

SİSMİK KIRILMA VERİLERİNDE İLK VARİŞ ZAMANLARININ ÇAPRAZ İLİŞKİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

First Arrival Picking in Seismic Refraction Data by Using Cross-Correlation Technique

Mustafa ŞENKAYA^{1,a}, Hakan KARSLI^{1,b}

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

(^amsenkaya@ktu.edu.tr, ^bhkarqli@ktu.edu.tr)

ÖZET

Sismik kırılma kayıtlarının kaliteli yorumu ilk varış zamanlarının doğru ve güvenilir bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. İlk varış zamanlarının bir grafik veya görüntü üzerinden elde edilmesi, işaretlemeleri verinin görüntülenme ölçeği ve kalitesi, genlik oranı, işaretleyici hassasiyeti, işaretlemeyi yapan kullanıcının deneyimi gibi dış etkenlere bağlıdır. Gürültü içeren verilerin ilk varış işaretlenmesinde ise, durum daha karmaşık bir hal alır. Bu çalışmada yansıma veri işleminde yaygın olarak kullanılan çapraz ilişki işlemi, gürültülü veya gürültüsüz sismik kırılma verilerinde ilk varış zamanlarının işaretlenmesinde kullanılmıştır. Hazırlanan algoritma sayesinde işaretlemeler yarı otomatik yapılarak, ilk varış zamanlarının kullanıcıya bağımlılığı azaltılmış, çevresel gürültülerden veya görüntülenme özelliklerinden kaynaklanabilecek hatalı işaretlemeler indirgenmiş ve işaretlemeler matematiksel bir temele dayandırılmıştır. Geliştirilen yöntem, 3 farklı gürültü içeriğine sahip konvolüsyon modelleri ve farklı sahalardan elde edilen, farklı gürültü karakterlerine sahip saha verileri üzerinde sınanmıştır. Yapılan işaretlemelerin performansı Ki-Kare hata kriteri ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, manuel (el ile, normal işaretleme) olarak işaretlenen varış zamanları ile ilişki tekniği yardımıyla işaretlenen varış zamanları arasındaki küçük zaman farklarının sismik kırılma verilerinin değerlendirilmesinde yaratacağı farklılıklar kırılma tomografisi çözümleri ile ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: sismik kırılma, ilk varış zamanı, çapraz ilişki, çevresel gürültü

ABSTRACT

The quantified interpretation of the seismic refraction record depends on correct and confident picking first arrival times. the determination of the first break times on a graphic or an image was carried out by many

external factors such a scaling and quality of data imaging, visual inspection of the amplitudes, sensitivity of picking cursor, operator's eye estimation capacity and experience, and waveform changes. However, Picking of first arrivals of data containing noise becomes more complicated. In this study the cross-correlation technique, commonly used in reflection data processing, was applied to determine first arrival times. By means of the technique, the process of the first arrival time picking is realized semi-automatically, dependency of user was reduced, erroneous picking to be arise from noises was decreased and picking procedure was attributed to mathematical base. The developed technique was tested on convolution models with three different noise content and on real field data have various noise characters. Accurate of picking times is provided by chi-square error test. Also, effects of time differences between traditionally and semi-automatic picking by cross-correlation on seismic refraction results were evaluated with seismic tomography solutions.

Key words: seismic refraction, first arrival time, cross-correlation, environmental noise

GİRİŞ

Sismik kırılma verilerinde, sismik olayların varış zamanlarının belirlenmesi, sismik gözlemlerin jeolojik modellere dönüştürülmesindeki ilk adımdır. Sismik model ile seyahat zamanları arasında yüksek dereceli uyum sağlamak için yorumlama veya ters çözüm sırasında güvenilir bir seyahat zamanı verisi kullanmak önemlidir (Leung, 2003). Bir sismik verideki ilk varış kalitesi genellikle yakın yüzey jeolojik yapıya, kaynak türüne ve sinyal/gürültü (S/G) oranına bağlıdır. Eğer veri, karmaşık bir yer altı yapısına sahip alanda toplanmışsa veya verinin S/G oranı düşükse ilk varışların otomatik işaretlenmesi zor bir hal alır (Yılmaz, 2001). Geleneksel ilk varış işaretlemesi işlemi (manuel, el ile

işaretleme), verinin görüntülenmesi sırasında kullanılan genlik oranı, ölçeği, kalitesi gibi kullanılan programa bağlı etkenlere ve işaretleme yapan kullanıcının göz kestirim kabiliyeti, deneyimi gibi dış etkenlere bağlıdır. Bu tip etkenler, işaretleme bir matematiksel doğruluktan ziyade, kullanıcıya bağımlı hale getirmekte ve yapılan işaretleme hassasiyetini, doğruluğunu etkilemektedir. Eğer sismik veri gürültü içeriyor ise, yapılan işaretleme güvenirliliği azalırken, işaretleme için harcanan zaman artar. Düşük S/N oranına sahip büyük boyutlu verilerde ilk varış işaretleme işlemi, tüm veri işlem aşamaları için harcanan zamanın %20-30' luk kısmını kapsamaktadır (Sabbione ve Velis, 2010).

Veri boyutlarının artması ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile son birkaç on yıldır birçok otomatik ya da yarı-otomatik ilk varış işaretleme tekniği geliştirilmiştir. Bu alanda ilk çalışmalar ardışık izlerin çapraz ilişkisi ile ilk varış zamanları arasındaki gecikme zamanlarının hesaplanmasına dayanmaktadır (Peraldi ve Clement, 1972). Hatherly (1982) ilk vuruş noktalarını (first kick) ve en küçük kareler yöntemini kullanmıştır. Gelchinsky ve Shtivelman (1983) ve Ervin vd. (1983) sinyalin ilişki özelliklerinden faydalanmıştır. Gu vd. (1982) ilk varışları izdeki uzun dönem enerjisinin kısa dönem enerjisine oranından yararlanarak belirlemiştir. Murat ve Rudman (1992), Kusuma ve Fish (1993) sinir ağları tekniğini sismik verilerde ilk varış zamanlarının işaretlemeinde kullanmışlardır. Sismik izler üzerinde ilk varışların belirlenmesinde fraktal analizin kullanılması Boschetti vd. (1996) tarafından sunulmuştur. Yung ve Ikelle (1997) sismik zamanların işaretlemeinde geleneksel çapraz ilişki yerine bispektrum işlemine dayalı bir yöntem önermişlerdir.

