

KIRILMA SİSMİĞİNDE VERİ-İŞLEM

Data Processing in Refraction Seismic

Oğuz SELVİ*

ÖZET

Bu çalışma, genelleştirilmiş resiprokal yöntemin (GRM) sismik veri-işlem olanaklarıyla yapılmış bir uyarlamasıdır. GRM'in hız analiz fonksiyonu tanımına dayalı olarak sismik hız analiz kesiti üretilir. Bu işlem düz ve ters yönlü profillere ait her bir sismik iz çiftinin çapraz ilişkisinden oluşur. Hız analiz kesitinden kestirilen kırıcı katman hızının da kullanılmasıyla, genelleştirilmiş zaman-derinlik kesiti elde edilir. Bu kesitin oluşturulması, düz ve ters yönlü profillere ait her bir sismik iz çiftinin evrimiyle olur. Bu çalışmada tanımlanan teknik, alışılmış GRM uygulamasından farklı olarak sismik izdeki kırılma varışlarını doğrudan kullanma olanağını sağlar.

ABSTRACT

We introduce an adaptation of the generalized reciprocal method (GRM) using seismic data processing tools. According to the velocity analysis function, a velocity analysis section is produced crosscorrelation of all seismic trace pairs from forward and reverse profiles. Refractor velocity is estimated by the velocity analysis section. We then obtained the generalized time-depth section by making use of the convolution of seismic trace pairs from forward and reverse profiles. Unlike the conventional GRM, the technique described here uses refracted arrivals of seismic traces directly.

GİRİŞ

Sismik kırılma yöntemleri başlangıçta petrol aramalarında da kullanılmış olmasına karşın, bugün için yansımada sismik hız analiz kesiti (Marsden,1993) ve çoğunlukla da sığ yapıların araştırılmasında mühendislik amaçlı olarak kullanılır (Dobecki ve Romig,1985; Lankston,1993).

Sismik kırılma varışlarını değerlendirme yöntemlerinin birçoğu grafik tekniklere dayanır (Palmer, 1986). Bunların yanısıra son yıllarda, kırılma verilerinin değerlendirilmesinde, dalga denkleminin dayalı ters çözüm (inversion) ve göç (migration) işlemleri yapılmıştır (Clayton ve McMechan,1981; Hill,1987; Selvi, 1990). Sismik yansımada uygulanmakta olan modern veri-işlem tekniklerinin, sismik kırılma verileri için de uygulamasına örnekler artmıştır (Taner ve diğ.,1992; Çoruh ve diğ.,1993; Selvi,1993).

Bu çalışmada sismik veri-işlem tekniklerinin uygulamasıyla genelleştirilmiş resiprokal yöntemin bir uyarlaması yapılmıştır. Bir hız modeli için, yapay sismik kırılma kesitinden hız analiz kesiti ve zaman derinlik kesiti oluşturulmuş ve değerlendirilmesi izleyen bölümlerde verilmiştir.

GENELLEŞTİRİLMİŞ RESİPROKAL YÖNTEM

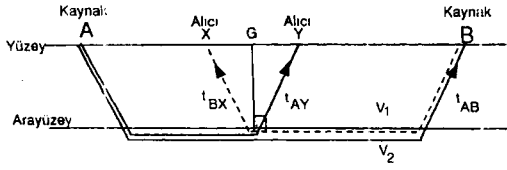
Farklı sismik hızlara sahip katmanların arayüzeyleri, alttaki katmanın yüksek hızlı olması (kırıcı katman) durumunda kırılma yöntemleriyle bulunabilir. Genelleştirilmiş resiprokal yöntem (the generalized reciprocal method), yaygın olarak kullanılan sismik kırılma dalgalarını değerlendirme yöntemlerinden biri olup, kısaca (GRM) olarak adlandırılır. Palmer (1974)'ün master teziyle literatüre giren GRM in ayrıntıları Palmer (1980, 1981, 1986) ile verilmiştir. GRM, sığ yapıların haritalanmasında (Lankston,1989) etkin olduğu gibi, yansımada sismik hız analiz kesiti de etkin olarak kullanılmaktadır (Farrel ve Euwema,1984; Marsden, 1993). GRM'in hız analiz fonksiyonu, t_v , Şekil 1'deki simgelere uygun olarak, izleyen bağıntıyla verilir:

$$t_v = \frac{1}{2} [t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}] \quad (1)$$

