. Aralarındaki fark şüphesiz oldukça fazladır ve sismik kesitlerde bu yöntem ile yüksek ayrımlılık kazanılmaya çalışılmıştır.

SONUÇLAR:

Yukarıda verilen örneklerden görüldüğü gibi, biçim süzgeçlemesinin muhtelif uygulamaları yapılmıştır. Bunlar arasında süzgeç boyunun, beyaz gürültünün ve giriş dalgacığı türünün v.b. kriterlerin sonuca olan etkileri incelenmiştir. Teoriden de beklendiği gibi, en iyi sonuç, giriş dalgacığının en küçük gecikmeli olması durumunda alınmıştır. En büyük gecikmeli veya karışık gecikmeli giriş dalgacıklarından olması durumunda süzgeç katsayılarının hesaplanışında arzu edilen çıkış dalgacığına, giriş dalgacığının fazına göre uygun bir gecikme verilmektedir.

Bu gecikme miktarının doğru bir şekilde seçilebilmesiyle süzgeçleme sonucu daha da iyileştirilebilir.

Süzgeç boyunun optimal bir uzunlukta kesilmesi- nin gerçek çıktı üzerinde olumlu, buna karşılık sismogramlarda artan beyaz gürültü oranının ise olumsuz yönde etki ettiği görülmüştür. Bütün bu mülahazalar altında çıkan sonuç şu olmuştur ki: Wiener-Optimum Biçim Süzgeçleri kullanılarak sismogramlar üzerinde ayrımlılığın artırılması ile sismik verilerden jeolojik yapı hakkında daha sıhhatli bilgilerin çıkartılması mümkün olabilmektedir. Böylece, airgun vb. enerji kaynaklarından herhangi bir dizilim oluşturmadan veya "wave-shape kit" vb. gibi herhangi bir mekanik aksam kullanmadan da, bu yöntem ile üstelik sismik verilerde herhangi bir penetrasyon kaybını göze almadan ayrımlık kazanılabilmektedir. Yani, hem penetrasyon, hem de rezolüsyon beraberce elde edilerek çalışmadan beklenen sonuca ulaşılmış olmaktadır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

Baysal, E., 1984- Sismik Veri İşlem T.P.A.O. Yayınları, Ankara.

Baysal, E., 1985- Frekans Ortamında Ters Evrişim, Jeofizik 25. Yıl Özel Sayısı, s. 3-30.

Bolt 1974- Par Airgun, Bolt Assoc. Inc. Bulletin, Norwalk.

Fertig, J.1982- Ebene Wellen in geschichteten Medien, Sem. Beit. "Num. Methoden f. seism. Wellenausbreitung u. elektromag. Induktion", p. 37, Neustadt / Weinstrasse.

Robinson, E.A.; Treitel, S., 1967- Principles of Digital Wiener Filtering, Geophysical Prospecting, Vol. 15. pp. 311-333.

Treitel, S.; Robinson, E.A., 1966- The Design of High - Resolution Digital Filters, I. E.E.E. Transactions on Geoscience Electronics, Vol. GE-4, No.1, pp. 25-38.

Yılmaz, Ö., 1976- Refleksiyon Sismolojide Rezolüsyon ve Reverberasyon Problemleri, Jeofizik, Cilt 5, No. 2, s.1-51.