

# Sismogram Kayıtlarında P ve S Dalgası Varış Zamanlarının Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Tespiti

Ömer H. ÇOLAK, T. Cem DESTİCİ\*, Şükrü ÖZEN\*\*, Hasan ARMAN\*\*\*, Osman ÇEREZCİ\*\*\*\*

Akdeniz Üniversitesi  
TBMYO,ANTALYA  
[omercol@akdeniz.edu.tr](mailto:omercol@akdeniz.edu.tr)

\*Süleyman Demirel Üniversitesi  
Deprem Araştırma Merkezi  
ISPARTA  
[cemdestici@sdu.edu.tr](mailto:cemdestici@sdu.edu.tr)

\*\* Akdeniz Üniversitesi  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
ANTALYA  
[sukruozen@akdeniz.edu.tr](mailto:sukruozen@akdeniz.edu.tr)

\*\*\*\* Sakarya Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
SAKARYA  
[harman@sakarya.edu.tr](mailto:harman@sakarya.edu.tr)

\*\*\*\*\* Sakarya Üniversitesi  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
SAKARYA  
[cerezci@sakarya.edu.tr](mailto:cerezci@sakarya.edu.tr)

**Özet:** Sismik sinyal analizinde, yer değiştirme kayıtlarında gürültünün minimize edilerek P ve S dalgası varış zamanlarının tespiti önemli bir sorun olarak ortaya konmaktadır. Kayıtlarını birden fazla istasyondan alan merkezler gürültülü kayıtları eleyip gürültüsüz kayıtlar üzerinde işlemlerini gerçekleştirirken, sadece birkaç istasyondan veri alan merkezler için bu durum büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu çalışmada, bu problemi ortadan kaldırarak gürültülü kayıtlarda P ve S dalgası varış zamanının tespitine imkan sağlayan yeni bir algoritma önerilmiştir. Bu algoritma Daubechies dalgacık dönüşümü kullanılarak geliştirilmiş ve yüksek frekans bantlarında enerji değişimini temel alan bir algoritmadır. Sonuçlar, önerilen algoritmanın bu tür bir çözüm için ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

## 1.Giriş

Sismik sinyaller sinyal analizindeki en önemli konulardan birini oluşturmaktadır. Kayıtların alındığı istasyon ve merkez üssü ile bu istasyon arasındaki uzaklık, örnekleme frekansı, kayıtlarda gürültünün varlığı ve seçilen bileşen gibi parametreler sismik sinyallerin analizi için oldukça önemli parametrelerdir [1]-[2]-[3]. Sismik dalgaların cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere iki ana tipi bulunmaktadır. Cisim dalgaları boyuna dalgalar (P dalgaları) ve enine dalgalar (S dalgaları) olarak iki ana grupta sınıflandırılabilir. Farklı dalga türlerinin tanecik hareketleri ve yayılma hızları da birbirlerinden farklıdır. P dalgalarının tanecik hareketi dalganın yayılma doğrultusundadır. Yani P dalgası tarafından etkilenen bir tanecik denge durumunu yitirerek dalganın yayılma doğrultusunda ileri-geri titreşim hareketi yapar. S dalgası tanecik hareketi ise dalganın yayılma doğrultusuna dik olan bir düzlem içerisinde. Bu nedenle S dalgası yatay ve düşey bileşenlerine ayrılabilir [4]. Kayıtlarda gürültünün varlığı P ve S dalgası varış zamanlarının tespitini oldukça güçleştirir.

## 2. Ayırık Dalgacık Dönüşümü ve Enerji seviyeleri

Ayırık dalgacık dönüşümünde (ADD) ölçek parametresi ve dönüşüm parametresinin ayırık değerleri ele alınır.

$$W_{\psi} f(k2^{-s}, 2^{-s}) = 2^{s/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi(2^s t - k) dt \quad (1)$$

$$\psi_{k,s}(t) = 2^{s/2} \psi(2^s t - k) dt \quad (2)$$

1 ve 2 denkleminde  $\psi$ , ayırık dalgacık dönüşümü için dalgacık fonksiyonunu belirtir.  $s$  ölçek parametresini ve  $k$  ise dönüşüm parametresini ifade eder [5].