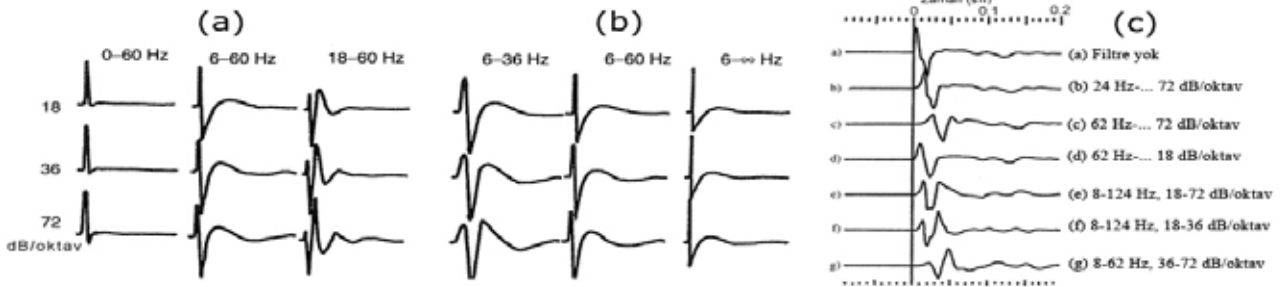
Bu çalışmada yansıma sismiği veri işleminde yansıtıcıların daha güvenilir şekilde belirlenmesi amacıyla kullanılan çapraz ilişki yöntemi, uygun kriterler belirlenerek, sismik kırılma verilerinde ilk varış zamanlarının yarı otomatik şekilde belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Yöntemin ilk aşaması verinin gürültü içeriğine göre bir kaynak dalgacığı veya operatörün belirlenmesidir. İkinci aşamada, kestirilen kaynak dalgacığı ile sismik kırılma verisindeki her kanal çapraz ilişkiye tabi tutulur. Son aşamada ise ilişki

fonksiyonu üzerinde ilk varış zamanlarının otomatik olarak belirleneceği alan kullanıcı tarafından işaretlenir. Yöntem birçok sentetik ve arazi verisine başarılı şekilde uygulanmıştır. Testler yöntemin orta ya da yüksek seviyede rasgele gürültü içeren verilerde diğer otomatik ve geleneksel (manuel) işaretleme tekniklerine göre daha hızlı ve güvenilir olduğunu göstermiştir.

İLK VARİŞ OKUMALARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

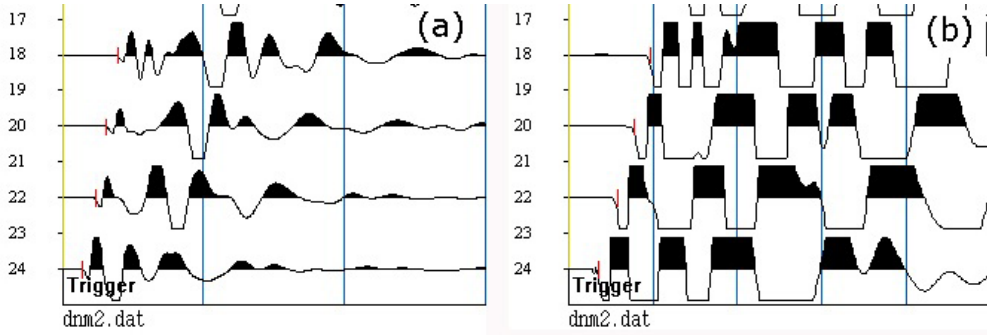
Gürültülü bir sismik veride ilk varış işaretleme yapmak kolay değildir. Her alıcıda aynı netlikte ilk varış gözlenemediği durumlarda insan gözü bir önceki varışları takip ederek işaretleme yapar. Ancak genel kanı ilk varışların neredeyse bir doğru üzerinde sıralanması şeklinde olduğu için insan gözü bu yönde çalışır ve her alıcı için yapılan işaretleme hassasiyetini kaybeder.

Gürültülü bir veriyi daha anlaşılır bir hale getirmek için akla gelen ilk işlem süzgeçleme işlemidir. Fakat ilk varış genliklerinin kenarları (ilk kırılma anı) genellikle zayıf, dalga şekli olarak profil boyunca değişkenlik gösterebilen, veri içerisinde küçük enerjiye sahip ve kolay bastırılabilir olduğundan sismik kırılma verilerine süzgeç uygulanması zor ve kimi zaman hatalı sonuçlara neden olan bir işlemdir. Şekil 1' de farklı süzgeç bant aralıklarının bir iğnecik sinyali üzerindeki karakteristik etkileri gösterilmiştir. Bu etkiler; zaman gecikmesi, görünür polarite değişimi ve salınım artışı olarak sıralanabilir. Genel olarak ifade edilirse, bir dalgacıktan düşük frekanslı olayların kesilmesi dalgacığı ilk halinden daha salınımlı bir hale getirir ve enerjiyi geç zamanlara öter (Şekil 1a). Bu yan salınımlar bazı durumlarda ana salınımdan daha güçlü olabilirler. Yüksek frekanslı olaylar kesildiğinde ise dalgacık her hangi bir salınım göstermeden uzar yani enerjisi yayılır ve iğnecik yapıdan uzaklaşır (Şekil 1b). Süzgeç eğimindeki değişimler ise, enerjinin geç zamanlarına ötelenmesi, dalgacık şekli ve polarite değişimi gibi sonuçlara neden olabilir (Şekil 1c). Bu etkenlerin tümü gürültülü veya gürültüsüz bir sismik kırılma verisinde ilk varış zamanlarında fark yaratacak faktörlerdir.



Şekil 1. Farklı süzgeç bant aralıklarının bir iğnecik sinyal üzerindeki etkileri (frekans sınırları geçiş bandını temsil etmektedir). (a, b) farklı bant aralıkları, (c) farklı süzgeç eğimleri için bir hava tabancası sinyali süzgeçlenmesi (Geldart ve Sheriff, 2004).

Figure 1. Effects on a spiking signal of different filter band intervals (frequency limits represent filter pass band). (a, b) filtering of a signal from an air gun for different band intervals and different slopes.



Şekil 2. Bir sismik kırılma saha verisi için ilk varış işaretlemelerinin farklı görünümleri. (a) varsayılan genlik oranı, (b) artırılmış genlik oranı.

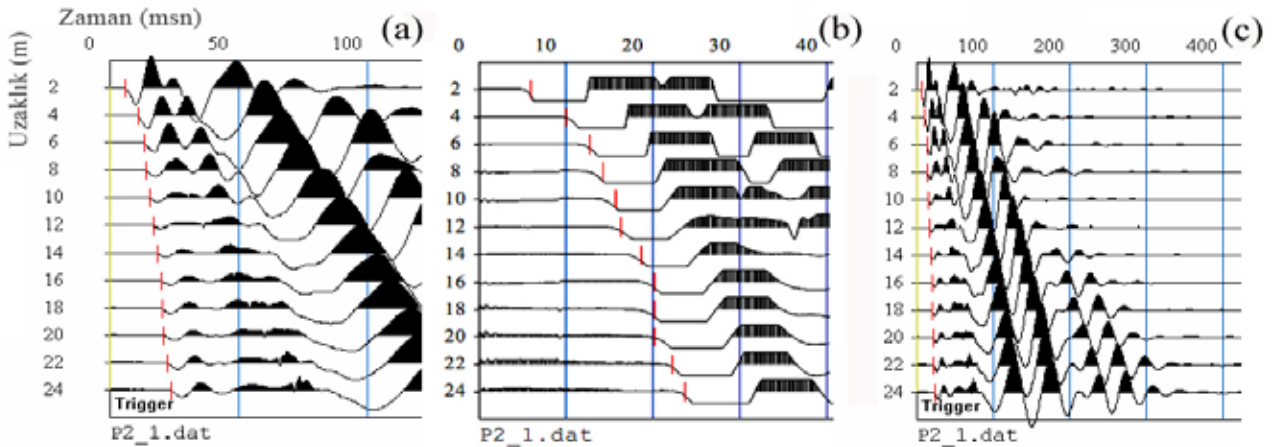
Figure 2. Different images of first arrival picking for a seismic refraction field data. (a) default amplitude proportion, (b) amplified amplitude proportion.

