



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0142

ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

H. Serdar Küyük¹ R. Talha Kuyuk²

Eray Yıldırım³ Yusuf Sümer⁴

Sakarya University¹⁻³⁻⁴

Kocaeli University²

skuyuk@sakarya.edu.tr

kuyuktalha@yahoo.com

erayy@sakarya.edu.tr

ysumer@sakarya.edu.tr

Sakarya-Turkey

**YAKIN VE UZAK KAYNAKLI DEPREM YER HAREKETİNİN DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ KULLANARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÖZET

Son yıllarda, deprem mühendisliği ve mühendislik sismolojisinde, deprem kayıtlarının zaman-frekans analizlerinin dalgacık dönüşümü ile yorumlanması giderek yaygınlaşmıştır. Dalgacık dönüşümü incelenen sinyalin frekans içeriğinin zamanla değişimini incelemek için en uygun metotlardan biridir. Bu çalışmada, Japonya' da 06 Ekim 2000 tarihinde meydana gelen 7.3 büyüklüğünde ve 303 sismometre tarafından kayıt edilen deprem kayıtları arasında deprem odak noktasına en yakın, yüksek frekanslı bileşenlerin fazla, ve en uzak, alçak frekanslı bileşenleri hakim olduğu, iki ivme kaydının doğu batı bileşenlerinin sürekli dalgacık dönüşümleri elde edilmiş ve bu yöntemin frekans-zaman analizleri yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürekli Dalgacık Dönüşüm,
Yakın ve Uzak Kaynaklı Deprem Yer Hareketi,
Kısa-Zaman Fourier Dönüşümü, Deprem, Sismometre

**ASSESSMENT OF NEAR- AND FAR- FIELD EARTHQUAKE GROUND MOTION WITH WAVELET
TRANSFORM**

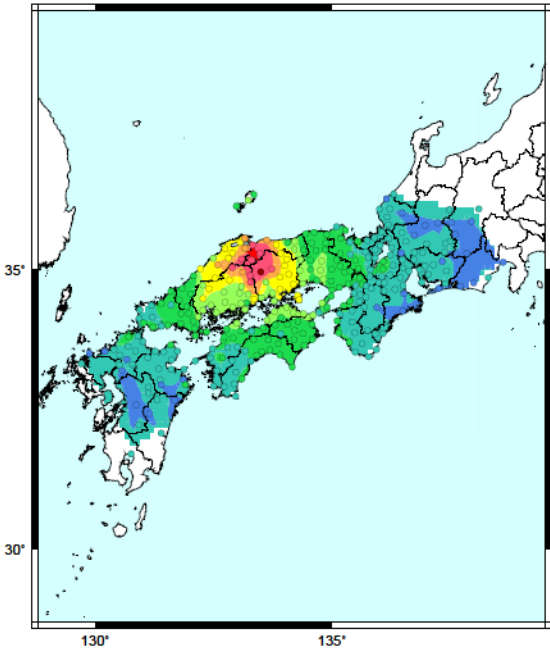
ABSTRACT

Nowadays, time-frequency analysis of earthquake records using wavelet transform is widely employed in earthquake engineering and engineering seismology. Wavelet transform is one of the appropriate methods in investigating frequency content of signal in time domain. In this study, an earthquake occurred in Japan on 06 Oct. 2000 with a 7.3 magnitude is investigated. 303 seismometers recorded this event and two of these records, nearest and farthest to the epicenter, are evaluated through continue wavelet transforms (CWT). CWTs of east-west component of these two records are obtained and its frequency-time analysis is discussed.

Keywords: Continues Wavelets Transform,
Near-And Far-Field Earthquake Ground Motion,
Short-Time Fourier Transform, Earthquake, Seismometers