Toplam enerji matematiksel olarak,

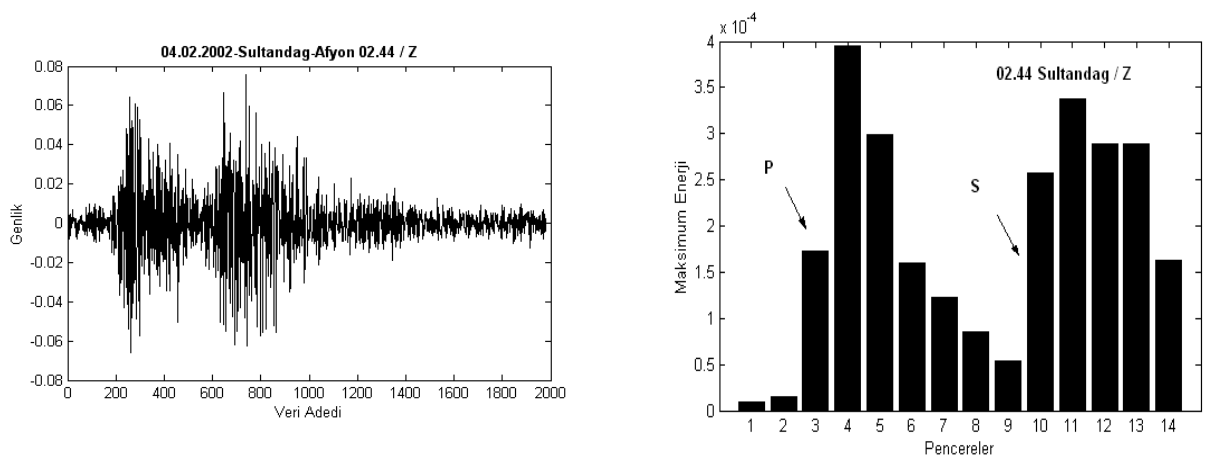
$$\sum_{n=1}^N |s(n)|^2 = \sum_{n=1}^N |a_j(n)|^2 + \sum_{j=1}^l \sum_{n=1}^N |d_j(n)|^2 \quad (3)$$

denkleminle ifade edilir [6].  $N$  dataların sayısı,  $l$  dalgacık ayrışım seviyesinin toplam sayısıdır. 3 denklemi göstermektedir ki sinyalin toplam enerjisi,  $j$ . seviyedeki alçak frekans bileşeninin ve  $l$ 'den  $j$ 'ye kadar tüm yüksek frekans bileşenlerinin enerjilerinin toplamına eşittir.

## 3. Yer Değiştirme Kayıtlarının Analizi

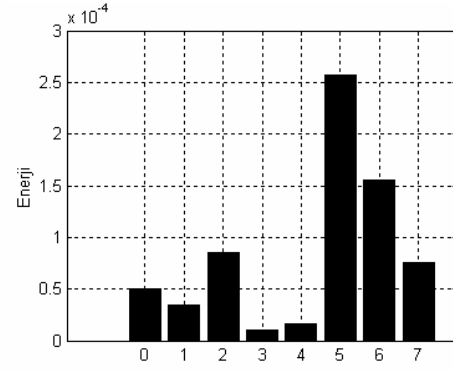
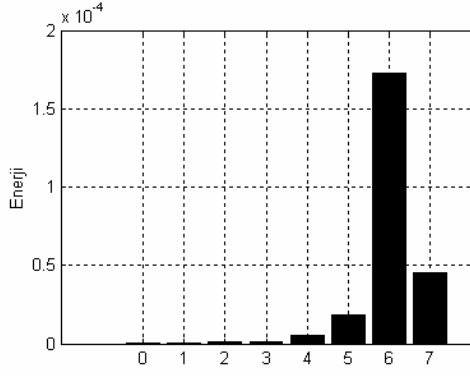
Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezine ait 3 bileşenli STS-1 Broad-Band 20-0.01 kHz örnekleme sismometrelere ait kayıtlar kullanılmıştır. Bu kayıtlar gerçek zamanlı olarak alınmıştır. Alınan kayıtlardan 20 kHz örnekleme kayıtları seçilmiştir. Kayıtlar ilk önce db10 dalgacık dönüşümüne tabi tutulmuştur. Burada son alçak frekans bileşeni ve tüm yüksek frekans bileşenleri arasından maksimum değere sahip olan bileşenler seçilip görüntülenmiştir. Elde edilen sonuçlarda ilk büyük enerji değişiminin yaşandığı pencere P dalgası varış penceresini, ikinci büyük enerji değişiminin yaşandığı pencere S dalgası varış penceresini göstermektedir.