Gürültüsüz bir sismik kırılma verisinin el ile (manuel) işaretlenmesinde, işaretlemeyi yapan kullanıcının deneyimi, göz kestirim kabiliyeti, verinin görüntülenme ve genlik ölçeği, işaretleme yapılan zaman ölçeğinin ve işaretleme imlecinin hassasiyeti, verinin S/G oranı gibi bir çok faktör ön plana çıkmaktadır. Tecrübeli bir yorumcu el ile işaretleme yaparken, işaret konumuna karar vermede sismik dalganın genliğini, polaritesini ve komşu izle ile olan ilişkisini temel alır. Gürültü, veride baskın ise işaretleme zorlaşır ve ardı sıra olan izlerin uyumluluğu büyük önem kazanır. Yorumcu için el ile işaretleme güvenilir olabilir, fakat zaman alıcı, yorucu ve işlemleri yapan kişinin bilgilerine bağlıdır.

Verinin görüntülenme ve genlik oranı önem verilmeyecek bir faktör değildir. İlk varış zamanlarının okunmasındaki hassasiyeti doğrudan etkiler (Douglas vd., 1997). Genlik oranına bağlı yapılan işaretlemeler yanıltıcı olabilir. Çünkü düşük genlik oranlarında

işaretlenen ilk varışlar genlik artırıldığında geç zamanlarda kalmakta ve bu zamanların öncesinde de bazı varışlar gözlenebilmektedir (Şekil 2).

İşaretleme yapılan zaman ekseninin ve imlecinin hassasiyeti de el ile yapılan işaretlemelerde bir diğer sorundur. Şekil 3’de zaman ekseninin varsayılan ayarında olması durumunda yapılan ilk varış işaretlemelerinin, zaman ekseninin genişletilmesi sonrasındaki durumu gösterilmiştir. Zaman ekseninin genişletilmesi ile, varsayılan ayarlarda yapılan işaretlemelerin mevcut ilk varışlardan sonraki zamanları temsil ettiği açıktır (Şekil 3a ve 3b). Zaman ekseninin daraltılması ise, izleri sıkıştırdığı için her ne kadar izlerin çözünürlüğünü artırıyor gibi görünse de, zaman ekseninin örnekleme aralığını yükselttiğinden, yani işaretleme imlecinin hassasiyetini düşürdüğünden, işaretlemelerin doğruluğunu önemli derecede düşürecektir (Şekil 3c).



Şekil 3. Bir sismik kırılma verisi için farklı zaman ekseninde yapılan ilk varış işaretlemeleri. (a) varsayılan eksen ayarlarında yapılan işaretlemeler, (b) bu ilk varışların, zaman ekseninin genişletilmesi sonrasındaki görünümü, (c) zaman ekseninin daraltılmasından sonra yapılan ilk varış işaretlemeleri

Figure 3. The picking first arrivals in setting of different time axis for a seismic refraction data. (a) picking in default axis, (b) imaging after extending of times axis for the first breaks, (c) picking after narrowing of time axis

Zaman ekseninin varsayılan ayarı ve daraltılmış durumu için yapılan ilk varış işaretlemeleri Tablo 1’de karşılaştırılmıştır. Zaman farklarının küçük olduğu düşünülse de, bu tür küçük zaman farklarının verilerin değerlendirilmesinde ne gibi farklar yaratacağı ilerleyen bölümlerdeki sismik tomografi çözümlerinde gösterilmiştir.

Alıcı (m)	Şekil3a (ms)	Şekil 3c (ms)
2	5.3333	6.6667
4	11.2593	10.0000
6	13.3333	13.3333
8	14.2222	13.3333
10	15.7037	15.3333
12	14.2963	16.6667
14	18.6667	18.6667
16	20.1481	20.0000
18	20.1481	20.0000
20	21.6296	22.0000
22	22.2222	22.0000
24	23.7037	23.3333

Tablo 1. Şekil 3a ve 3c’deki ilk varış zamanlarının karşılaştırılması.

Table 1. Comparison of first arrival times obtaining from Figure 3a and 3c

Yukarıda bahsedilen tüm etkenler, sismik kırılma verilerinde ilk varış işaretlemelerinin bir “Görüntü” üzerinden “Tıklama-İşaretleme” ile yapılması durumunda karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu etkenlerden bağımsız bir ilk varış işaretlemesinin yapılması ancak ilk varış zamanlarının, sismik verinin gürültülü veya gürültüsüz durumunda, doğrudan sayısal genlik değerleri üzerinden, matematiksel ilkeler ve yaklaşımlar yoluyla elde edilmesi ile aşılabilir. Bu, ilk varış zamanlarının daha hassas ve güvenilir olarak belirlenmesini sağlayacaktır.

YÖNTEM

Geliştirilen yöntemin temelleri geleneksel çapraz ilişki işlemine dayanmaktadır. Bilindiği gibi bir zaman serisinin diğer bir zaman serisine benzerliğinin veya bağımsızlığının ölçüsünü, τ zaman kayması (gecikme-lag) değerinin fonksiyonu olarak temsil eden işleme

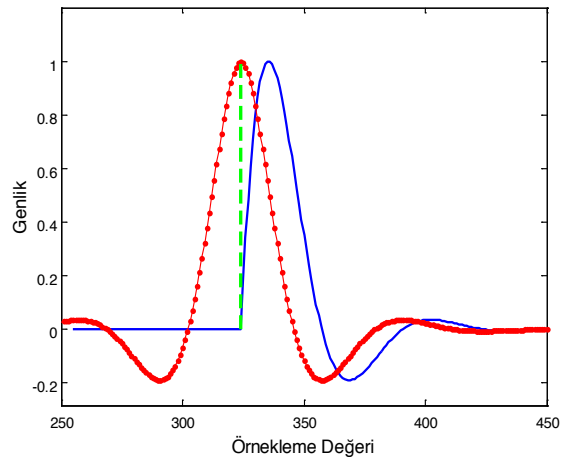
çapraz ilişki denir. Ayrık veriler için genel çapraz ilişki işlemi Denklem (1)’de gösterilmiştir.

$$R_{rw}(\tau) = \sum_{t=-\infty}^{+\infty} r_t \cdot w_{t+\tau} \quad (1)$$

Bir çapraz ilişki işleminin gerçekleşmesi için, iki değişkenin, veri ile kaynak fonksiyonun bilinmesi gerekmektedir. Sismik kırılma verisi doğrusal sistem olarak modellenirse, sistemin girişi; kaynak dalgacığını, sistem; tabakalı ortamı ve çıkış; sismik kırılma verisini gösterir. Bu doğrusal sistem modeline göre oluşan sismik veri, veriyi oluşturan kaynak dalgacığını içinde barındırır. Dolayısıyla, kaynak dalgacığı ile sismik veri, ilişki işlemine tabi tutulduğunda ilişki fonksiyonu, veri içerisinde kaynak ile aynı ya da benzer olduğu örnekleme değerlerinde maksimum ilişki değeri verir. Bu maksimum ilişki değerinin bulunduğu örnekleme değerinin denk geldiği zaman değeri ise, ilk varış zamanını gösterir.