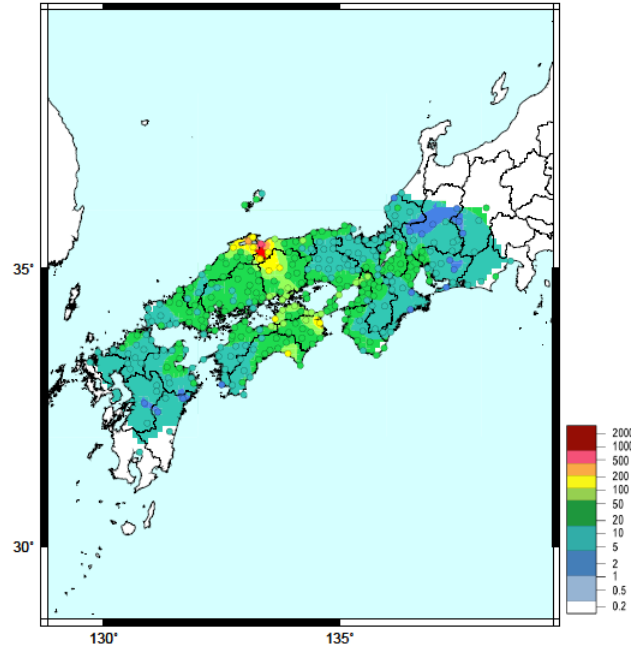
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dalgacık teorisi, son on yıl içerisinde teorik çalışmaların yanı sıra, kendisine birçok uygulama alanı bulmuştur. Özellikle mühendislik bilimlerinde, görüntü ve sinyal işleme uygulamalarında, zaman-frekans analizlerinde, filtreleme gibi alanlarda ileri birçok uygulama bulunmaktadır (Dragotti and Vetterli, 2000, Chang vd, 2000, Parameswariah, 2003). Deprem mühendisliği ve mühendislik sismolojisinde de literatürde dalgacık teorisinin filtreleme, faz analizi gibi alanlarda çalışılmıştır (Dowla, and Anant, 1997, Park vd, 2004, Oonincx, 1998, 1999, Pazos, 2003). Depremler sonucu elde edilen ivme, hız veya yer değiştirme kayıtları temel anlamda iki farklı tanım aralığında incelenmektedir. Bunlar; zaman ve frekans tanım aralığıdır. Kayıtların frekans içeriğinin bulunmasında çoğunlukla kullanılan Fourier dönüşümleri her anlamda en temel ve geleneksel yöntem iken, bunun yanı sıra son zamanlarda dalgacık dönüşümü, sinyallerin frekans içeriğini bulmakta yoğunlukla kullanılmaya başlanmıştır. Fourier dönüşümleri bir kayıtların incelenen zaman penceresinin frekans içeriğini başarı ile gösterirken, frekans değişiminin zaman ile nasıl değiştiğini göstermez.



Şekil 1. Pik ivme kontur haritası
(www.k-net.bosai.go.jp)

(Figure 1. Contour map of peak acceleration, www.k-net.bosai.go.jp/)



Şekil 2. Ortalama ivme tepkisi (T=1-2s. H=%5) kontur haritası (www.k-net.bosai.go.jp/)

(Figure 2. Contour map of average acceleration response spectra, www.k-net.bosai.go.jp/)

Frekansın zamanla değişimini incelemek için, kısa-zaman Fourier dönüşümü yapılır, yani incelenecek sinyal belirli zaman aralıklarına bölünerek Fourier analizi her zaman penceresi için hesaplanır (Papoulis, 1962). Kısa-zaman Fourier dönüşümleri geçici durum analizinde kayıtların tamamında görülen alçak frekans bileşeni veya pencerenin genişliğinden daha büyük periyotlu frekans bileşenlerini gösteremezler. Bu engel dalgacık dönüşümünde görülmez ve kayıtların

frekans değişimlerini zaman ile değişimini takip etmek mümkün olduğu için bazı durumlarda dalgacık dönüşümü daha avantajlıdır.

06 Ekim 2000 tarihinde, öğlen saatlerinde 13:30' da 35.27, 133.345 enlem ve boylamında meydana gelmiş 7.3 büyüklüğündeki depreme ait kayıtlar incelenmiştir. Shimane bölgesi, Japonya, içinde oluşan 11 km derinlikteki bu depremi 303 sismometre kayıt altına almıştır. Depreme ait pik ivme kontur haritası ile ortalama ivme tepki kontur haritaları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, incelenen deprem kayıtları arasında deprem odak noktasına en yakın, yüksek frekanslı bileşenlerin fazla, ve en uzak, alçak frekanslı bileşenleri hakim olduğu, iki ivme kaydının doğu batı bileşenlerinin sürekli dalgacık dönüşümleri elde edilmiş ve bu yöntemin frekans-zaman analizleri yorumlanmıştır.