Süleyman Demirel Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezinden alınan, 04.02.2002 tarihli ve 02.44'te meydana gelen Sultandağ/Afyon merkezli artçı şok üzerinde yapılan analizlere bağlı olarak elde edilen sonuçlar şekillerde görülmektedir. Sultandağ verisi 128'lik paketler halinde incelenmiş 64'lük paketler halinde pencere hareket ettirilerek elde edilen sonuçlar Şekil 1. de gösterilmiştir.



Şekil 1. 04.02.2002 Sultandağ-Afyon z bileşeni ve p ve s dalgasının tespiti

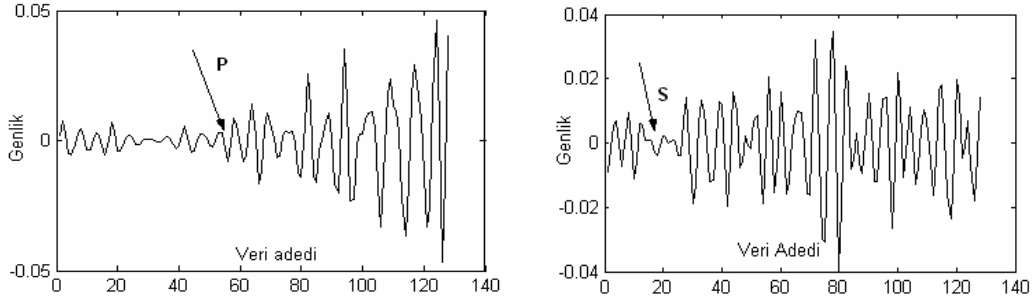
Tespit edilen pencerelelere ait dalgacık seviyelerine bağlı enerji değişimleri Şekil 2 ve Şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 2. 3. pencere dalgacık seviyesi- enerji değişimi

Şekil 3. 10. pencere dalgacık seviyesi - enerji değişimi

3. pencerede 6. bileşen d2 bileşeni, ve 10. pencerede 5. bileşen d3 bileşeni daha yüksek enerji değerlerine sahiptir. 6. seviye üzerinde yapılan analizler ile P ve S dalgası varış zamanları net olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. P ve S dalgası varış zamanları

Şekil 4. de görüldüğü gibi P dalgası varış zamanı 3. pencere 56. veri, S dalgası varış zamanı 10. pencere 18. veri olarak tespit edilmiştir. Bu değerler P dalgası için 9.2 saniye, S dalgası için 29.7 saniye değerlerine karşılık gelmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Sismik sinyallerde gürültünün varlığı araştırmacılar için önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Verilerini sınırlı sayıda istasyondan alan merkezler için depremin çözümü gürültü nedeniyle oldukça güçleşmektedir. Bu çalışmada, P ve S dalgası varış zamanlarının tespiti için dalgacık dönüşümü enerji analizine dayalı bir metot önerilmiştir. Gürültülü sismik kayıtlarda bile, P ve S dalgası varış zamanlarının tespiti önerilen metotla mümkün olmaktadır. Çalışma ivme kayıtları içinde uygulanabilir niteliktedir.

#### 5. Kaynaklar

- [1] PARAMESWARIAH, C., AND COX. M. D. Frequency Characteristic of Wavelets, IEEE Transactions on Power Systems, Ekim 2001
- [2] OONINCX, P.J., Automatic Phase Detection in Seismic Data Using the Discrete Wavelet Transform, CWI Report, 1998
- [3] DOWLA U. F., ANANT, S. K., Wavelet Transform Methods for Phase Identification in Three Component Seismograms, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 87, No. 6., s. 1598-1612, Aralık 1997
- [4] KULHANEK, O. Anatomy of Seismograms, Elsevier Science Publishers, Hollanda, 1990
- [5] GOSWAMI J, C., CHAN A. K., Fundamentals of Wavelets Theory, Algorithm and Applications, John Wiley & Sons, USA, 1999

**NOT:** Bu Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimince Desteklenmiştir.