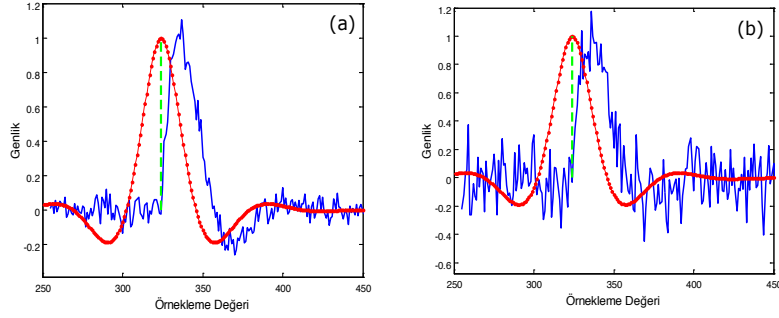
Yöntem, Şekil 4’de örnek bir sinyal üzerinde uygulanmıştır. Gürültüsüz bir yer altı modelinden elde edilen sismik izin (mavi çizgi), kaynak fonksiyonu ile çapraz ilişkisinden oluşan ilişki fonksiyonu değerlerinin (kırmızı çizgi) maksimum noktasına denk gelen örnekleme değeri, sismik iz üzerinde işaretlendiğinde (yeşil kesik çizgi), izin ilk varış noktasına karşılık geldiği (324. örnekleme değeri) görülmektedir.

Çapraz ilişki işleminin, ilk varış işaretlemesinde kullanılmasının en önemli nedenlerinden biri, işlemin rasgele gürültülerden etkilenmemesidir. Tekniğin bu özelliği, Şekil 4’deki kullanılan sinyale %5 ve %15’lik rasgele gürültü eklenerek tekrarlanan işlemle sırasıyla Şekil 5a ve Şekil 6b’de gösterilmiştir. Her iki durumda da elde edilen ilk varış noktaları aynıdır (324. örnekleme değeri).



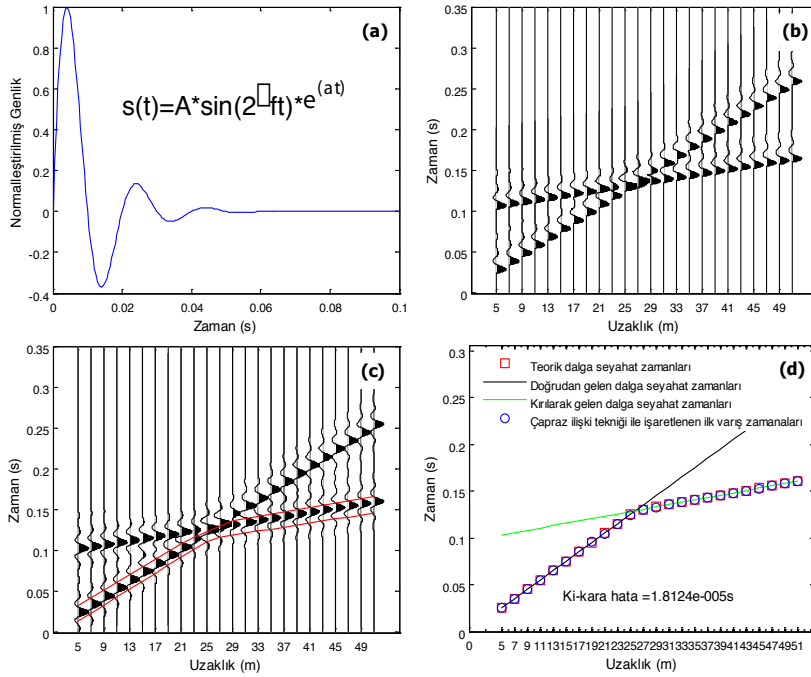
Şekil 4. Örnek bir sismik iz üzerinde çapraz ilişki yönteminin uygulaması

Figure 4. An application of cross-correlation technique for a example signal



Şekil 5. Gürültülü bir sinyal üzerinde çapraz ilişki yöntemi uygulaması. (a) %5, (b) %15 rasgele gürültülü durumlar.

Figure 5. An application of cross-correlation technique for a random noisy signal. The cases for (a) 5%, (b) 15%.



Şekil 6. Yatay iki tabakalı basit sismik kırılma modellemesi. (a) minimum fazlı kaynak dalgacık, (b) hesaplanan sentetik kırılma verisi, (c) elde edilen çapraz ilişki kesiti, (d) teorik (kırmızı kare) ve çapraz ilişki yöntemi ile yarı otomatik (mavi daire) olarak elde edilen ilk varış zamanlarının karşılaştırılması.