3. YÖNTEM (METHOD)

Dalgacık dönüşümü, durağan olmayan deprem kayıtlarının zaman-frekans optimum çözünürlüğünü analizini inceleyen bir yöntemdir. Kısa-zaman Fourier dönüşümündeki sabit pencerelerin incelenmesinin aksine, bu dönüşümde düşük frekans bileşenleri geniş zaman bandında, yüksek frekans bileşenleri küçük zaman penceresinde incelenebilmektedir (Çolak, 2006).. Sürekli dalgacık dönüşümü (SDD) sinyalin kendisi ile dalgacık fonksiyonun çarpımı ile elde edilir;

$$SDD(s, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi_{s, \tau}(t) dt \quad (1)$$

Burada $f(t)$ incelenen sinyal, $\psi_{s, \tau}(t)$ dalgacık fonksiyonu, s ölçek parametresi ve τ ötelenme parametresidir. Böylece incelenen kayıt s ve τ ile tanımlanan iki parametrelili bir fonksiyona dönüşmüş olur. s ' in yüksek değerleri için dalgacık zaman ekseninde genişleyip genliği küçülürken, düşük değerleri için aksi söz konusudur ve $1/f$ ile ilintilidir. τ ' nun pozitif değerleri için dalgacık sağa ötelenip, negatif için sola ötelenmiştir. Dolayısıyla $\psi_{s, \tau}(t)$ dalgacık fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$\psi_{s, \tau}(t) = \left(1/\sqrt{s}\right) \psi(t - \tau/s) \quad (2)$$

Bu halde SDD nin genel ifadesi;

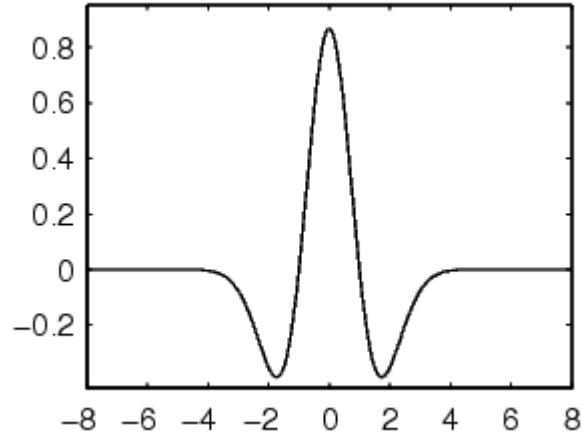
$$SDD(s, \tau) = \left(1/\sqrt{s}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi(t - \tau/s) dt \quad (3)$$

şeklini alır.

Dalgacık fonksiyonları, bir ana fonksiyonun ötelenme ve ölçeklenme yoluyla türetilen fonksiyonlardır ve zaman alanındaki integrali sifıra eşittir. Bu tanımlı sağlayan bir seri Haar, Daubechies, Gabor gibi dalgacık fonksiyonları literatürde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Meksika Şapkası dalgacığı kullanılmıştır. Şekli Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonunun ikinci türevi ile orantılı olan bu fonksiyonun matematiksel ifadesi;

$$\psi(s, \tau, t) = \left[\left((t - \tau)/s \right)^2 - 1 \right] \exp \left[-0.5 \left((t - \tau)/s \right)^2 \right] / \sqrt{2\pi} s^3 \quad (4)$$

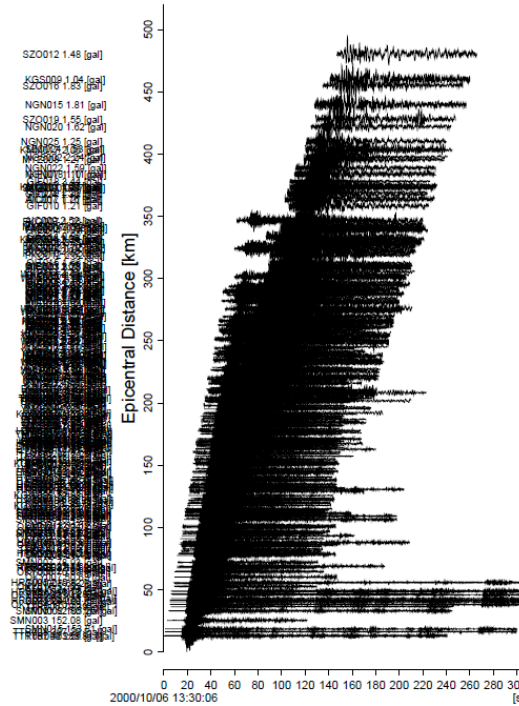
şeklinde tanımlanır (Şekil 3).



