

YEREL DALGA ALANI AYRIŞTIRMA SAYESİNDE GROUND ROLL GÜRÜLTÜSÜNÜN SÜZÜLMESİ

FILTERING GROUND ROLL NOISE IN TERMS OF LOCAL WAVEFIELD DECOMPOSITION

Hakan Karslı¹

Posta Adresi: ¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, TÜRKİYE

E-posta: hkarsli@ktu.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Ground roll, Radon dönüşümü, Ters çözüm, Dalga alanı ayrıştırma.

ÖZ Sismik veriden uyumlu gürültülerin optimum şekilde süzülmesi için, sürekli olarak yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bunlardan dalga alanını modlarına ayrıştırma yöntemleri son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada temeli doğrusal Radon dönüşümüne bağlı Yerel Dalga Alanı Ayrıştırma (YDA) ile, uyumlu bir gürültü tipi olan ground roll gürültüsünün sismik veriden süzülmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. YDA basit dalgacık fonksiyonları kullanılarak hesaplanan Yerel Dalga Alanı Operatörlerinin (YDO) dekonvolüsyon/konvolüsyon işlemleri ile dalga alanı modlarına dönüştürülmesi anlamına gelir. Bu modların yaklaşık doğrusal olanları toplanarak süzülmüş veri yeniden yapılandırılır. Çünkü eğimli modlar genellikle uyumlu gürültü modlarını temsil etmektedir. Yöntem ground roll içeren yapay ve gerçek verilere uygulanmıştır. Büyük boyutlu veriler için veri depolama sorunları olmasına rağmen, elde edilen sonuçlardan, yöntemin yansıma karakterlerini korumada ve sinyal/gürültü oranını artırmada başarılı olduğu görülmüştür.

ABSTRACT *The new methods have continuously been developed to optimally filter coherent noises in seismic data. Among these, recently, the methods of wavefield decomposition have commonly been used. In this study, a filtering process of ground roll noise, a type of coherent noise, from seismic data has been performed with Local Wavefield Decomposition (LWD) based on linear Radon transform. LWD means that pre-calculated Local Wavefield Operators (LWO) using simple wavelet functions are transformed into wavefield modes by conventional deconvolution/convolution processes. Then, the filtered data are reconstructed by superimposing of these modes that are approximately linear. Because, dipped modes represent mostly modes with noises. The method was applied to sythetic and real data including ground roll noise. Although some data storage problems exists for the data having large sizes, it is seen from the results that the method is effective and succesful in preserving reflection characters and improving signal/noise ratio.*

GİRİŞ

Sismik veri işlem çalışmalarındaki tüm uğraşlar istenmeyen uyumlu gürültülerin veriye zarar vermeden süzülmesini sağlamaktır. Bunun için sismik verinin bilgi ve gürültü ayrımını daha kolay ve belirgin bir şekilde yapmak ve gürültüyü veriden süzmek için, F-k (frekans-dalgasayısı), f-p (frekans-yavaşlık), dalgacık, K-L (Karhunen-Loeve) dönüşüm yöntemleri gibi farklı dönüşüm yöntemleri geliştirilmiştir (Karslı ve Bayrak, 2004). Bunlardan matematik temelleri sismik olayları eğimlerine göre haritalama yapan f-k ve f-

p dönüşümleri uygulama kolaylıkları ve hızlarından dolayı çok yaygın olarak sismik veri işleminde kullanılmakta olup, her bir yöntemin kendine has avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Yılmaz, 1987). Ancak her iki yöntem frekans tabanlı dönüşüm olmalarından dolayı, yansımalar ile gürültüler aynı eğime sahip olduklarında, önemli sinyal bozulmalarına ve yuvarlatmalara neden olurlar (March ve Bailey, 1983) ve bu nedenle küçük ölçekli önemli yapısal ve stratigrafik bilgiler kaybolabilirler (Duncan ve Beresfold, 1994).

Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için son yıllarda temeli yerel Radon dönüşümüne bağlı olarak geliştirilen Yerel Dalgaları Ayrıştırma (YDA) yöntemi, sismik ve yer radarı verilerinin işlenmesinde bir çok aşamada başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Sacchi ve Ulrych, 1995). Radon dönüşümleri önceden tanımlanmış doğrusal, hiperbolik ve parabolik yollar boyunca veri genliklerinin toplamı olarak yorumlanır (Trad ve diğ., 2003). Ancak dönüşüm toplam yolunun tamamına uygulanırsa, o zaman eğim değişimlerinin karakterleri tam olarak görüntülenemez. Bu nedenle, Radon dönüşümünün yerel olarak yapılandırılması, sismik olayların eğim özellikleri ile tam olarak ayrıştırılmasını sağlayacaktır. Uygulamada problemlerin özelliklerine göre Radon dönüşümü ile doğrusal, hiperbolik veya parabolik yerel dalga alanı operatörleri hesaplanır, bu operatörler sayesinde süzgeç katsayıları genelleştirilmiş dekonvolüsyon ile elde edilir ve süzgeç katsayıları ile yerel dalga alanı operatörlerinin konvolüsyonu ile verinin istenilen kadar modu hesaplanır. Yansıma bilgisi içeren modlar seçilerek sismik veri yeniden yapılandırılır ve böylece basit anlamda mod toplamı işlemi ile süzgeçleme işlemi gerçekleştirilmiş olur. Sonuç olarak bu çalışmada ground roll gürültüsünü süzmek için YDA yöntemi kullanılmıştır. Yapay ve gerçek veriler üzerinde uygulamalar yapılmıştır ve elde edilen sonuçlardan yöntemin yansıma karakterlerini muhafaza ettiği ve sinyal/gürültü oranını zenginleştirdiği açıkça görülmüştür.

TEORİ

Yöntemin ana fikri temel harmonik bileşenlerden sinyalin yapılandığı genel olarak bilinen Fourier seri analizine benzerdir. Bu çalışmada, veri yerel 2B' lu fonksiyonların veya dalga şekillerinin ağırlıklandırılmış bir toplamı ile yapılandırılır. Buna göre çok kanallı sismik veri, $d(x,t)$, aşağıdaki gibi zamansal ve uzaysal operatörlerin sonlu toplamıyla ifade edilebilir (Granlund ve Knutsson, 1995).

$$d(x,t) = \sum_p \sum_{t_0} \sum_{x_0} f(t_0, x_0) b(t - t_0, x - x_0, p), \quad (1)$$

$b(x,t,p)$ uzaklık-zaman ortamında ışın parametresi p' ye bağlı yerel dalga alanı operatörüdür (YDO). İkinci terim $f(t_0, x_0, p_i)$ yerel dalga alanı operatörlerini 2 boyutlu (2B) veriye dönüştüren şekilleme süzgeci olarak yorumlanabilir (Trad ve diğ., 2003). Bununla birlikte denklem (1) matris formunda $D = \sum_p F(p) \otimes B(p)$ yazılabilir ve burada sırasıyla D veriyi, F(p) Radon süzgeç operatörlerini ve B(p) lokal dalga alanı operatörlerini temsil etmektedir. \otimes işareti çok boyutlu konvolüsyon işlemi gösterir. Frekans-uzaklık ortamında tanımlı yerel dalga alanı operatörü analitik olarak ters Fourier dönüşü sayesinde aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$b(t,x,p) = \mathcal{F}^{-1}[\mathfrak{z}(\omega)h(x)e^{-i\omega Q(p,x)}] \quad -y_0 \leq x \leq y_0, p = p_{min}, \dots, p_{max}. \quad (2)$$

Burada y_0 operatör yarı-açıklığıdır, $h(x)$ uzaysal törpüleme (veya pencereleme), $\hat{s}(\omega)$ dalgacığın Frekans ortamındaki karşılığıdır. Genel olarak $\hat{s}(\omega)$ verideki sismik dalgacığı karakterize edecek şekilde seçilir. $\phi(p,x)$ parametrik integral yolunu tanımlar. Bu çalışmada ışın parametresi p' ye bağlı olarak $\phi(p,x)=px$ lokal doğrusal Radon operatörü kullanılmıştır. Uygulamada ışın parametresinin seçimi olabilecek katlanma problemini engellemek ve veriyi tam olarak yapılandırabilmek için önemlidir. Bunun için aşağıdaki ilişki referans alınabilir (Turner, 1990);

$$p_{\max} = \frac{1}{2\Delta x f_{\max}}, p = p_{\min} + \Delta p(i-1), \Delta p = \frac{p_{\max} - p_{\min}}{N_p}, i = 1, 2, \dots, N_p. \quad (3)$$