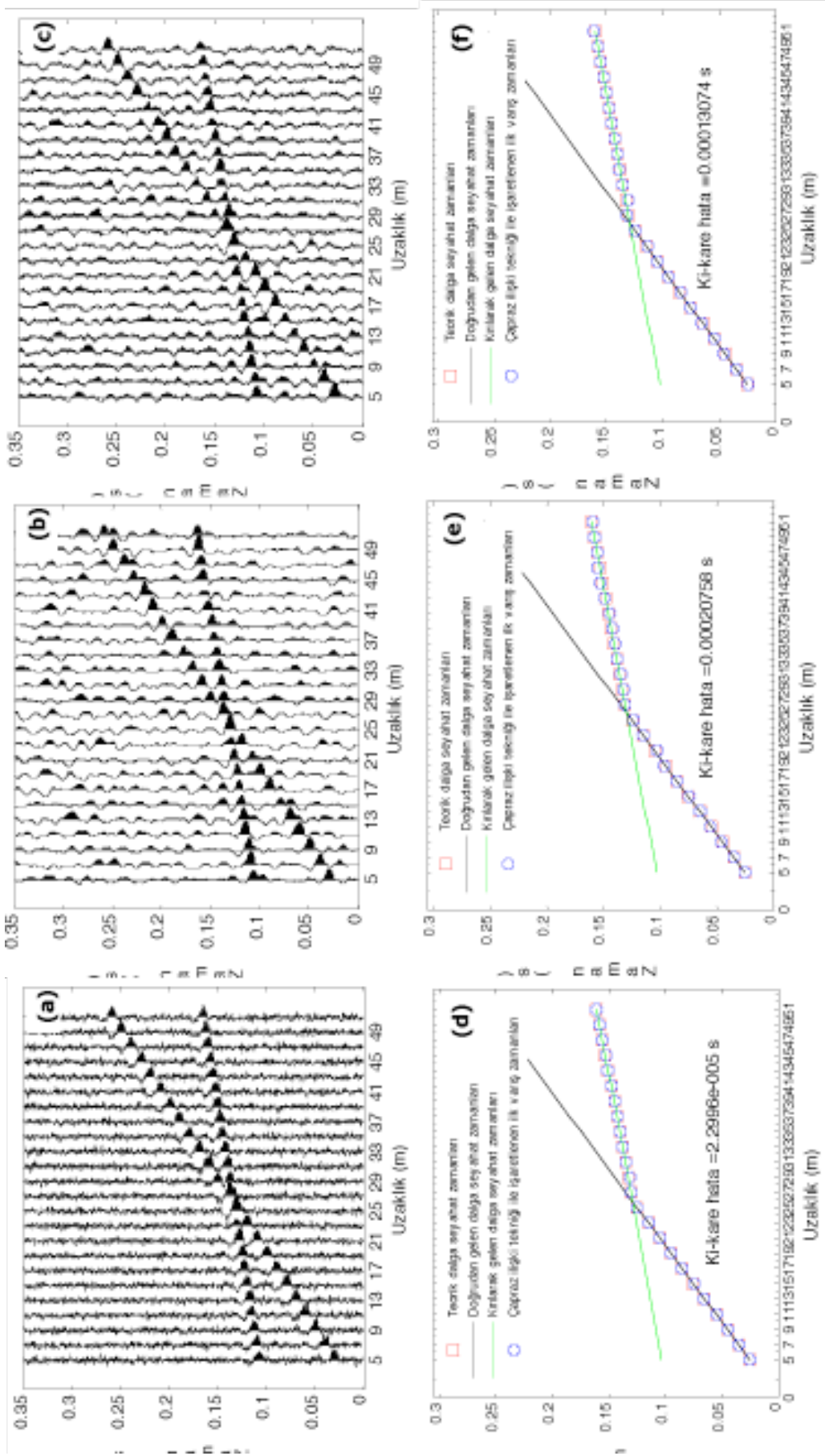
Figure 6. Seismic refraction modelling for basic two layers. (a) minimum phase source wavelet, (b) calculated synthetic refraction data, (c) obtained cross-correlation section, (d) Comparison of first arrivals times obtained from theoretical (red square) and semi-automatically cross-correlation technique (blue circle).

YAPAY UYGULAMALAR

Yöntem ilk olarak yatay iki tabakalı bir modelden elde edilen yapay sismik kırılma verilerine uygulanmıştır. Kullanılan modelde alıcı sayısı 24, kaynak ofseti, alıcı aralığı ve kalınlık sırasıyla 5m, 2m ve 10m, tabaka hızları ise 200m/s ve 800m/s dir. Bu aşamada yapay sismik kırılma verisi, belirlenen kayıt süresi boyunca, yatay iki tabakalı hız modeli için hesaplanan dalga seyahat zamanlarına denk gelen zaman örnekleme değerlerine bir iğnecik atanması ve oluşturulan iğnecik serisinin minimum fazlı karaktere sahip değiştirilmiş bir sinüs dalgası (Şekil 6a) ile konvolüsyonu ile elde edilmiştir.

Şekil 6c' de, sentetik kırılma verisi (Şekil 6b) ile

kaynak dalgacığının (Şekil 6a) çapraz ilişkisinden elde edilen ilişki kesiti görülmektedir. İlişki kesiti üzerinde ilk varış zamanlarının elde edilmesi için yapılması gereken tek işlem, kesit üzerinde ilk varış zamanının aranmasını istediğimiz alanın belirlenmesidir. Bu alanın manuel olarak belirlenmesinin nedeni, gerçek bir arazi verisi için hesaplanan ilişki fonksiyonunda birden fazla maksimum ilişki değeri olabileceğinden dolayı, yanıtıcı işaretlemeler yapılma olasılığıdır. Çapraz ilişki işlemi ile elde edilen ilk varış zamanları, teorik dalga seyahat zamanları ile karşılaştırıldığında iki verinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir (Şekil 6d). İki veri arasındaki bu uyum Ki-Kare hata değeri (%95 güven aralığı) ile doğrulanmıştır.



Şekil 7. Çapraz ilişki yönteminin gürtüllü sentetik verilere uygulanması. (a) %20 rasgele gürtüllü, (b) %0.1 uyumlu arka plan gürtüllü, (c) karma gürtüllü veri. (d), (e) ve (f) sırasıyla rasgele, uyumlu ve karma gürtüllü veriler için çapraz ilişki yöntemi ile elde edilen ilk varış zamanlarının teorik ilk varış zamanları ile karşılaştırılması.

Figure 7. An application of cross-correlation technique to noisy synthetic data. Synthetic models with (a) 20% random noise, (b) %0.1 coherent noise, (c) mixed noise. Comparison of first arrival times obtained by cross-correlation technique with theoretical ones for (d) random, (e) coherent and (f) mixed noisy data, respectively.

Çapraz ilişki yöntemi daha sonra gürültü içeren yapay verilere uygulanmıştır. Bu modellemelerde 3 farklı gürültü tipi kullanılmıştır. Modeller sırasıyla rasgele gürültü (%20), uyumlu arka plan gürültüsü (%0.1) ve karma gürültü (%20 rasgele, %0.1 uyumlu gürültü) içermektedir.

Gürültülü veriler için çapraz ilişki yöntemi ile elde edilen ilk varış zamanları ve teorik dalga zamanları ile karşılaştırmaları Şekil 7' de gösterilmiştir. Elde edilen hata miktarları yöntemin saha verilerinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

SAHA VERİSİ UYGULAMALARI

Modelleme çalışmalarında başarılı şekilde çalışan yöntem, farklı sahalardan elde edilmiş, farklı karakterdeki saha verileri üzerinde sınanmıştır. Saha çalışmalarından elde edilen verilerin değerlendirilmesi sırasında karşılaşılabilecek sorunlardan biri polarite dönmesi sorunudur. Eğer profil boyunca ilk varış karakteristiği normal polariteden ters polariteye dönerse ilişki kesitinde pozitif maksimum ilişki değerleri yerine, negatif maksimumlar görülür. Bu sorun işaretlemenin otomatik olarak yapılması sırasında sorun yaratabilir. Bu nedenle algoritma, seçilen alan içerisindeki genliklerin mutlak değerleri üzerinde işlem yapacak şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla bir ilişki değerinin negatif veya pozitif maksimum değer olması işaretlemenin yerini değiştirmeyecektir.