Bu fonksiyon, resiprokal zaman (reciprocal time), t_{AB} , ile düz ve ters atışlara ait X ve Y alıcılarındaki her bir varış zaman çifti t_{AB} ve t_{BX} için hesaplanır. Sonuçta optimum XY aralığı için hesaplanan hız analiz fonksiyonunun uzaklığa göre çizilmesiyle elde edilen doğrunun eğimi, kırıcı katmanın görünür hızının tersini verir. Yani,

* TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Temel Bilimler Enstitüsü, Yer Bilimleri Bölümü P.K.,21, 41470 Gebze

$$\frac{d}{dx} t_V = \frac{1}{V_n^1} \quad (2)$$



Şekil 1: GRM'deki ışın yolları geometrisi.

Figure 1: Schematic of raypaths used in the GRM.

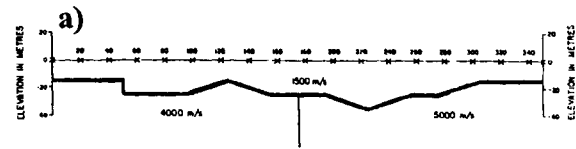
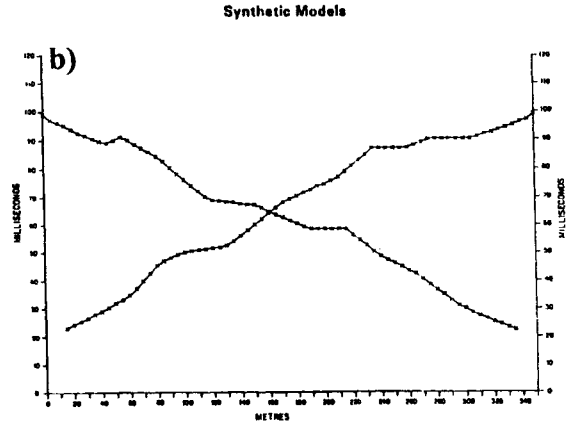
Görünür hız, V_n^1 uygulamada genellikle kırıcı katmanın gerçek hızı V_n olarak değerlendirilir. Görünür hız, V_n^1 nün de kullanılmasıyla GRM' in genelleştirilmiş zaman-derinlik fonksiyonu, ya da kısaca zaman-derinlik fonksiyonu, t_G , yine Şekil 1'deki simgelere uygun olarak

$$t_G = \frac{1}{2} \left[t_{AY} + t_{BX} - \left(t_{AB} + \frac{XY}{V_n^1} \right) \right] \quad (2)$$

biçiminde verilir. GRM'in sunduğu en iyi XY uzaklığına bağlı olarak bulunan kırıcı katman hız analiz fonksiyonu ve genelleştirilmiş zaman-derinliğinin sismik kesitler türünden gösterimi, izleyen bölümlerde verilmiştir.

KIRICI KATMANIN HIZ ANALİZ KESİTİ

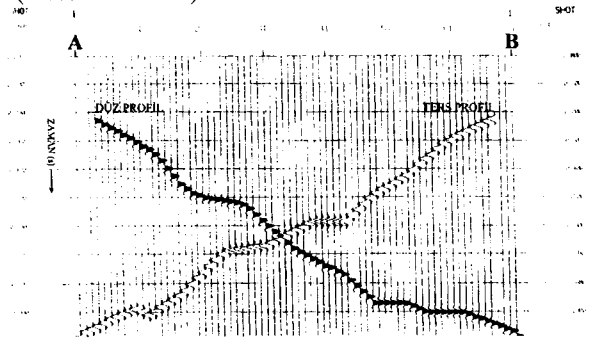
Alaşılagelmiş GRM uygulamasında düz ve ters atışlara ait sismik kırılma dalgalarının (head wave) ilk varış zamanları ve resiprokal zamanı okununca sismik izler bir yana bırakılır. Birçok yöntemde olduğu gibi GRM de yalnızca okunan ilk kırılma zamanlarını kullanarak grafik gösterimle değerlendirme yapar. Bu çalışmada ise, ilk kırılma zamanlarını değil, sismik veri-işlem tekniklerine dayalı olarak sismik izdeki ilk varışların dalga biçimlerini kullanır. Bunun gösterimi, Palmer (1980) ile verilen sismik hız modeli üzerinde olacaktır (Şekil 2).



