



Sismik yığma izlerinin karmaşık iz analizi ile ayrımlılık açısından değerlendirilmesi

Evaluation of stacked seismic traces with complex trace analysis in terms of resolution

Hakan KARSLI

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, TRABZON

ÖZ

Sismik yığma verilerinin karmaşıklıklarının giderilmesi ve ayrımlılığın iyileştirilmesi için bilinen yöntemlere ek olarak, bu verilerinin zaman bağımlı genlik ve faz bilgileri birbirinden bağımsız olarak işlenebilir. Bunun için gerçel yığma verilerinden Hilbert dönüşümünün kullanımı ile karmaşık iz verileri elde edilir. Böylece, sismik yığma verilerinin genlik bilgisi karmaşık izin zarfı ve faz bilgisi de karmaşık izin argümanı ile temsil edilir. Genel olarak zarf izlerinin üzerindeki en büyük değerler ile yansıma dalgacıklarının en büyük değerlerinin uyumlu olduğu kabul edilir. Ancak, sismik yığma verilerinin girişimli ve düşük ayrımlı olmasından dolayı söz konusu bu uyum geçerliliğini yitirir. Eğer uygun işlemlerle yansıma dalgacıklarının girişimi ve yan salınımlarının etkileri azaltılırsa, yığma verisinin frekans içeriği zenginleştirilebilir, yani ideal spektruma (beyazlaşmış spektrum) yaklaştırılabilir ve yığma kesitlerinin görünümü daha basitleştirilebilir. Böylece, yığma verilerinin zamansal ve uzaysal değişimleri ayrımlılık açısından yeniden değerlendirilebilir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için önerilen yöntem, zarf izlerinin düşük frekans bileşeninin çıkarılması ve elde edilen yeni izin normalize edilmiş faz izi ile doğrusal olarak belirli koşullar için birleştirilmesinden oluşmaktadır. Bu amaçla yapılan işlemlerde, başlangıç ve sonuç verilerinin (izler veya kesitler) genlik spektrumları karşılaştırılmıştır. Böylece, başlangıç verilerine göre frekans içeriği zenginleştirilmiş ve dolayısıyla yığma verilerinin düşey ve yanal yöndeki değişimlerinin açıklanmasına yardımcı olabilecek yeni veriler hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ana ve yan salınımlar, ayrımlılık, karmaşık iz, sismik yığma izleri.

ABSTRACT

In addition to conventional methods, time dependent amplitude and phase information of stacked seismic data can be processed independently in order to reduce the complexity and improve the resolution. Complex trace data are obtained from real stacked data by using of Hilbert transformation. Therefore, the amplitude and the phase information of stacked seismic data are sequentially represented by envelope and phase information, tangent of complex trace data. In general, the maximum values on envelope traces and the maximum values of reflection waves are accepted to be matching. However, this matching is invalid due to the fact that seismic data are interfered and low resolved. If the interference of reflection waves and the effects of their side lobes can be reduced, the frequency content of stacked seismic data will be enhanced, that is, it can be approached to the ideal spectrum (whiting spectrum) and the view of stacked sections can be simplified. So, the temporal and the space changes of stacked data can be reevaluated in terms of resolution. The method proposed to realize consists of the omission of the low frequency components of envelope traces and the combination of the obtained new trace with the normalized phase trace linearly in specific conditions. In the processes performed for this purpose, the amplitude spectrums of initial and result data (traces or sections) were compared. The new data, whose frequency content was enhanced according to that of initial data will enable to explain the vertical and lateral changes of stacked data, were calculated.

Key words: Main and side lobes, resolution, complex trace, seismic stacked trace.

GİRİŞ

Sismik dalga alanları yer içinde yayılırken; yüksek frekans bileşenlerinin sönümlenmesinden, dalgacığın yan salınımlarının etkisinden ve ortamın karmaşık jeolojik yapısından dolayı girişimli karaktere sahiptirler (Berkhout, 1984; Knapp, 1993). Bu karakterdeki sismik veriler doğru yapısal, stratigrafik ve litolojik bilgileri elde etmek için farklı işlem teknikleri ile analiz edilirler. Bu analizler için geliştirilen işlem adımları; sismik verileri güvenilir, basit gösterimli ve yüksek ayırmalı yapacak şekilde düzenlenmelidir. Bu amaçla, genel olarak sismik veriler ters evrişim, yığma ve göç uygulamaları ile değerlendirilmektedir (Yılmaz, 1987). Her bir uygulama sismik veriye yeni bir nitelik kazandırır. Ters evrişim; sismik dalgacığı sıkıştırarak zamansal düşey ve kısmen yatay ayırmalılığı arttıran ve tekrarlı yansımaları bastıran bir işlem olup, sismik veri işleminin değişmez bir uygulamasıdır. Yığma uygulaması sismik verilerin kayıt ortamından işlem ortamına geçişini sağlar ve bir çeşit veri sıkıştırma ve rasgele gürültü bastırma işlemidir. Göç uygulaması, sismik veriden yayılım kayıpları ile saçılmaları kaldıran ve eğimli olayları doğru yerlerine taşıyan bir işlemidir.

Yığma uygulamasının, birçok atış kaydı ile toplanan sismik verilerin bir arada değerlendirilmesini sağladığı için özel bir önemi vardır. Çünkü yığma işlemi, aynı yansıma derinliğinden kaydedilmiş yansımaların açılım etkisi giderildikten sonra doğrusal olarak üst üste toplanması şeklinde gerçekleştirilir. Bu özelliklerinden dolayı yığılmış sismik yansıma verilerinden tabakalı ortamların genel yapıları hakkındaki ilk bilgiler elde edilebilir. Özellikle, tabakalanmanın sınırlarının düşey ve yatay yönde en doğru şekilde saptanması için yığılmış sismik yansıma verileri yeterli ayırmalılıkta ve daha basit görünümlü olmalıdır (Taner ve Baysal, 1994). Ancak bu niteliklerin sağlanması için, sismik veri işleminin yukarıda bahsedilen temel uygulamaları her zaman yeterli çözüm olmayabilir. Bu nedenle, yığma verileri üzerinde ara işlemlerle yeniden değerlendirme yapılabilir. Bu işlemler, genel olarak yığma verilerinin daha doğru yorumlanabilmesi için genlik ve faz içeriklerinin zaman ortamında düzenlenmesi ve karmaşıklıklarının azaltılıp birincil yansıma dalgacıklarının güçlendirilmesi amacıyla yapılmaktadır (Ak, 1988).

Geleneksel veri işlem uygulamalarında yığılmış sismik veriler üzerindeki yansıma dalgalarının düzenli ve dalga şekillerinin hemen hemen sabit ve genlik değişimlerinin az olduğu varsayılmaktadır. Ancak bu varsayımlar karmaşık jeolojik yapıları ortamlarda geçerli değildir (Gelchinsky ve Karaev, 1980a, b). Bu nedenle, sismik yığma verileri faz ve grup özellikleri ile tanımlanabilen karmaşık dalga gruplarından ibaret düşünülebilir (Shtivelman vd., 1986). Bunun için yığma verilerini (izlerini) karmaşık (analitik) olarak tanımlamak gerekir. Vektörel işlemleri gerektiren karmaşık iz tanımlaması ile birlikte esas olarak gerçel, sanal, zarf, zaman bağımlı faz ve frekans izleri türetilmekte olup, elde edilen tüm bu izler aynı problem için değerlendirilmektedir (Farnbach, 1975; Taner vd., 1979, 1980). Böylece, karmaşık tanımlı sismik izler üzerinde yapılan ara işlemlerle sismik izlerin karmaşıklığı azaltılarak görünümleri basitleştirilir ve zamansal ayırmalılık arttırılabilir.