Bir diğer önemli sorun geleneksel sismik kırılma yöntemlerinde genellikle balyoz ve ağırlık düşürme gibi kontrolsüz kaynak kullanılmasıdır. Denklem (1)' de ve yapay verilere uygulamalarda görüldüğü gibi çapraz ilişki işleminin gerçekleşmesi için bir kaynak fonksiyonuna ihtiyaç vardır. Ancak bilinmektedir ki, sismik yöntemlerde kontrolsüz kaynak kullanılarak elde edilen minimum fazlı kaynak fonksiyonunun dalga formu ve frekans içeriği birçok dış etkene bağlı olarak atıştan atışa değişmektedir. Dolayısıyla ilk varış işaretlemesi sırasında sabit bir kaynak fonksiyonu yerine veriden veriye değişen, o verinin karakterini taşıyan bir kaynak fonksiyonu kullanılması gerekir. Bu sorun, her saha verisinden, o veriyi toplamada kullanılan özgün kaynak fonksiyonunun kestirilmesiyle aşılmaya çalışılmıştır. Bu aşamada, kaynak fonksiyonunun kestirilmesinde 3 farklı yol izlenmiştir;

1. Kırılma kaydının S/G oranı yüksek bir kanalı üzerinde ilk varışlar bölgesindeki bir dalga şekli,
2. Yuvarlatılmış ortalama güç spektrumundan ters Fourier dönüşümü ile kestirilen minimum fazlı dalgacık ve
3. Kaynağı temsil eden uygun bir matematiksel operatör.

Bu 3 seçenektan hangisinin kullanılacağı sahadan toplanan sismik kırılma verisinin içeriğine ve ilk varış işaretlemesinin yapılabilme kolaylığına bağlıdır. Genel olarak deneyimlerimiz göstermiştir ki, sismik kırılma verileri gürültü içeriklerine göre 4 gruba ayrılabilirler;

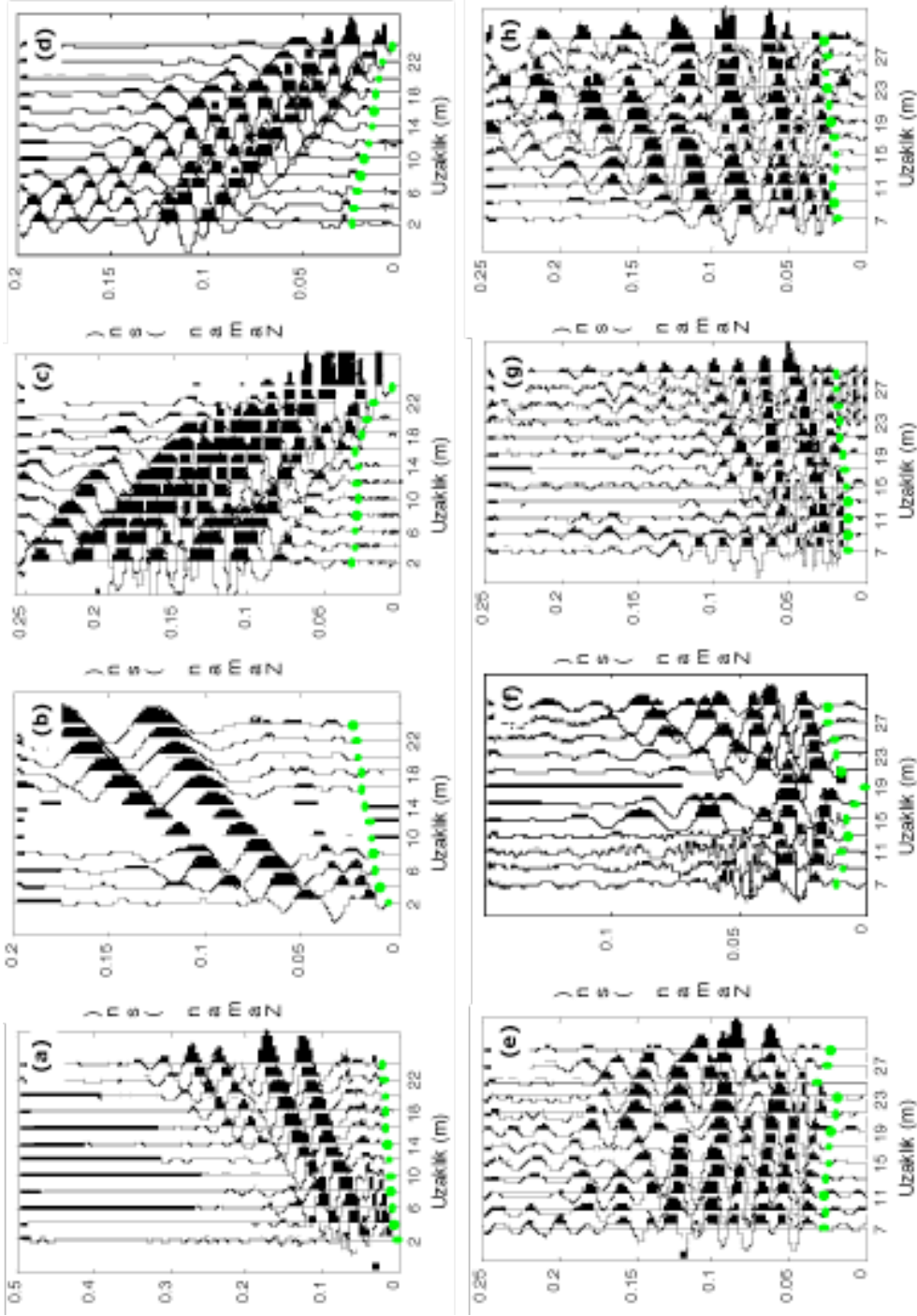
- (a) tüm kanallarında neredeyse gürültüsüz kayıtlar içeren ve ilk varışların net olarak görülebildiği kayıtlar,
- (b) baskın olarak yüksek frekanslı uyumsuz gürültüler içeren kayıtlar,
- (c) dalga formlarının çoğu alıcıda bozulduğu, kayıt ortamında bilinmeyen birçok yer altı ve yer üstü gürültü faktörünün bulunduğu kayıtlar,
- (d) uyumlu ve uyumsuz gürültülerin birlikte bulunduğu, S/N düşük, ilk varış işaretlemesinin neredeyse yapılamaz olduğu kayıtlar.

Saha verileri üzerinde yapılan çalışmalarda (a) türündeki verilerde çapraz ilişki işleminde kullanılacak olan kaynak fonksiyon, verinin S/G oranı yüksek herhangi bir kanalı üzerinden rahatlıkla yapılabilmektedir (Şekil 8a ve 8b). (b) verileri için kaynak fonksiyonu kestiriminin, yuvarlatılmış ortalama güç spektrumundan yapılmasının ideal olduğu görülmüştür (Şekil 8c ve 8d). (c) ve (d) grubundaki verilerde ise, frekansı verinin merkez frekansına göre değiştirilen matematiksel operatör seçimi iyi sonuçlar vermiştir (Şekil 8e-8h). Kullanılacak matematiksel operatör, veri toplamada kullanılan kaynağa en uygun şekilde seçilmelidir. Bu çalışmada matematiksel operatör, sentetik uygulamalarda da kullanılan, Sinüs dalgasının zaman bağımlı bir üstel fonksiyon ile çarpımından yararlanılarak oluşturulmuş minimum fazlı bir dalgacıktır. Her veri için kullanılan dalgacık formları, Şekil 9' da gösterilmiştir.