Şekil 3. Meksika Şapkası dalgacık fonksiyonu
(Figure 3. Wavelet function of Mexican Hat)

Bu çalışmada yapılan dalgacık dönüşüm analizleri Matlab Wavelet Toolbox kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada incelenen depremin merkez üssü Okayama şehrinin kuzey batısına düşmektedir. Bölgede kaydedilmiş olan 303 kayıt, x ekseninde zaman, y keseninde epicenter olacak şekilde Şekil 4' de gösterilmektedir. Bu ivme kayıtları 100 Hz de kayıt altına alınmıştır.

2000/10/06-13:30 35.278N 133.345E 11km M7.3(ch3)



Şekil 4. Deprem kayıtlarının zaman-odak uzaklığı ile ilişkisi (www.k-net.bosai.go.jp/)
(Figure 4. Occurrence time-epicentral distance relation of the earthquake records, www.k-net.bosai.go.jp/)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (RESULTS AND RECOMENDATIONS)

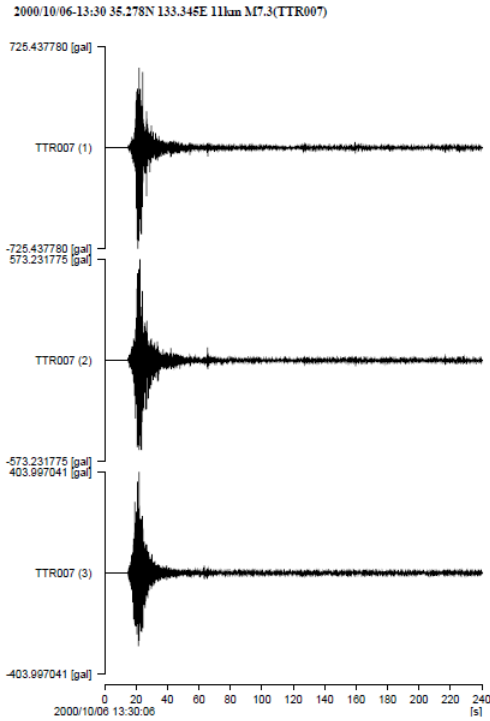
Deprem odak noktasına en yakın ivmeölçer 13 km uzaklıkta Kohfu yerleşim yerindeki TTR007 istasyonu ve en uzak sismometre ise 481 km uzaklıktaki Kambara yerleşim yerindeki SZO012 istasyonu kayıtlarının üç bileşeni Şekil 5 ve Şekil 6' da gösterilmiştir.

Tablo 1. İstasyonların enlem ve boylamları
(Table 1. Longitude and Latitude of the stations)

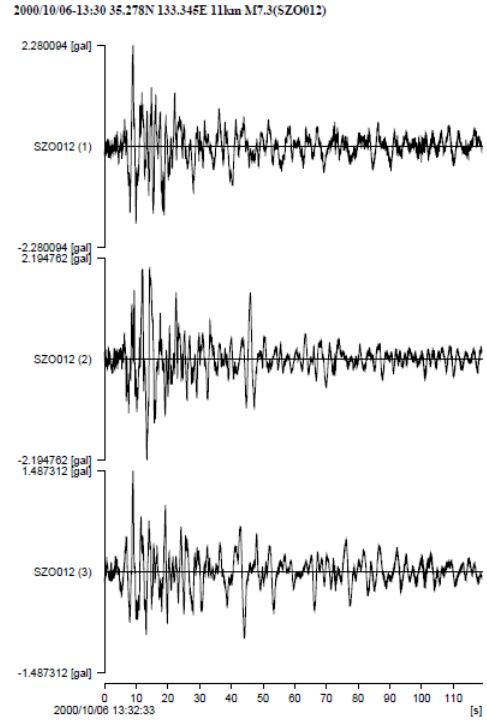
| İstasyon | Enlem | Boylam |
|----------|---------|----------|
| TTR007 | 35.2826 | 133.4876 |
| SZO012 | 35.1271 | 138.6213 |

Maksimum pik ivmesi 877.9 gal olan bu depremin yüksek frekans içeriği yüksek olan TTR007 istasyon kaydı ile frekans içeriği düşük olan SZO012 olan kayıtların doğu batı yönündeki filtrelenmemiş kayıtlarının sürekli dalgalı dönüşümleri incelenmiştir.