Şekil 2: a) Sismik hız modeli. Topoğrafya yatay, kırıcı arayüzey düzensiz. Düşey ve yatay ölççekler eşittir. b) Hız modeli için hesaplanmış seyahat zamanları eğrisi. (Palmer, 1980'den alınmıştır)

Figure 2: a) Seismic velocity model with a plane horizontal ground surface and a highly irregular refractor. The vertical and horizontal scales are equal. b) Traveltime curves derived from the velocity model. (Adapted from Palmer, 1980).

Şekil 2b'deki ilk kırılma zamanlarına konulan dalgacıklarla modellenen yapay sismik kırılma kesiti Şekil 3 ile verilmiştir. Bu kesitlerden kırıcı katman hızını bulmak amacıyla elde edilmek istenen hız analiz kesiti, düz profilin ters profille olan çaprazilişkisinden (crosscorrelation) elde edilir.

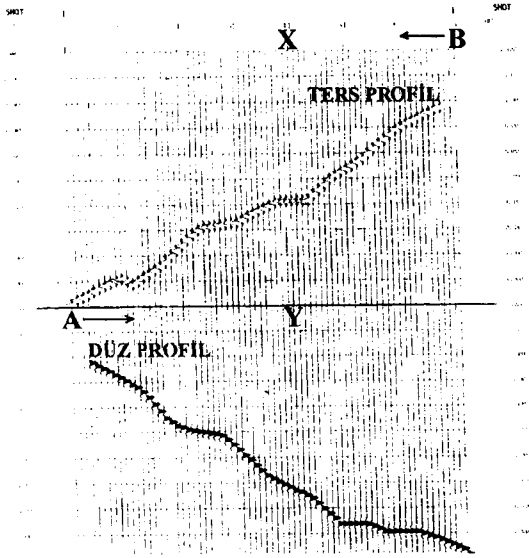


Şekil 3: Yapay sismik kırılma kesiti. Dalgacıkların konumu, Şekil 2b'deki ilk varış zamanlarına denktir. A ve B sırasıyla düz ve ters profillerin atış noktalarıdır.

Figure 3: Synthetic seismic refraction section. Wavelets positions are equal to the first break times in Fig 2b. A and B are shot points corresponding to the forward and reverse profiles respectively.

Şekil 4 bu işlemin birinci adımını gösterir. Bu örnekte ters profile $-t_{AB}$ kadar kayma (lag) verilmiştir. Bu durumda karşı karşıya gelen sismik izler aynı alıcı noktasında kaydedilmiş düz ve ters profile aittir (Şekil 4). Yani XY aralığı sıfırdır; çünkü, ters profilde X

alıcısından kaydedilen sismik iz ile düz profilde Y alıcısından kaydedilen sismik iz, yeryüzündeki aynı noktadan kaydedilmiştir. Çaprazlılığı işlemi, ters profilin yatay yönde kaydırılması ile değişik XY aralıkları için yeniden tekrarlanabilir. Şekil 4'de karşılıklı gelen izlerdeki kırılma varışlarını gösteren dalgacıklar arasındaki toplam zaman, $2t_v$, bağıntı (1) ile verilen hız analiz fonksiyonunu sağlar. $(-t_{AB}, +t_{AB})$ aralığındaki, kaymalar için çaprazlılığı çıktısı, kırıcı katmanın hız analiz kesitini oluşturur.