İLK VARİŞ ZAMANI OKUMA DUYARLILIĞININ İRDELENMESİ

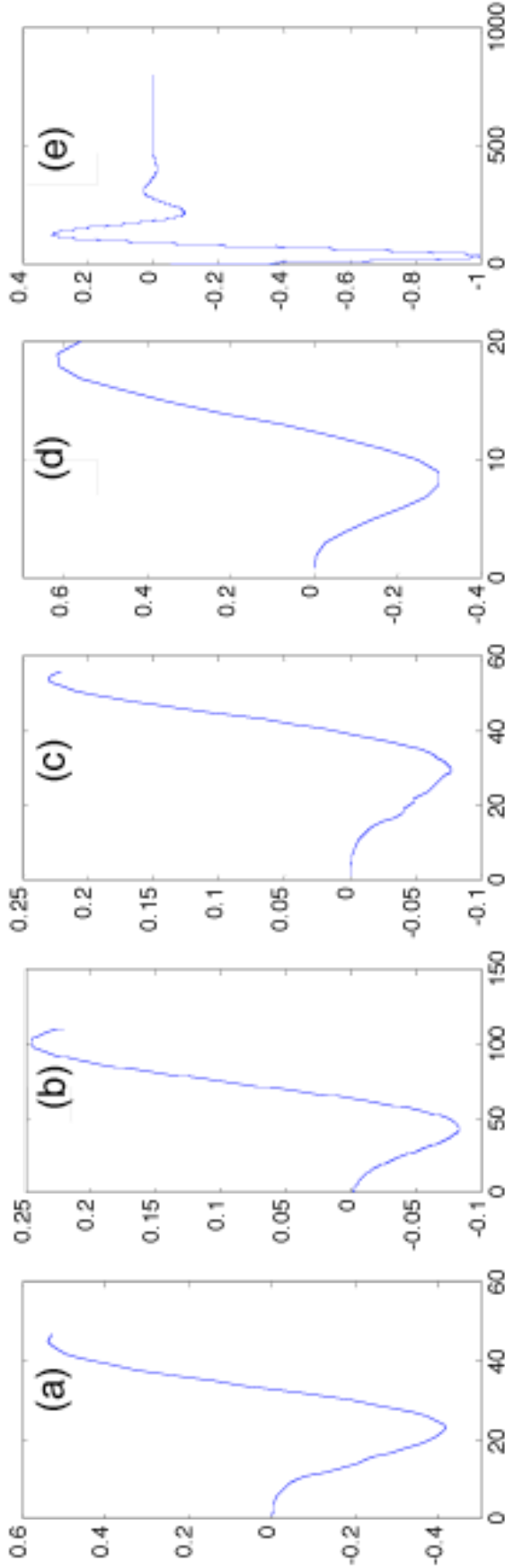
Sismik kırılma verilerinde ilişki yöntemi ile elde edilen ilk varış zamanları ile el ile işaretlenen ilk varış zamanlarının arasındaki farkların her ne kadar küçük olacağı düşünülse de, bu farklar kırılma verilerinin değerlendirilmesinde büyük farklar yaratabilir. Bu farkların etkilerini göstermek adına farklı sahalardan toplanan veriler için geleneksel ve çapraz ilişki yöntemi ile elde edilen ilk varış zamanları kırılma tomografisi ile değerlendirilmiştir. Kırılma tomografisi yöntemi, günümüzde yaygın olarak kullanılan, yanal ayrımlılığı yüksek ve ilk varış zamanlarındaki değişimlere duyarlı bir yöntemdir.

Şekil 10'da 5 atışlı bir sismik kırılma verisinin geleneksel (manuel) ve çapraz ilişki yöntemi ile işaretlenen ilk varışları için kırılma tomografisi sonuçları gösterilmiştir. Verilerin tomografi çözümü sırasında kullanılan tüm ters çözüm parametreleri ayındır ve iki veri grubu arasındaki ortalama zaman farkı ± 1.24 ms dir (Şekil 10a). Geleneksel işaretleme ile çapraz ilişki yöntemi arasındaki bu küçük zaman farkının tomografi sonuç hız alan kesitinde büyük farklar yarattığı görülmektedir. İki kesit arasındaki en önemli fark, yanal ayrımlılığın çapraz ilişki yöntemi ile işaretlenen ilk varış zamanı verilerinin tomografi sonucunda arttığıdır ve ara yüzey sınırlarının değişimi göze çarpmaktadır (Şekil 10a-10b).



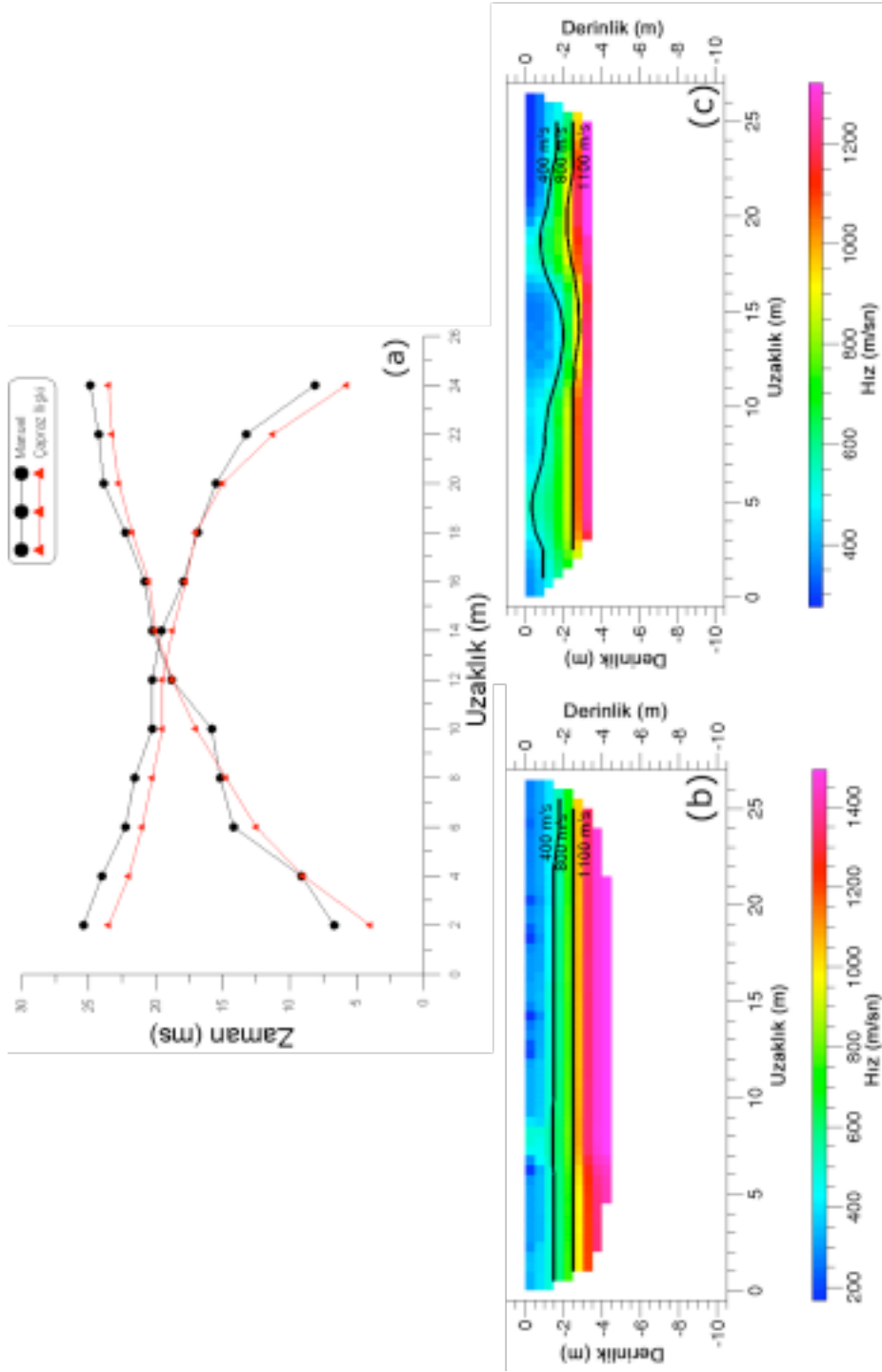
Şekil 8. Çapraz ilişki yönteminin farklı gürültü içeriği ve dalga formlarına sahip saha verilerine uygulaması. Yeşil renkli noktalar yarı otomatik olarak belirlenen ilk varışlar zamanlarını göstermektedir. (a, b) gürültüsüz, (c, d) az miktarda rasgele bozuk dalga formu (uyumlu gürültü), (g, h) ilk varış zaman okumasının çok zor olduğu kayıtlar.