Bu çalışmanın amacı; karmaşık iz zarfını sismik işlemde kullanarak, birincil sismik yansımaların frekans içeriğini zenginleştirip onları daha iyi tanımlanabilir bir duruma getirmek ve sismik kesitleri daha basit görünümlü yapmaktır. Sismik yığma izlerinin kararlı bir şekilde karmaşık izlere dönüştürülmesinde Hilbert dönüşümü (Bracewell, 1965) kullanılmıştır. Böylece sismik izin genlik ve faz bilgisi ayrıştırılmış ve yapılan ara işlemlerden sonra doğrusal olarak birleştirilmiştir. Uygulamalar yapay ve arazi verileri üzerinde yapılmış ve elde edilen sonuçlarla giriş verilerinin spektral içerikleri ayırmalılık açısından değerlendirilmiştir.

YÖNTEM

Genel olarak, bir sismik iz genlik ve faz bilgileri kullanılarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$S(t)=R(t) \text{ Cos}\theta(t) \quad (1)$$

Burada; R(t) sismik izin genlik veya zarf, $\theta(t)$ ise sismik izin zaman bağımlı faz bilgisidir. Eşitlik (1), sismik izin fazı karıştırılmaksızın, yalnızca genliğinin değerlendirilebileceğini göstermektedir. R(t)' nin ve $\theta(t)$ ' nin bir sismik izden nasıl belirleneceği önemlidir. Bunun için kaydedilmiş gerçel S(t) sinyali ve bu sinyalin Hilbert dönüşümü ile hesaplanan sanal sinyali ile oluşturulan karmaşık iz tanımlaması gerekmektedir. Gele-

neksel sismik iz, normal koşullar altında, karmaşık bir sismik izin gerçel bileşeni olarak kabul edilmektedir. Sismik iz nedensel bir zaman serisi olduğu için, karmaşık izin sanal bileşeni Hilbert dönüşümü kullanılarak gerçel bileşenden kolaylıkla hesaplanabilir (Bracewell, 1965). Hilbert dönüşümü bir sinyalin fazını $\pm 90^\circ$ kaydıran bir süzgeç olduğu için, karmaşık izin gerçel ve sanal bileşenlerinin frekans ortamı fazları birbirine göre $\pm 90^\circ$ kaymış olur. Buna karşılık genlik spektrumlarında herhangi bir değişim olmaz. Bir karmaşık iz analitik olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C(t) = S(t) + i Q(t) \quad (2)$$

Eşitlik 2' de $S(t)$ gerçel bileşeni ve $Q(t)$ sanal bileşeni göstermektedir. Hilbert dönüşüm süzgeci H ile gösterilirse, $Q(t)$ sanal bileşeni aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Q(t) = H[S(t)] = R(t) \sin\theta(t) \quad (3)$$

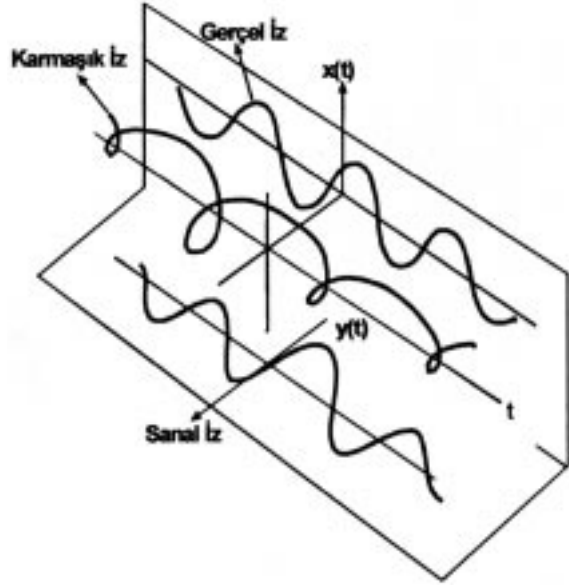
Eşitlik 2, açık olarak vektör özelliklerinin kullanılabilirliğini göstermektedir. Böylece $R(t)$ ve $\theta(t)$ aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$R(t) = (S(t)^2 + Q(t)^2)^{0.5} \quad (4)$$

ve

$$\theta(t) = \arctan(Q(t)/S(t)) \quad (5)$$

Karmaşık iz, karmaşık düzlemde sürekli olarak dönen ve boyunda değişim olan bir vektör olarak düşünülebilir. Bu durumda $R(t)$, vektörün genliği göstermekte olup sismik izin zarfına eşittir ve anlık olarak yansıma dalgacığının genliğinin bir ölçüsüdür. $\theta(t)$ ise karmaşık düzlemde verilen bir zamanda gerçel bileşen ile sanal bileşenin arasındaki açının tanjantı olan ve zamanla değişen bir argümanı göstermektedir. Faz bilgisi zamandaki bir nokta ile ilişkilidir ve anlık faz olarak ifade edilir. Buradaki faz bilgisi, Fourier dönüşümü ile hesaplanan frekans bağımlı faz bilgisi ile karıştırılmamalıdır. Karmaşık izin gerçel ve sanal düzlemler üzerindeki iz düşümleri gerçel ve sanal izleri gösterir (Şekil 1). Şekil 1'den görüleceği üzere, karmaşık iz sarmal şekilli iken bileşenleri düzenlidir. Eşitlik 1 aşağıdaki gibi yeniden düzenlenerek değerlendirilebilir.



Şekil 1. Gerçel ve sanal izlerin karmaşık izin düşey ve yatay düzlemdeki iz düşümleri olarak gösterimi (Taner vd., 1979' dan uyarlanmıştır).

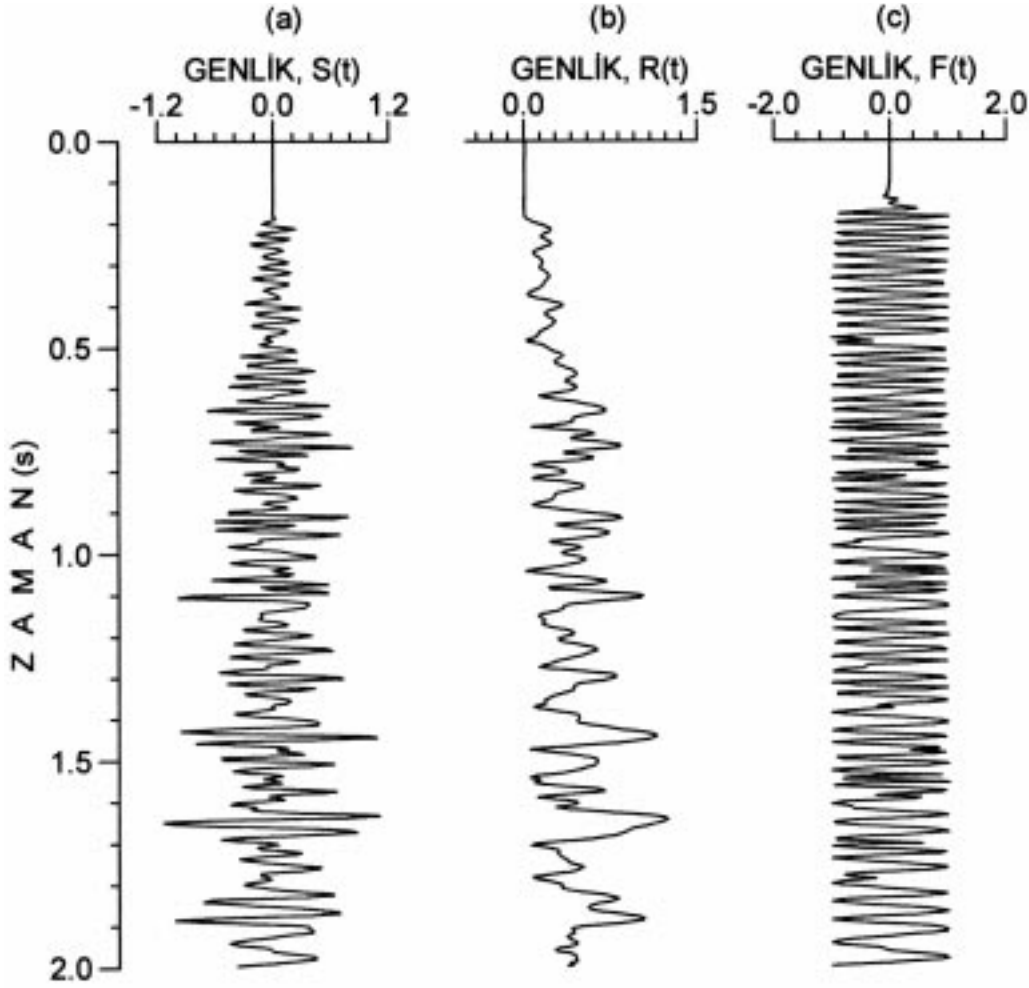
Figure 1. The display of real and imaginary components as projections on vertical and horizontal plane of complex trace (adapted from Taner et al., 1979).