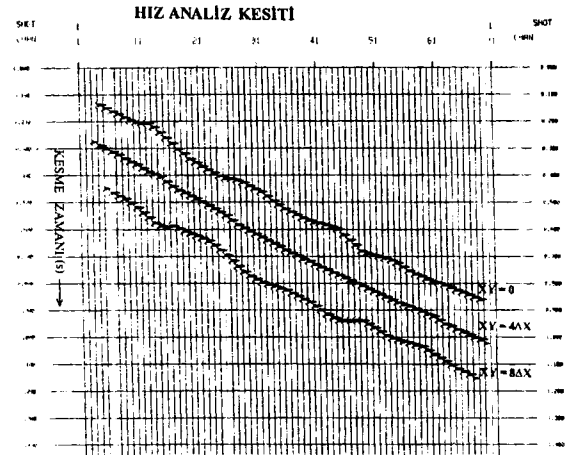
Şekil 4: Hız analiz kesitini oluşturmada, çaprazlılığı işleminde ilk adım. Ters profil $-t_{AB}$ kadar kaydırılmıştır.

Figure 4: First step of crosscorrelation to produce the velocity analysis section. The reverse profile is shifted by $-t_{AB}$.

Üç değişik XY aralığı için elde edilen hız analiz kesitlerinin zaman ekseninde kaydırılarak üst üste çizimi Şekil 5'de gösterilmiştir. En iyi XY aralığı için elde edilen hız analiz kesiti ortadaki olup, diğer ikisine göre dalgacıklar doğrusal bir dizilim göstermektedir.

Şimdi sıra kırıcı katmanın hızını kestirmektir. Bunun için sismik yansıma hız spektrası elde edilmiş olduğu gibi, uygunluk ölçüsü (covariance measure) için semblans (semblance) veya kovaryans ölçüsü (covariance measure) kullanılabilir (Neidell ve Taner, 1971; Gültinay, 1991, 1992). Burada kovaryans ölçüsü kullanılarak yapılan uygunluk ölçüsü ile elde edilen hız spektrası Şekil 6'da verilmiştir. Bu işlemin özü, hız analiz kesiti üzerinde herbir kesme zamanında (intercept time) her bir hıza karşılık gelen doğrular boyunca kovaryans ölçüsüne bakmaktır. Şekil 5'de bu işlem 3000 m/s'den başlayıp, 100 m/s lik artımlarla 6000 m/s hızına kadar ve bu hızlara karşılık gelen doğrular boyunca yapılmış ve sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'dan elde edilen 4000 m/s ve 5000

m/s lik kırıcı katman hızları, hız analiz kesitinin eğimleri farklı iki doğrudan oluştuğunu göstermektedir. Şekil 2'deki hız modelinde verildiği gibi kırıcı katmanda bulunan düşey fayın iki yakasındaki hızlar kestirilmiştir. Hız spektrasında hızlar ve onlara karşılık gelen kesme zamanlarını kullanarak her iki hızın tersiyle tanımlanan doğruların kesiştiği ortak nokta hesaplandığında fayın yeri de kestirilmiş olur. Şekil 6'daki değerler, fayın, modelin orta noktasında olduğunu göstermiştir. Hız spektrasında en büyük kovaryans ölçüsünü veren hız analiz kesitine ait olan XY aralığı en iyi XY aralığı olarak alınır. En iyi XY aralığını aramak: 1) Aynı zamanda kırıcı katman hızının daha doğru kestirilmesi; 2) izleyen bölümde verildiği gibi, arayüze ait zaman derinlik kesitinin daha doğru bulunması demektir.