Figure 8. An application of cross-correlation technique to data having different noise content and wave form. Green points show first arrival time obtained by semi-automatic. (a, b) noiseless, (c, d) little random noise, (e, f) distorted wave form in the first arrival region (coherent noise), (g, h) very difficult to pick first arrival times.



Şekil 9. Çapraz ilişki yönteminin saha verilerine uygulanışı sırasında verinin gürültü içeriğine bağlı olarak belirlenen kaynak dalgacıkları. (a, b) sırasıyla Şekil 8a ve 8b için verinin S/G oranı yüksek bir kanalı üzerinden, (c, d) sırasıyla Şekil 8c ve 8d için yuvarlatılmış güç spektrumundan, (e) Şekil 8e-8h için verinin toplanması sırasında sahada kullanılan kaynağın karakterine uygun matematiksel operatör.

Figure 9. Source wavelets, which are used on cross-correlation process of field data, are determined depending on noise content of data. (a, b) determined on a trace with high S/N proportion for respectively Figure 8a and 8b, (c, d) from smooth spectrum of data for respectively Figure 8c and 8d, (e) compatible mathematical operator with source of field the data for Figure 8e-8h



Şekil 10. Bir sismik kırılma verisi için (a) hat başı ve hat sonu ilk varış zamanlarının, (b) geleneksel ve (c) çapraz ilişki yöntemi ile elde edilen ilk varış zamanlarının kırılma tomografisi sonuçlarının karşılaştırması.

Figure 10. Comparison of first breaks and tomography results for first arrival times picking from field refraction data. (a) front and back line shots first breaks, (b) for traditionally first arrival time picking, (c) for cross-correlation technique.

SONUÇLAR

Bu çalışmada çapraz ilişki işlemi, yeni bir teknik olarak, sismik kırılma verilerinde ilk varış işaretlemelerinde kullanılmıştır. Teknik gürültülü ve gürültüsüz, yapay ve gerçek saha verileri üzerinde test edilmiştir. Geliştirilen teknik ile ilk varış işaretlemesinin her alıcıda birbirinden bağımsız olarak yapılması, işaretleme sırasında yapılabilecek hatalı dalga trendi takibini önlemiş ve ilk varışların herhangi bir göz yanılmasından bağımsız yapılmasını sağlamıştır. Ayrıca ilişki işleminin doğasından gelen rasgele, uyumsuz gürültülerden etkilenmemesi özelliği, gürültülü saha verilerinde ilk varış işaretlemelerin daha hassas, güvenilir ve hızlı yapılmasını sağlamıştır. Yöntem ile yapılan işaretlemeler doğrudan genlik değerleri üzerinden yarı otomatik olarak yapıldığından, ilk varış zamanlarının kullanıcıya bağımlılığı azaltılmış ve matematiksel ilişkilere bağlı hale gelmiştir. Yapılan uygulamalarda kaynak dalgacığının en doğru şekilde kestirilmesinin yöntemin başarısını doğrudan etkilediği görülmüştür. Tüm bu etkenler göz önüne alındığında çapraz ilişki yönteminin geleneksel işaretleme yöntemlerinden daha iyi bir performans gösterdiği söylenebilir. Ayrıca ilişki yöntemi ile yapılan işaretlemeler ile manuel olarak yapılan işaretlemeler arasındaki çok küçük zaman farklarının, kırılma tomografisi sonuç hız kesitlerindeki etkisi göz ardı edilmeyecek orandadır. Günümüzde araştırmaların çözünürlüğünün devamlı arttığı ve yanal değişimlerin daha fazla irdelendiği düşünüldüğünde bu değişimler verinin değerlendirilmesinde belirgin farklar yaratabilir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje kod no: 2009.112.007.2).

KAYNAKLAR

- Yılmaz, O., [2001] Seismic Data Analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Sabbione, J. I. ve Velis, D. [2010] Automatic first-breaks picking: New Strategies and Algorithms. *Geophysics*, 75, V67-V76.
- Peraldi, R., ve Clement, A. [1972] Digital Processing of Refraction data: Study of First Arrivals. *Geophysical Prospecting*, 20, 529-548.
- Gelchinsky, B. T. ve Shtivelman, V. [1983] Automatic Picking of First Arrivals and Parameterization of Traveltime Curve. *Geophysical Prospecting*, 31, 915-928.
- Ervin, C. P., McGinnis, L. D., Otis, R. M. ve Hall, M. L. [1983] Automated Analysis of Marine Refraction Data: a Computer Algorithm. *Geophysics*, 48, 582-589.
- Gu, H., Zhou, H. ve Zhang, X. [1992] Automatic Pick of First Arrival Time. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 16, 120-129.
- Murat, M., ve Rudman, A. [1992] Automated First Arrival Picking: a Neural Network Approach. *Geophysical Prospecting*, 40, 587-604.
- Kusuma, T. ve Fish, B. C., 1993. Toward More Robust Neural-Network First Break and Horizon Pickers, 63rd meeting of the Society of Exploration Geophysics.
- Boschetti, F., Dentith, M.D. ve List, R.D., 1996. A Fractal-Based Algorithm for Detecting First Arrivals on Seismic Traces, *Geophysics*, 61, 4, 1095-1102.
- Yung, S. K. ve Ikelle, L. T., 1997. An Example of Seismic Time Picking by Third-Order Bicoherence, *Geophysics*, 62, 6, 1947-1951.
- Leung, M. T., 2003. Controls of Traveltime Data and Problems Of The Generalized Reciprocal Method, *Geophysics*, 68, 5, 1626-1632.
- Hatherly, P. J., 1982. A Computer Method for Determining Seismic First Arrival Times, *Geophysics*, vol.47(10), pp.1431-1436.