$$S(t) = R(t) \cos\theta(t) = R(t) F(t) \quad (6)$$

$F(t)$, normalize edilmiş faz izini veya anlık fazın kosinüsünü göstermekte olup, aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$F(t) = S(t)/R(t) \quad (7)$$

Şekil 2, bir sismik izin zarf ve normalize edilmiş faz izlerini göstermektedir. Sismik izin bu şekilde ayrılması herhangi bir bilgi kaybına neden olmaz. Çünkü $R(t)$ ve $F(t)$ doğrusal olarak çarpılarak başlangıç izi tekrar elde edilebilir. Bununla birlikte, normalize edilmiş faz izi başlangıç sismik izinin frekans içeriğini korurken, zarf izleri oldukça düşük frekanslara sahiptirler. Ancak bu özellik alçak geçişli frekans süzgeci uygulamasından farklıdır. Çünkü, zarf izlerinin hesaplanması ile sismik izin yüksek frekansları sıfır frekansına doğru kaydırılırken, alçak geçişli frekans süzgeci uygulaması ile sismik izin yüksek frekans bileşenleri sönmümlenir veya tamamen atılır. Şekil 3'den sismik iz ve bu sismik izin zarf ve normalize edilmiş faz izlerinin spektral davranışları açıkça görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere



Şekil 2. Bir sismik yığma izinden hesaplanan zarf ve normalize edilmiş faz izlerinin gösterimi: (a) sismik yığma izi, S(t), (b) zarf izi, R(t) ve (c) normalize edilmiş faz izi F(t).

Figure 2. The display of envelope and normalized phase traces calculated from a stacked seismic trace: (a) stacked seismic trace, S(t), (b) envelope trace, R(t) and (c) normalized phase trace F(t).

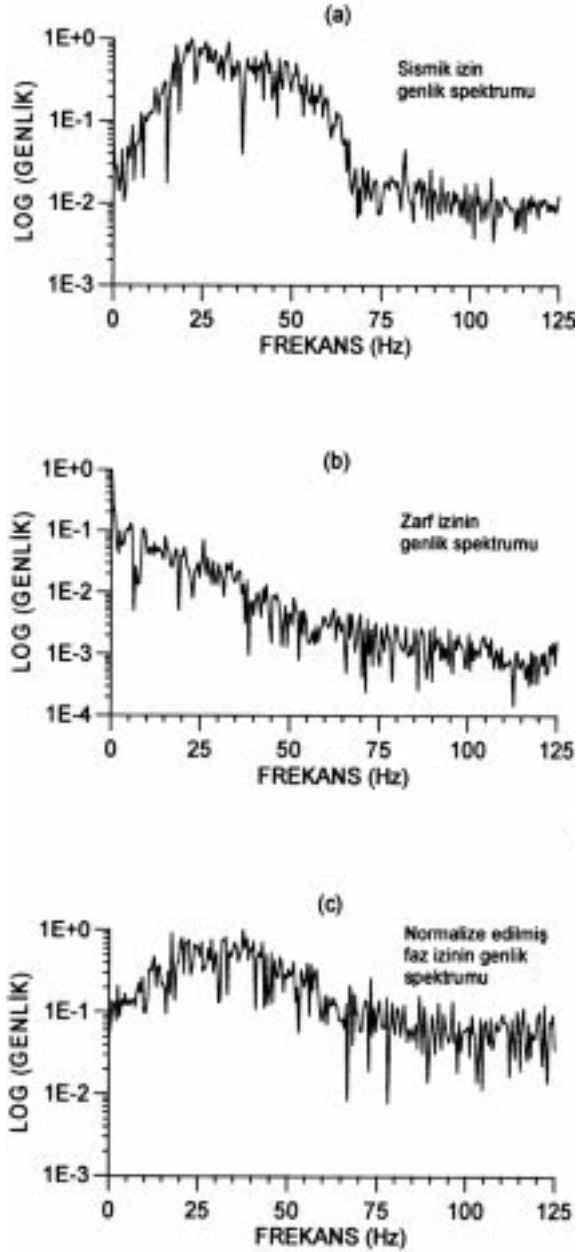
re, sismik izin genlik spektrum eğrisine göre (Şekil 3a) zarf izinin genlik spektrum eğrisi (Şekil 3b) düşük frekanslara doğru bir yığılma eğilimi göstermektedir. Buna karşılık normalize edilmiş faz izinin genlik spektrum eğrisi (Şekil 3c) ile sismik izin genlik spektrum eğrisinin iyi bir uyum içinde olduğu görülmektedir.

Eşitlik 4'ten görüldüğü gibi, zarf, R(t) izleri zamanın fonksiyonu olarak pozitif değerlidirler. Ancak bu pozitif zarf değerleri, başlangıç izine benzer şekilde, pozitif ve negatif değerli olarak salınımlı hale getirilebilir. Bunun için, verilen bir ΔT zaman penceresi içinde, R(t)' nin kayan ortalaması olarak zarfın düşük frekans bileşeni b(t) hesaplanarak R(t)' den çıkarılır.

$$g(t)=R(t)-b(t) \quad (8)$$

$$b(t) = \frac{1}{\Delta T} \sum_{t-\Delta T}^{t+\Delta T} R(t) \quad (9)$$

B(t), büyük zaman pencereleri için R(t)' nin düşük frekans bileşenlerine yaklaşır. Eğer b(t), R(t)' den çıkarılır ise, zarf izinden salınımlı yeni bir iz, g(t), hesaplanır. Bu yeni g(t) izleri, grup izleri olarak adlandırılır (Shtivelman vd., 1986). Şekil 4'te R(t), b(t) ve g(t) izleri arasındaki ilişkiler açıklanmaktadır. Şekil 4'ten, herhangi bir sismik izin, normalize edilmiş faz izi ve grup izi bileşenlerine ayrılabilir ve tekrar bu bileşenlerin doğrusal olarak birleştirilmesiyle elde edilebilir



Şekil 3. Şekil 2a, 2b ve 2c' deki izlerin genlik spektrumlarının karşılaştırılması. (a) yığma, (b) zarf ve (c) normalize edilmiş faz izlerinin genlik spektrumları.