Burada f_{\max} verinin içerdiği en yüksek frekans (Nyquist frekansı), Δx uzaysal örnekleme aralığıdır. N_p değeri hesaplamada ne kadar p değeri kullanılacağını belirler. Uygulama pratikliği açısından (p_{\min}, p_{\max}) aralığı verinin içermiş olduğu en büyük ve en küçük hızlı olayları ($1/V_{\max}, 1/V_{\min}$) içerecek şekilde seçilebilir. Denklem (1)' den $F(p)$ süzgeç katsayılarının hesaplanması temeli eşlenik gradient ters çözüm yöntemine bağlı bir optimizasyon ile gerçekleştirilir. Aslında bu işlem *genelleştirilmiş dekonvolüsyona* eşdeğerdir. Bunun için aşağıdaki fonksiyon minimize edilir.

$$J = \|D - \sum_p F(p) \otimes B(p)\|^2 + R(F). \quad (4)$$

Denklem (4)' deki ilk terim hata miktarı, ikincisi ise çözümü iyileştirme (regülerazisyon) terimidir. Böylece Denklem (4)' ün optimizasyonu ile $F(p)$ süzgeçleri elde edilir. Aşağıdaki denklem sayesinde $k=k_1, \dots, k_h$ aralığındaki istenilen (D_k) modlar kullanılarak veri yeniden yapılandırılır.

$$\hat{D} = \sum_{k=k_1}^{k_h} D_k, D_k = F_k \otimes B_k, k = 1, 2, \dots, N_p. \quad (5)$$