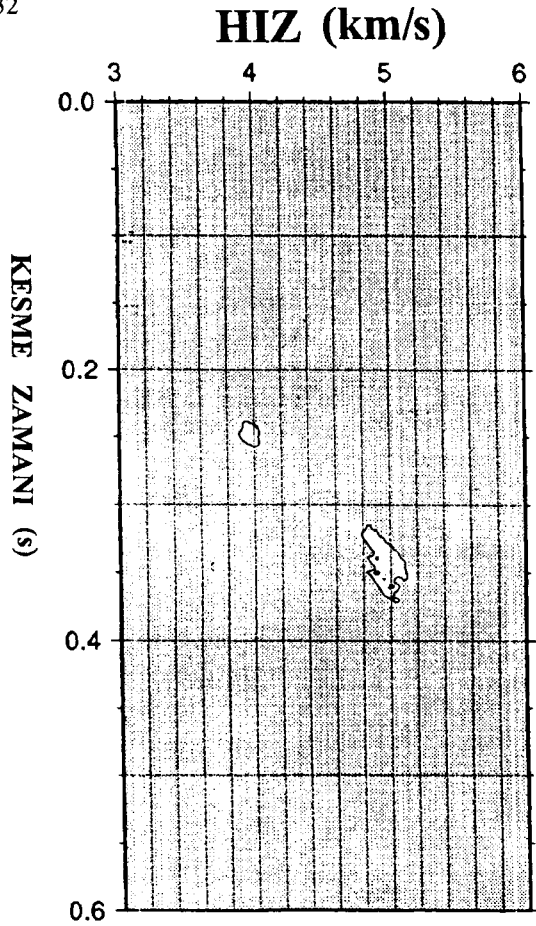


Şekil 5: Üç farklı XY aralığı için üst üste çizilmiş hız analiz kesitleri.

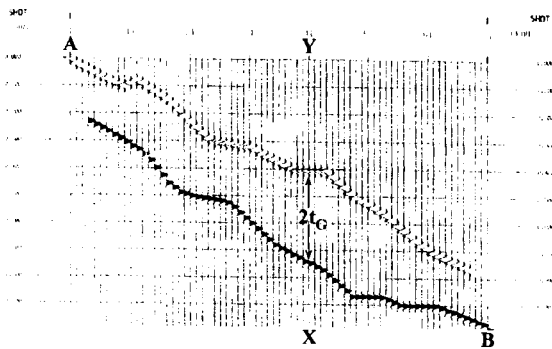
Figure 5: The velocity analysis sections superposed with respect to three different XY distances.

GENELLEŞTİRİLMİŞ ZAMAN-DERİNLİK KESİTİ

Şekil 3'de görülen düz ve ters profillerden ters profile ait sismik kırılma kesiti, zaman ekseninde ters çevrilip resiprokal zamanı, t_{AB} , kadar kaydırılırsa Şekil 7'deki görüntüm oluşur. Bu durumda Şekil 7, düz ve ters yönlü profillerdeki karşılıklı gelen sismik izlerin evrişiminde (convolution), t_{AB} zaman adımındaki her iki profile ait sismik kesitlerin konumunu gösterir. Şekil 7'de kırılma varışlarını gösteren dalgacıklar arasındaki zaman, $2t_G$, GRM'in zamanderinlik bağıntısını sağlar (bağıntı (2)). Bundan sonraki zaman adımları için, evrişim işlemine devam edilirse elde edilen çıktı, zaman-derinlik kesitini verir



Şekil 6: Şekil 5'deki hız analiz kesitinden elde edilen hız spekt. umu.
Figure 6: Velocity spectra obtained from the velocity analysis section of Fig.5.

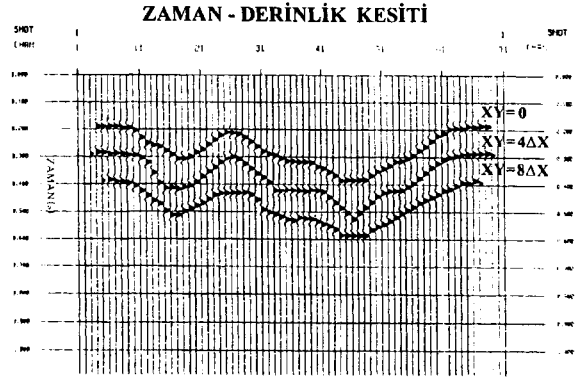


Şekil 7: Zaman-derinlik kesitini oluşturmada, evrişimdeki ilk konum. Ters profil $-t_{1B}$ kadar kaydırılmış ve ters çevrilmiştir.
Figure 7: The first step of convolution to produce the time-depth section. The reverse profile is reversed and then shifted by $-t_{1B}$.