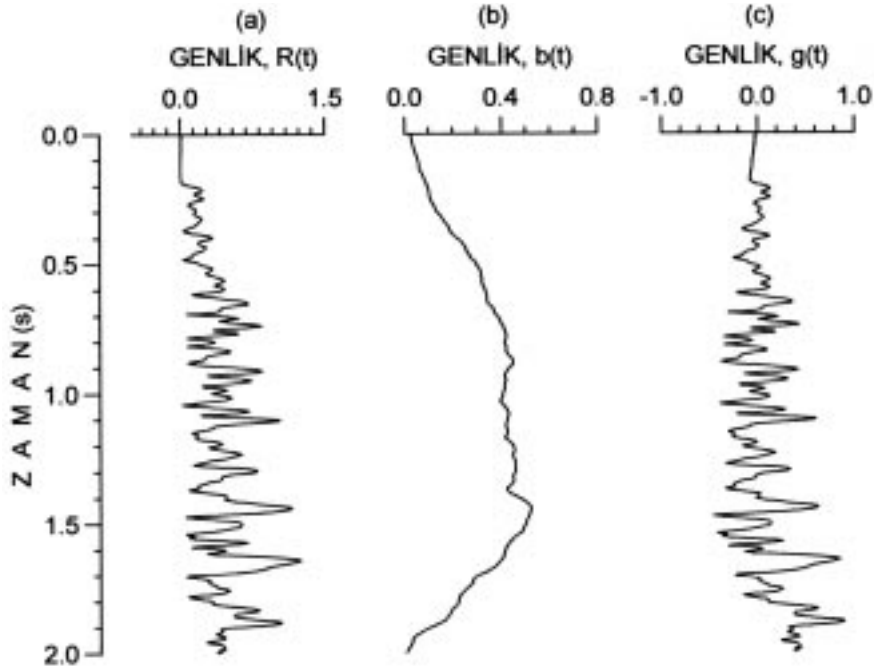
Figure 3. The comparison of amplitude spectrums of traces in figure 2a, 2b and 2c. Amplitude spectrums of (a) stacked seismic trace, (b) envelope trace and (c) normalized phase trace.

özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Ayrılabilen izler daha sonra aşağıdaki koşullar için yeniden birleştirilerek başlangıç izi ile karşılaştırılabilirler (Shtivelman vd., 1986).

$$\begin{aligned} g(t) \cdot F(t) &= h(t) & g(t) > 0 & (10) \\ 0 &= h(t) & g(t) \leq 0 & (11) \end{aligned}$$

Eşitlik 10 ve 11, dalgacığın ana ve yan salınımları göz önüne alınarak açıklanabilir. Bir sismik yansıma dalgacığı, ana ve yan salınımlardan oluşur. Sismik yansıma kesitlerinin jeolojik yorumu, bu dalgacıkların ana salınımlarının davranışına göre yapılır. Çünkü yan salınımlar dalgacığın spektrumunu düşük frekanslara çekerler. Şekil 5a'da 20 Hz'li ve 200 ms'n'lik bir Ricker dalgacığı ve onun zarf izi gösterilmektedir. Şekil üzerinde dalgacığın ana ve yan salınımları işaretlenmiş, yan salınımların genliği ise δA ile gösterilmiştir. Zarf izinin tamamen artı değerlerden oluştuğuna ve dalgacığın yan salınımlarının etkilerini de içerdiğine dikkat edilmelidir. Eğer, zarf izinden uygun bir fonksiyon çıkarılır ise, başlangıçtaki gibi salınımlı bir dalgacık şekli elde edilebilir. Ancak, genlik değerlerinde bir azalma olur. Genlik azalımı, ana salınımına göre yan salınımlar üzerinde daha fazladır. Yan salınımların etkisinin azalmış olması sismik işlemde arzu edilen bir sonuçtur. Zarf izinden grup izinin elde edilmesi ve Şekil 5a' daki Ricker dalgacığının normalize edilmiş faz izi Şekil 5b' de verilmiştir. Normalize edilmiş faz izi dalgacığa oldukça benzer olup, daha büyük genlikli yan salınımlara sahiptir. Buna karşılık, grup izinin yan salınımları düşük genliklidir. Eşitlik 10 ve 11' in uygulanması ile elde edilen sonuç iz ve onun zarf izi Şekil 5c' de verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, yan salınımların zaman genişlikleri ve genlikleri, δB , azalmıştır. Dolayısıyla zarf izinin de zaman genişliği daralmıştır. Şekil 5a' daki başlangıç Ricker dalgacığı ve Şekil 5c' deki sonuç dalgacığı için genlik spektrum eğrileri hesaplanmış ve Şekil 5d' de gösterilmiştir. Yan salınım genliklerinin azaltılmasının spektrum üzerindeki etkisi, sonuç izinin spektrumunun ideal spektruma (yalnızca yansıma katsayıları olma durumu) yaklaşması şeklinde kendisini göstermiştir. Burada herhangi bilgi kaybı söz konusu değildir. Eğer öyle olsaydı, dalgacığın genel şeklinde (en küçük fazlı yada karışık fazlı dalgacık olma gibi) ve spektral içeriğinde bir bozulma olması gerekirdi. Uygulamalarda dikkat edilmesi gereken en önemli husus zaman penceresinin, ΔT , belirlenmesidir. Bunun için bu çalışmada aşağıda verilen kriter göz önüne alınmıştır.

$$\Delta T \geq N/8 \quad (12)$$



Şekil 4. Şekil 2a' daki sismik yığma izinden grup izinin hesaplanmasının bir uygulaması: (a) zarf izi, $R(t)$, (b) zarfın düşük frekans bileşeni, $b(t)$, ve (c) grup izi, $g(t)$.

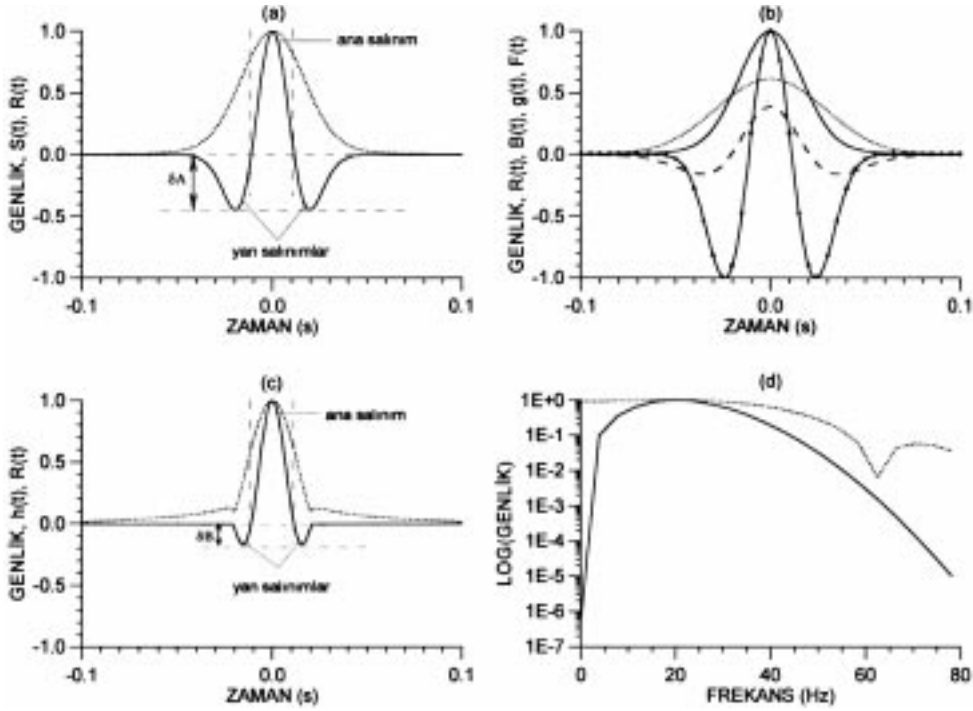
Figure 4. An application of group trace calculation from stacked seismic trace in figure 2a: (a) envelope trace, $R(t)$, (b) low frequency component of envelope, $b(t)$ and group trace, $g(t)$.