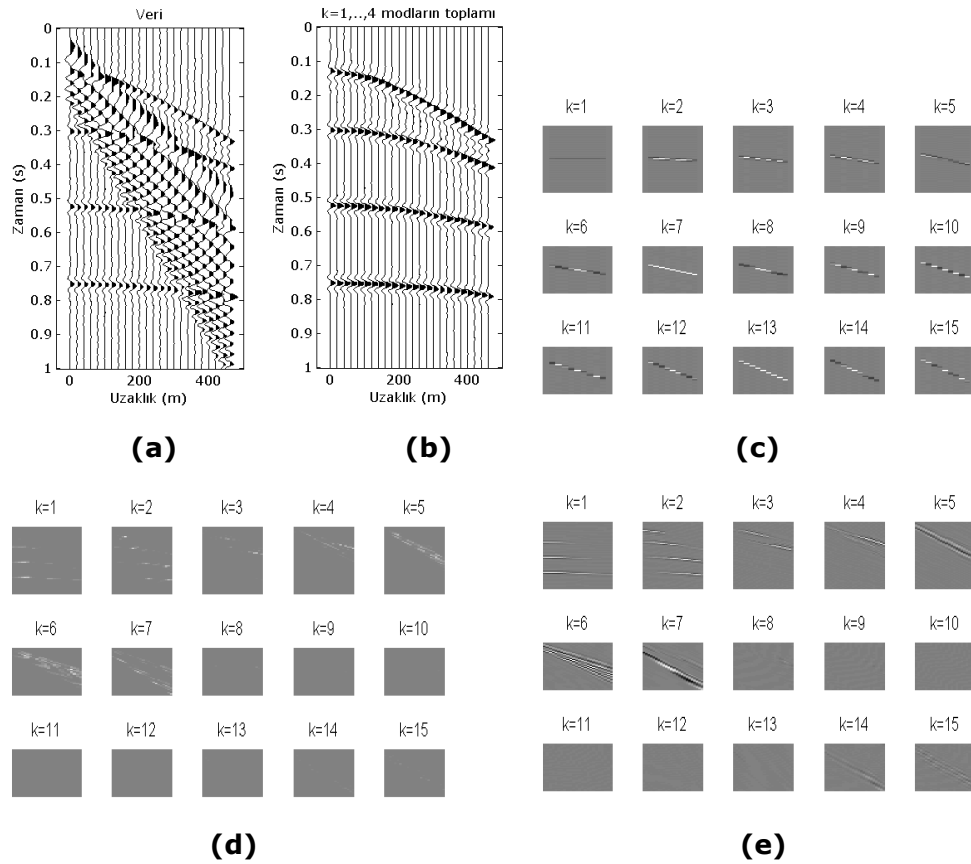
Uygulama

Şekil 1 yapay bir veri üzerinde yöntemin uygulama sonuçlarını göstermektedir. Şekil 1a $\Delta x=20$ m, $\Delta t=2$ ms, 30 Hz' lik Ricker dalgacığı kullanılarak 24 alıcı için hesaplanan yapay sismik atış kaydını ve Şekil 1b süzölmüş veriyi göstermektedir. Ground roll gürültüsünü veriye eklemek için 5-40 Hz frekans aralığı için sweep sinyali kullanılmıştır. Ground roll verideki yansıma olayları ile güçlü şekilde girişerek onları maskeleyiş ve dalga formlarını bozmuştur. Şekil 1c-e sırasıyla 25 adet ışın parametresi (burada ilk 15 operatör gösterilmiştir) için hesaplanan doğrusal yerel dalga alanı operatörlerini, ters süzgeç katsayılarını ve veri modlarını göstermektedir. Pencere fonksiyonu olarak kosinüs penceresi (%25) kullanılmıştır. Yerel dalga alanı operatörlerinin oluşturulması için Ricker dalga formu kullanılmıştır. Şekil 1c-e' ki her bir durum karşılaştırıldığında açık olarak ilk 4 modun verideki yansıma bilgisini içeren modlar olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 1e). Özellikle $k=5, 6$ ve 7 . veri modlarının (Şekil 1e) açık şekilde ground roll gürültüsünün modlarıdır. Böylece ilk 4 mod dışındaki veri modları gürültü modlarına karşılık geldiği için, ilk dört ($k=1, \dots, 4$) veri modu kullanılarak veri yeniden denklem (5) kullanılarak yapılandırılır ve böylece süzgeçleme işlemi gerçekleştirilmiş olur (Şekil 1b). Uygulamada

p değeri aralığı ($p_{min}=0, p_{max}=5*10^{-4}$ s/m), en fazla yineleme sayısı max_iter=10 ve operatör yarı açıklığı $n_x=5'$ dir.

SONUÇ

Bu çalışmada yerel dalga alanı operatörleri kullanılarak ground roll gürültüsünün veriden süzülmesi için, veri modlarına ayrıştırılmış ve gürültü modları dışındaki modlar toplanarak süzgeçleme işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Yansıma dalga formlarının ve genlik bilgilerinin korunduğu açıkça görülmektedir. Doğrusal operatörler sayesinde gürültü modları ile verinin bilgi modları eğimleri ile birbirinden ayrılmıştır ve çoğunlukla doğrusallık gösteren modların yansıma bilgisi modlarına karşılık geldiği gözlenmiştir. Şekil 1b' de gürültüye ait bir miktar enerji modunun veri içine sızdığı görülmektedir. Bu enerji sızmalarını azaltmak için ters çözüm regüle edilebileceği gibi, pratik çözüm olması açısından bu çalışmada, kullanılan pencere fonksiyonunun kenarlardan törpüleme oranı artırılması tercih edilmiştir. Çok fazla veri hacmi ve depolama kapasitesine ihtiyacın olması büyük veri gruplarının değerlendirilmesinde yöntem için bir dezavantaj olabilir. Bununla birlikte, sığ yer altı görüntüleme, düşey sismik profil verilerinde dalga alanı ayrımı, yığma sonrası rastgele gürültü bastırımı ve sinyal/gürültü oranını artırmak için başarılı bir şekilde kullanılabilir.



Şekil-1. Yöntemin yapay veri üzerine uygulanması ve elde edilen sonuçlar. (a) Yapay veri, (b) süzölmüş veri, (c) yerel dalga alanı operatörleri, (d) süzgeç operatörleri ve (e) veri modları.

KAYNAKLAR

Duncan, G., and Beresfold, G., 1994, Slowness adaptive f-k filtering of prestack seismic data, **Geophysics**, 140-147.

Granlund, G.H., Knutsson, H., 1995. Signal Processing for Computer Vision. Kluwer Academic Publisher.

Karslı, H., Bayrak, Y., 2004, Using the Wiener-Levinson Algorithm to suppress to ground roll, **Journal of Applied Geophysics**, 55, 187-197.

March, D. W., and Bailey, A. D., 1983, A review of the two dimensional transform and its use in seismic processing, **First Break**, 1, 9-21.

Sacchi, M. D. and Ulrych, T. J., 1995, High-resolution velocity gathers and offset space reconstruction, **Geophysics**, 60, 1169-1177.

Trad, D., Ulrych, T.J., and Sacchi, M.D., 2003. Latest views of the sparse Radon transforms, **Geophysics**, 68, 386- 399.

Yılmaz, Ö., 1987, Seismic data processing, Vol. 2 of Investigation in Geophysics, Soc. Of. Expl. Geophys.

Turner, G., 1990. Aliasing in the tau-p transform and the removal of spatially aliased coherent noise, **Geophysics** 55, 1496- 1503.