Şekil 7'deki gösterimde XY aralığı sıfırdır. Üç değişik XY aralıkları için, elde edilen zaman-derinlik kesitlerinin, düşey eksenle kaydırılarak üst üste toplanmış biçimi Şekil 8'de verilmiştir. En iyi XY

Selvi

aralığı için elde edilen ve Şekil 8'de ortada gösterilen zaman-derinlik kesiti aranan sonuç olup, Şekil 2a'daki kırıcı arayüzeyi ayrıntılarıyla temsil etmektedir.



Şekil 8: Üç farklı XY aralığı için üst üste çizilmiş zaman-derinlik kesitleri.

Figure 8: The time-depth section superposed with respect to three different XY distances.

SONUÇLAR

Grafik yöntemlerle değerlendirilmesi yapılan GRM'in veri-işlem tekniklerinin yardımıyla değişik bir uyarlaması gösterilmiştir. GRM'deki hız analiz fonksiyonu yerine hız analiz kesiti oluşturulmuş ve onun üzerine uygulanan kovaryans ölçüsü ile hız spektrası elde edilmiştir. Hız spektrasından kırıcı katmanın hızı kestirilebildiği gibi, yanıl hız değişimleri de kestirilmiştir. Uygulama modelindeki kırıcı katmanda bulunan fayın yeri de doğru olarak bulunmuştur. En büyük kovaryans ölçüsünü veren XY aralığı için elde edilen zaman derinlik kesiti, modeldeki kırıcı katmana ait arayüzeyi ayrıntılarıyla tanımlamıştır. Bu yaklaşım sismik izin kendisini kullandığı için, yansıma sismisinde olduğu gibi yığılma (stack) ve göç işlemlerine de olanak verebilecektir.

KAYNAKLAR

- Clayton, R.W., and McMechan, G.A.1981. Inversion of refraction data by wave field continuation. *Geophysics* 46, 860-868.
- Çoruh, C., Costain, J.K., and Stephenson, D.E.1993. Composite refraction-reflection stack section: Tracing faults in the Atlantic Coastal Plain Sediments. *63rd Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Washington DC, Expanded Abstracts*.1157-1160.
- Dobecki, T.L., and Romig, P.R.1985. Geotechnical and groundwater geophysics. *Geophysics* 50, 2621-2636.
- Farrel, R.C. and Euwema, R.N. 1984. Refraction statics. *Proc. of the IEEE* 72, 1376-1329.

- Gülünay, N. 1991.** High-resolution CVS: Generalized covariance measure. 61st Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1264-1267.
- Gülünay, N. 1992.** Covariance measure as a high resolution velocity analysis tool, 9th Petroleum Congress of Turkey, Proc Geophysics, 196-208.
- Hill, N.R. 1987.** Downward continuation of refracted arrivals to determine shallow structure, Geophysics 52, 1188-1198
- Lankston, R.W. 1989.** The seismic refraction method: A viable tool for mapping shallow targets into the 1990s, Geophysics 54, 1535-1542.
- Marsden, D. 1993.** Static corrections-a review, Part II, The Leading Edge 12, 115- 120.
- Neidell, N.S. and Taner, M.T. 1971.** Semblance and other coherency measures for multichannel data. Geophysics 36, 482-497.
- Palmer, D. 1974.** An application of the time section in shallow seismic refraction studies. M.Sc. thesis, Univ. of Sydney.
- Palmer, D. 1980.** The generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation, Society of Exploration Geophysics, Tulsa.
- Palmer, D. 1981.** An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation, Geophysics 46 1508-1518.
- Palmer, D. 1986.** Refraction seismics. Geophysical Press London-Amsterdam.
- Selvi, O. 1990.** Imaging of more than one refractor by reverse-time migration, 52th European Association of Exploration Geophysicists Meeting, Copenhagen, Abstracts, pp. 68-69.
- Selvi, O. 1993.** The generalized reciprocal method (GRM)-A new approach without first break picking, 55th European Association of Exploration Geophysicists Meeting, Stavanger, Extended Abstracts, 68-69.
- Taner, M.T., Matsuoka, T., Baysal, E., Lu, L. and Yılmaz, O. 1992.** Imaging with refractive seismic waves, 62nd Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., New Orleans, Expanded Abstracts, 1132-1135