Eşitlik 12'deki N değeri işleme giren verinin örnek sayısıdır. Böylece, grup izinin, $g(t)$, negatif kısımlarının yansıma dalgacığının yan salınımlarına karşılık geldiği söylenebilir. Burada da $g(t)$ 'nin negatif salınımları sıfırlanarak başlangıç verisinin frekans içeriğinin zenginleştirildiği yeni izler hesaplanabilir. Böylece, $h(t)$ verisi büyük oranda ana salınımlı birincil yansımalar haline getirilebilir.

UYGULAMALAR

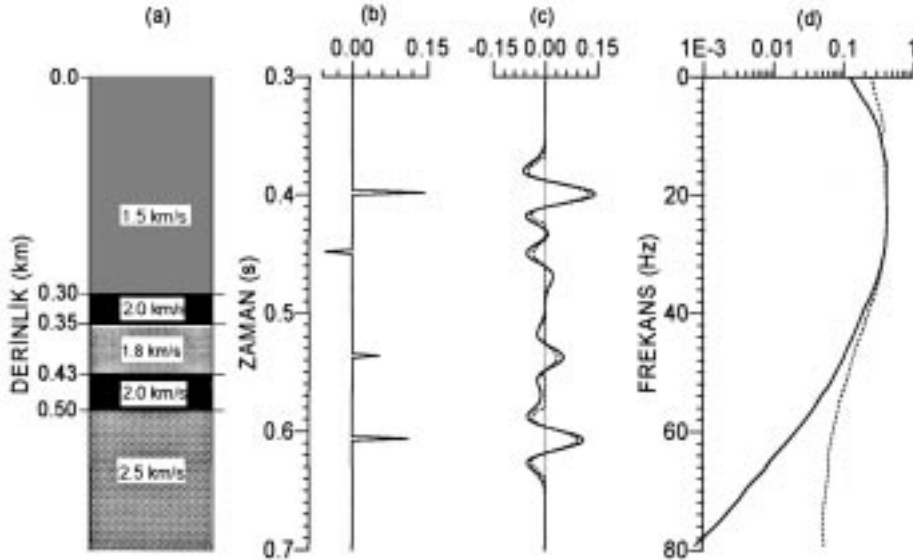
Sismik izlerin karmaşık izlere dönüştürülmesiyle türetilen yeni izlerin zaman ve frekans ortamı özelliklerini incelemek için, Şekil 6a'daki jeolojik kesitin yansıma katsayısı serisi (Şekil 6b) ile 20 Hz pik frekanslı bir Ricker dalgacığının evrişimi sonucu yapay bir sismik iz hesaplanmıştır ve Şekil 6c' de sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Sismik izin örnekleme aralığı 2 ms ve süresi 0.96 s' dir. Yansıma dalgacıklarının kayıt zamanları 0.3 s ile 0.7 s arasında olduğu için, izin bu kısmı gösterilmiştir. Şekil 6a' daki jeolojik kesite göre, her bir ara yüzeyden olan yansıma zamanları arasındaki zaman farklarının yetersiz olmasından dolayı, yansıma dalgacıklarının yan salınımları

birbirleri ile girişim yapmışlardır. Bu sismik iz için hesaplanan sonuç izi, $h(t)$, Şekil 6c' de noktali çizgi ile gösterilmiştir. Yapılan işlemin doğal bir sonucu olarak, sonuç izinin yan salınımları yanında ana salınım genliklerinde de göreceli olarak bir azalım meydana gelmiştir. Fakat, ana salınım genliğindeki azalım verinin spektral genişliğini etkilemez. Buna karşılık, yan salınımların genlikleri ve zaman genişliklerinin ilk ize göre azalması verinin spektral genişliğinde bir büyümeye neden olur. Genel olarak, eğer sismik iz yalnız yansıma katsayılarından ibaret olursa yani dalgacığın etkisi olmaz ise, spektrum eğrisi beyazlaşmış olur. Ancak, dalgacığın frekans bant aralığı ve yan salınımların etkisinden dolayı genlik spektrum eğrisi ideal değildir. Diğer bir ifadeyle, tüm frekanslardaki genlik dağılımı yeterli değildir. Bununla birlikte, iz üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile izin frekans içeriği zenginleştirilebilir. Bunu daha iyi görmek için, Şekil 6c' deki her iki izin hesaplanan genlik spektrum eğrileri Şekil 6d'de gösterilmiştir. Noktali çizgi ile gösterilen sonuç izine ait genlik spektrum eğrisinin frekans bandının ilk izinkine göre daha genişlemiş ve ideal duruma yaklaşmış olduğu açık olarak görülmektedir.



Şekil 5. Yan salınım etkisinin önerilen yöntemle azaltılmasının bir uygulaması: (a) Ricker dalgacı (sürekli çizgi) ve onun zarf eğrisi (noktalı çizgi), (b) Zarf (sürekli çizgi), düşük frekans bileşeni (noktalı çizgi), grup (kesikli çizgi) ve normalize edilmiş faz eğrileri (sürekli-noktalı çizgi), (c) sonuç eğrisi (sürekli çizgi) ve onun zarfı noktalı çizgi) ve (d) Ricker dalgacığının (sürekli çizgi) ve sonuç eğrisinin (noktalı çizgi) genlik spektrumları.

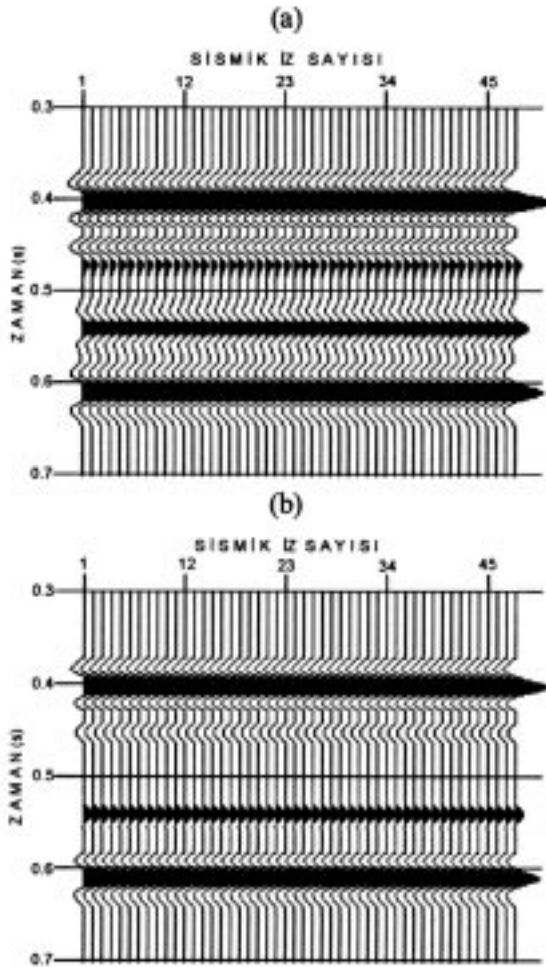
Figure 5. An application of side lobe reduction with the proposed method: (a) Ricker wavelet (solid line) and its envelope curve, (b) envelope (solid line), low frequency component (dotted line), group (dashed line) and normalized phase curves (solid line with points), (c) result curve (solid line) and its envelope (dotted line), and (d) amplitude spectrums of Ricker wavelet (solid line) and its result curve (dotted line).



Şekil 6. Yapay olarak hesaplanmış bir sismik yığma izinin değerlendirilmesi: (a) jeolojik model, (b) yansımaya katsayıları serisi, (c) sismik yığma izi (sürekli çizgi), $S(t)$ ve sonuç izi (noktalı çizgi), $h(t)$ ve (d) sismik yığma izinin (sürekli çizgi) ve sonuç izinin (noktalı çizgi) genlik spektrumları.

Figure 6. The evaluation of stacked seismic trace calculated synthetically: (a) geological model, (b) series of reflection coefficients, (c) stacked seismic trace (solid line), $S(t)$ and result trace (dotted line), $h(t)$, and amplitude spectrums of (b) stacked seismic trace (solid line) and result trace (dotted line).

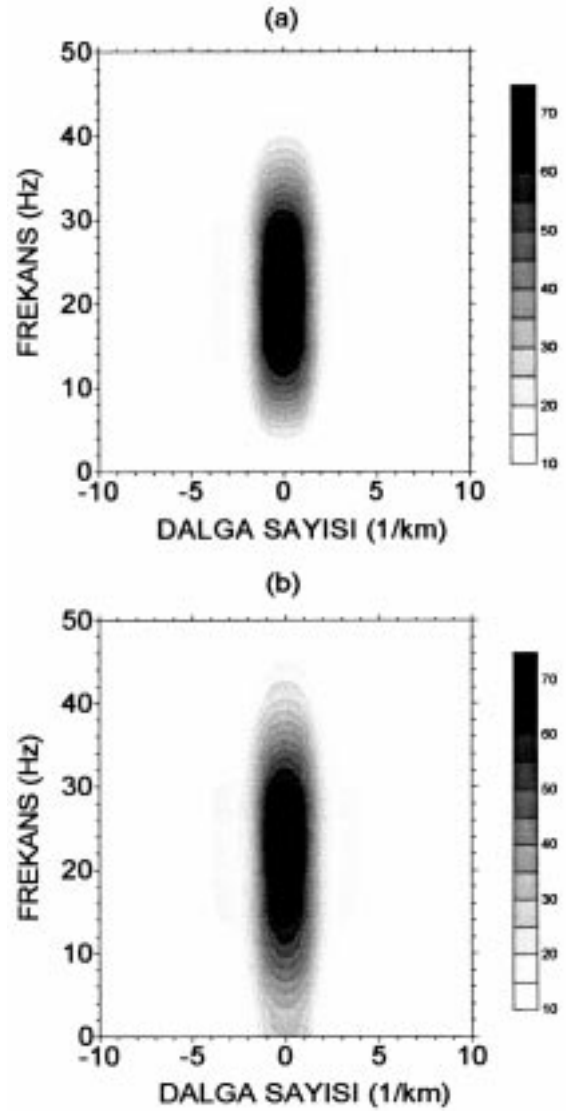
Önerilen işlemlerin sismik kesitlerin yanal yöndeki görünüşlerini ve devamlılıklarını nasıl etkilediğini görmek için, Şekil 6a'daki jeolojik kesit için sıfır açılımlı bir sismik kesit hesaplanmış ve Şekil 7a'da gösterilmiştir. Kesitin elde edilmesinde kullanılan kaynak dalgacığı ve diğer hesaplama parametreleri Şekil 6c'deki sismik izler için olanlarla aynıdır. Kesit üzerinde hem düşey yönde hem de yanal yöndeki yansıma ayrımlılığı ve sürekliliği iyidir. Ancak, ana salınımlar arasındaki kısımlarda yan salınım etkileri görülmektedir. Özellikle yaklaşık 0.46 s civarında yan salınım güçlenmiş bir şekilde kesit üzerinde yansıtıcı olarak durmaktadır. Şekil 7a' daki kesit



Şekil 7. Yapay bir yığma kesitinin değerlendirilmesi: (a) Şekil 6a' daki jeolojik model için hesaplanan sismik kesit, (b) önerilen yöntemle hesaplanan sonuç kesit.

Figure 7. The evaluation of a synthetic section: (a) seismic section calculated for geological model in Figure 6, (b) result section calculated by the proposed method.

için hesaplanan sonuç kesit Şekil 7b' de gösterilmiştir. Çok açık bir şekilde yan salınımlardan kaynaklanan bozucu etkiler azalmıştır ve kesit üzerindeki yansımaların düşey yödeki ayrımlılıkları ve yanal yöndeki süreklilikleri daha iyileştirilmiştir. Özellikle yaklaşık 0.46 s' deki olay kesit üzerinde görülmemektedir. Elde edilen bu sonuçlar, Şekil 7a ve 7b'deki kesitlerin Şekil 8a ve b' de gösterilen spektrumlarının karşılaştırılması ile desteklenmektedir. Şekil 8a'daki spektrumun en büyük genlikli bant genişliği 10-32 Hz arasında iken Şekil 8b'deki spektrumun en bü-



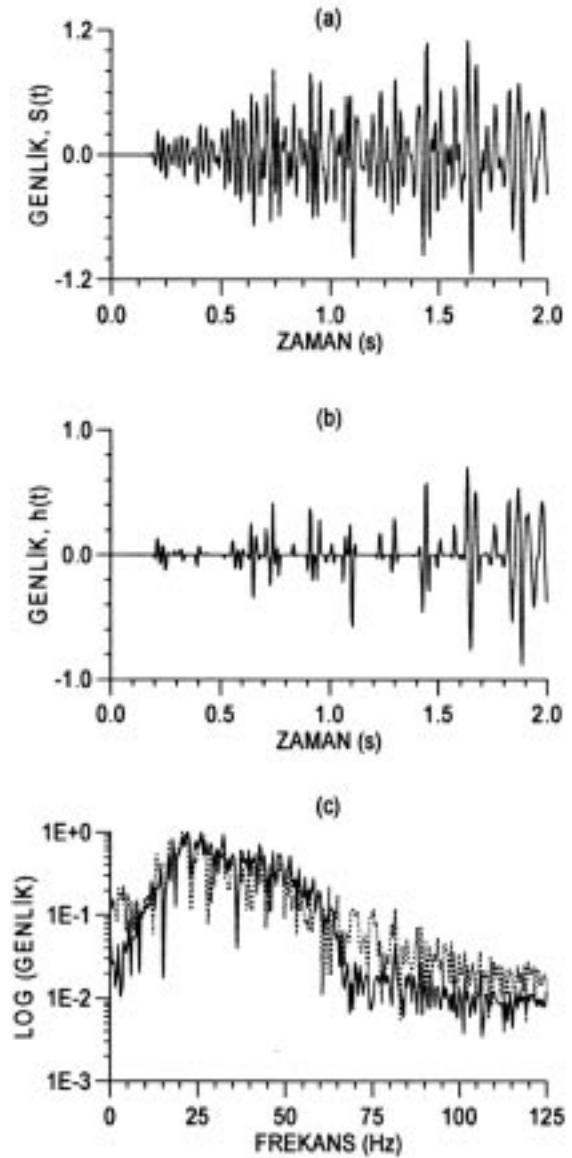
Şekil 8. (a) Şekil 7a' daki ve (b) Şekil 7b' deki yapay sismik kesitlerin spektrumları.

Figure 8. Spectrums of a synthetic seismic sections (a) in Figure 7a and (b) in Figure 7b.

yük bant genişliği artarak 8-36 Hz olmuştur. Bu bant genişlikleri, verilen ölçekteki 50-70 birim genlik değerlerine göre belirlenmiştir. Şekil 8b'deki spektrum değerlerinin düşük frekans (0-10 Hz) bölgesinde güçlenmiş olması, veriye düşük frekanslı bilginin eklenmiş olması şeklinde düşünülmemelidir. Çünkü, ideal spektrum (yansıma katsayılarının spektrumu) verinin bütün frekanslarında iyi bir dağılım gösteren spektrumdur. Ayrıca, verinin bütün frekanslarda iyi bir dağılım göstermesi, karmaşık bir jeolojik ortamdan kaydedilen yansıma dalgalarındaki düzensiz bir takım zaman kaymalarının da önlenmesini sağlayabilir (Ak, 1988).

Önerilen işlemlerin bir uygulaması, gerçek bir yığma izi üzerinde yapılmış olup elde edilen sonuçlar Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9a'da verilen yığma izi 4 ms örnekleme aralıklı olup, 500 örnekten oluşmuştur. Yığma izinin karmaşıklığı birbirine yakın olan yansımaların yan salınımlarının girişiminden ve saçılma dalgalarından kaynaklandığı açık olup, bu girişimler ve saçılmalar yansıma dalgacıklarına benzer olayların oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 9a'daki yığma izine önerilen işlemler uygulanmış ve elde edilen sonuç izi Şekil 9b'de gösterilmiştir. Başlangıç izi (Şekil 9a) ve sonuç izi (Şekil 9b) zamana göre değerlendirildiğinde, başlangıç izindeki karmaşıklık giderilmiş ve birincil yansıma olayları açık olarak ortaya çıkarılmıştır. Değerlendirme her iki izin genlik spektrumlarına (Şekil 9c) göre yapıldığında, noktalı çizgiyle gösterilen sonuç izinin frekans içeriğinin zenginleşmiş olduğu görülmektedir. Eğer, yapılan işlem sonucunda yansıma bilgileri sönmülmüş olsaydı, sonuç izinin genel spektral davranışı da bozulurdu. Aksine, Şekil 9c'den görüldüğü gibi, verinin spektral içeriği korunmuş olup, yapılan işlemlerle verinin tüm frekanslarına karşılık gelen genlik değerleri artırılmıştır.

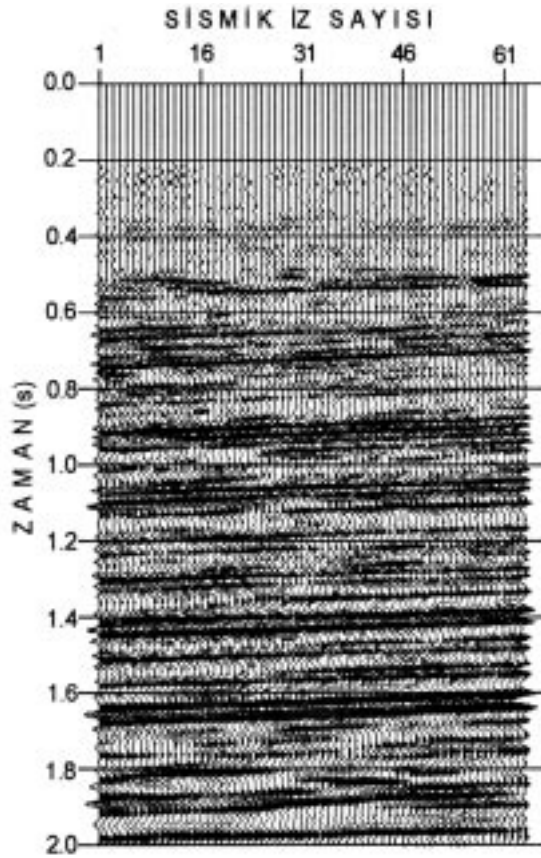
Şekil 10'da göç öncesi gerçek bir yığma verisi verilmiştir. Veri, 4 ms örnekleme aralıklı ve 64x500 (iz sayısı x izdeki örnek sayısı) boyutlarındadır. Genel olarak, göç uygulanmamış yığma verileri üzerinde düşey ve yanal yönde yarıltıcı yansıma seviyeleri olabilir. Bunlar, çoğunlukla saçılma yansımaları ve yan salınım etkilerinden kaynaklanabilir. Dolayısıyla, yığma verileri girişimli karaktere sahiptir ve karmaşık görünümlüdür. Şekil 10'da verilen kesitteki birinci iz üzerinden düşey yönde yaklaşık 0.5s, 0.74s,



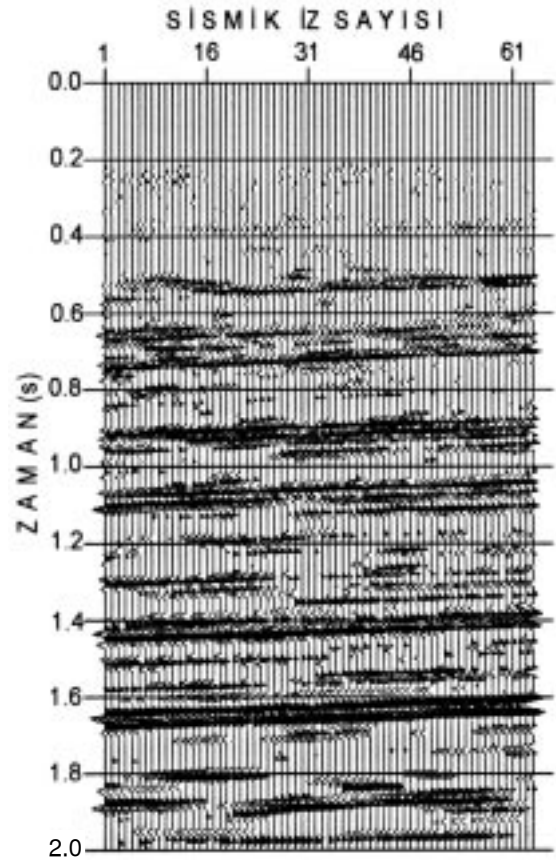
Şekil 9. Gerçek bir yığma izinin değerlendirilmesi: (a) gerçek yığma izi, $S(t)$, (b) elde edilen sonuç izi, $h(t)$ ve (c) başlangıç (sürekli çizgi) ve sonuç (noktalı çizgi) izlerinin genlik spektrumları.

Figure 9. The evaluation of a real stacked seismic trace: (a) real stacked seismic trace, $S(t)$ (initial), (b) obtained result trace, $h(t)$ and amplitude spectrum of (c) initial (solid line) and result (dotted line) traces.

0.9s, 1.1s, 1.43s, 1.65s' lerde yansıma seviyelerinin başlangıçları işaretlenebilir. Bu zamanlardan başlayarak yansıma seviyeleri yanal yönde izlendiğinde, süreklilikler bozulmaktadır ve bu seviyelerin düşey yöndeki ayrımlılıkları da açık değildir. Bununla birlikte, işaretlenen bu se-



Şekil 10. Gerçek bir yığma kesiti.
Figure 10. A real stacked seismic section (initial).



Şekil 11. Gerçek bir yığma kesitinden elde edilen sonuç kesiti.
Figure 11. The result section obtained from a real stacked seismic section.

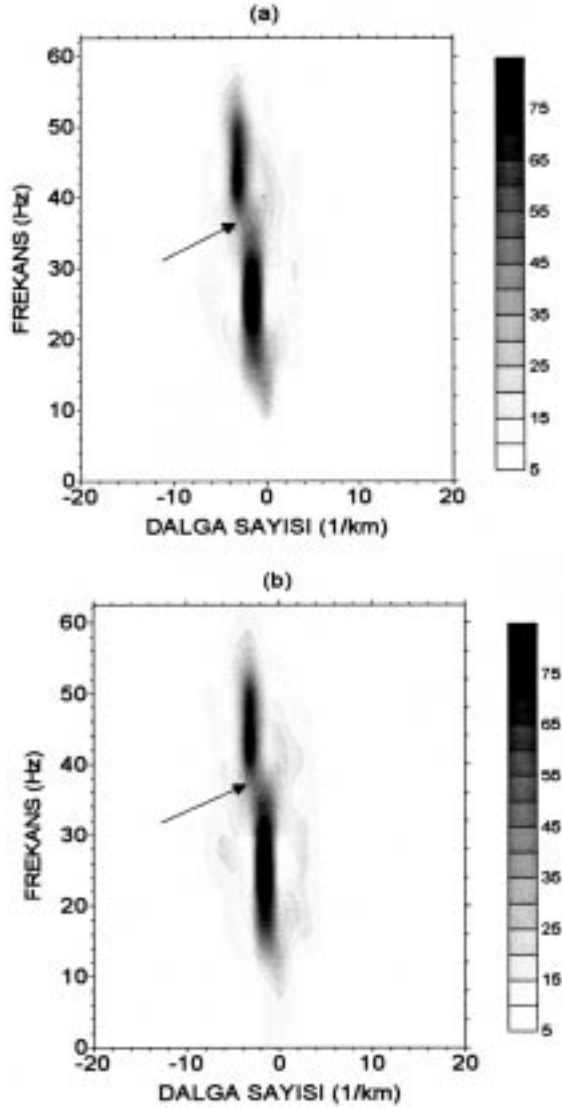
viyelerin ara zamanlarına düşen yansıma bilgileri belirsiz ve yanal olarak izlenmesi zordur. Şekil 10'daki yığma verisi için hesaplanmış sonuç kesiti Şekil 11'de gösterilmiştir. Şekil 10'daki kesiti üzerinde ara zamanlardaki bir çok olayın Şekil 11'deki sonuç kesiti üzerinde olmaması, bu olayların çoğunlukla jeolojik ortamın karmaşıklığının sonuçlarından ve yığma aşamasına gelene kadar yapılan bir dizi işlemin kalıntı etkilerinden kaynaklandığı şeklinde değerlendirilebilir. Böylece, Şekil 10'daki kesiti ile Şekil 11'deki sonuç kesiti birlikte değerlendirildiğinde, düşey ve yanal yöndeki yansıma değişimleri daha sağlıklı şekilde yorumlanabilir. Bununla birlikte, Şekil 10'da gösterilen kesitin düşey yöndeki karmaşıklığı azaldığından dolayı yansıma seviyeleri daha iyi seçilebilir (Şekil 11).

Başlangıç ve sonuç kesitlerinin spektral davranışlarına bakıldığında, açık olarak Şekil 12b'deki verinin genlik spektrum değerlerinin, Şekil 12a'daki başlangıç verisinin genlik spektrum de-

ğerlerine göre aynı frekans band aralığında, hem daha güçlenmiş ve hem de daha geniş bir frekans aralığına dağılmış genlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 12a'da ok işareti gösterilen kısımdaki genlik değişimi ölçeğe göre 35-45 arasında iken, Şekil 12b'de aynı kısımdaki genlik değişimi 45-55 arasındadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, ayrımlılık ve girişim karmaşıklığı açısından yığma aşamasındaki sismik izlerinin (verilerin veya kesitlerinin) karmaşıklığının tam olarak giderilememiş ve ayrımlılığın yeterince sağlanamamış olduğu göz önüne alınmıştır. Bu nedenle, yığma izlerinin zaman bağımlı genlik ve faz bilgileri üzerinde düzenleyici ara işlemler yapılarak mevcut karmaşıklık giderilmeye çalışılmıştır. Bu işlemler, yığma izlerinin vektörel temsil edilebilme karakterinden dolayı karmaşık



Şekil 12. (a) Şekil 10'daki ve (b) Şekil 11'deki yığma kesitlerinin spektrumları.

Figure 12. Amplitude spectrum of real stacked sections (a) in Figure 10 and in Figure 11.

izlere dönüşümü ile yapılmıştır. Gerçek izlerin kararlı bir şekilde karmaşık izlere dönüşümleri için, Hilbert dönüşümü esas alınmıştır. Gerçek izlerin Hilbert dönüşümü karmaşık izlerin sanal bileşenini oluşturmaktadır ve bu iz gerçek bileşenin 90° faz kaymış halidir. Karmaşık olarak tanımlanmış yığma izlerinden yeni izler hesaplanmış ve böylece yığma izlerinin yanal ve düşey yöndeki değişimlerinin daha iyi yorumlanmasına olanak sağlanmıştır.

Yığma izlerinin genlik bilgisinin karmaşık iz dönüşümü ile kolaylıkla faz bilgisinden bağımsız

olarak işlenebildiği açıklanmıştır. Yapılan işlemlerde verinin genel karakterinde herhangi bir bozulma olmamıştır. Yığma izleri, aksine zarf bilgisi üzerinde yapılan ikincil işlemlerle yeniden düzenlenmiş ve yorumlama için yeni izler hesaplanmıştır. Yapay ve arazi izlerinin başlangıç ve sonuç izlerinin genlik spektrumları arasında yapılan karşılaştırmalardan açık olarak; sonuç izlerinin tüm frekanslardaki genlik dağılımının ideal spektruma yaklaştığı görülmüştür. Böylece, yığma izleri üzerindeki yansıma dalgalarının yan salınımlarının, girişim karmaşıklığının etkileri azaltılmış ve sismik kesitlerin zamansal ayrımlılığı iyileştirilmiştir. Dolayısıyla, önerilen yöntemle hesaplanan yeni kesitler, başlangıç kesitleri ile birlikte değerlendirilmesi halinde, yeraltı jeolojinin açıklanmasına yardımcı olabilecek kesitlerdir. Model iz ve kesitler üzerinde yapılan uygulamalardan iyi sonuçlar alındığı halde gerçek arazi verisi üzerindeki yansımaların yanal yöndeki devamlılıklarının sağlanması hususunda aynı değerlendirmeleri yapmak güçtür. Bunun nedenleri olarak, verinin yansıma zamanlarındaki düzensizlikler ve bu düzensizliklerden kaynaklanan zaman kaymalarının dalgacık boylarına göre büyük olması söylenebilir. Bununla birlikte, önerilen yöntemin göç uygulanmış sismik yansıma verileri üzerinde uygulanması yanal yöndeki değişimlerin daha doğru değerlendirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bazı teorik temel ve varsayımlara dayanarak geliştirilen yöntem uygulama kolaylığı açısından kullanışlıdır. Bununla birlikte, burada yapılan tüm işlemlerin geleneksel veri işlem uygulama sıralamasında yapılan ikincil işlemler olarak değerlendirilmeleri gerekir.

KAYNAKLAR

- Ak, A., 1988. Karmaşık ortamların altında süreklilik için düşük frekans kullanımı. Jeofizik, 2, 17-26.
- Berkhout, A. J., 1984. Seismic Resolution; a quantitative analysis of resolving power of acoustical echo techniques. Geophysical Press Limited, London, 228 pp.
- Bracewell, R.N., 1965. The Fourier Transform and Its Applications. Mc Graw-Hill Book Co. Inc., Newyork, pp. 268-271.
- Farnbach, J, S., 1975. The complex envelope in seismic signal analysis. Bulletin of Seismological Society of America, 65, 951-962.

- Gelchinsky, B.Y., and Karaev, N. A., 1980 a. Heterogeneous seismic models formed by inclusions and investigation of wavefields in them. *Annales de Geophysique*, 36, 519-535.
- Gelchinsky, B.Y., and Karaev, N. A., 1980 b. Theoretical and model investigation waves scattered by quasithin bodies of arbitrary shape. *Annales de Geophysique*, 36, 509-518.
- Knapp, R. W., 1993. Energy distribution in wavelets and implications on resolving power. *Geophysics*, 58, 39-46.
- Shtivelman, V., Landa, E., and Gelchinsky, B., 1986. Phase and group time sections and possibilities for their use in seismic interpolation of complex media. *Geophysical Prospecting*, 34, 508-536.
- Taner, M. T., and Baysal, E., 1994. Seismic processing with consistent modules, EAGE-56th Meeting and Technical Exhibition, Session H009, Vienna, Austria.
- Taner, M. T., Koehler, F., and Sheriff, R. E., 1979. Complex seismic trace analysis. *Geophysics*, 44, 1041-1063.
- Taner, M. T., Koehler, F., and Sheriff, R. E., 1980, Reply to discussion of 'Complex seismic trace analysis', by Taner, M. T., et al (GEO-44-06-1041-1063): *Geophysics, Society of Exploration Geophysicists*, 45, pp.1878.
- Yılmaz, O., 1987. *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, pp.9.