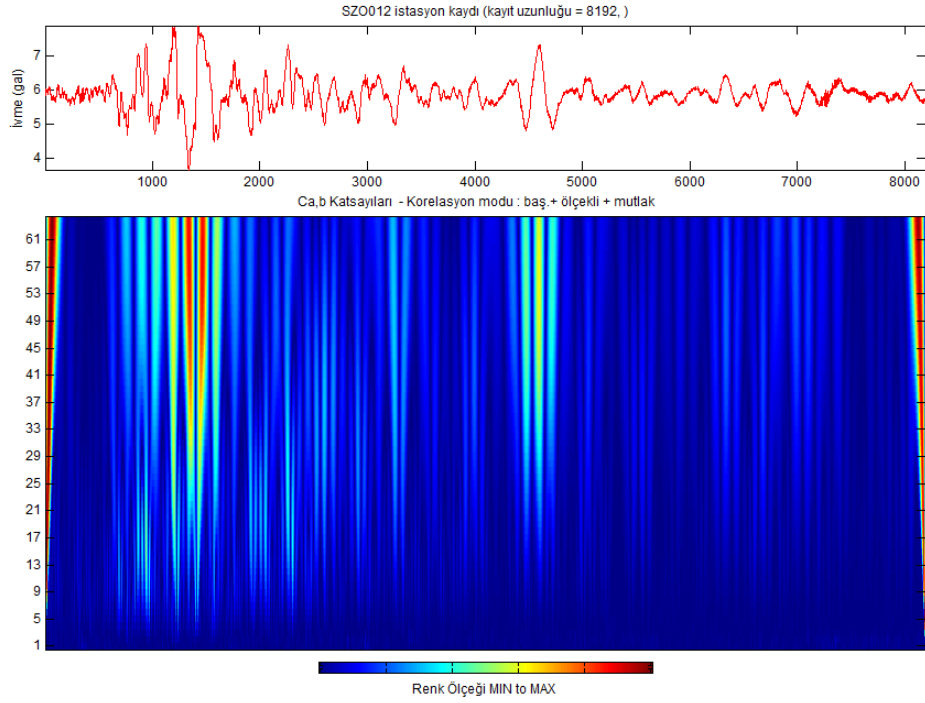
Dalgacık dönüşümü, verilerin hem zaman hem de frekans ortamında incelenmesine olanak sağlayan bir yöntemdir (Chakraborty and Okaya, 1995). Dalgacık dönüşümü sonucunda elde edilen spektra iki boyutlu bir şekilde, x ekseninde zaman y ekseninde ise frekans içeriği temsil edecek şekilde gösterilir.



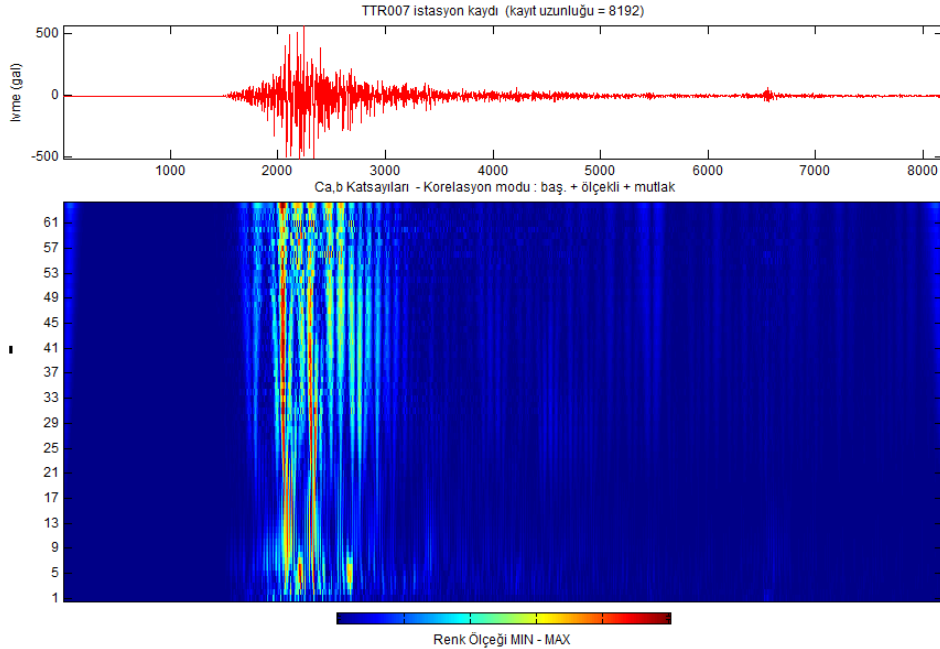
Şekil 5. TTR007 istasyon ivme kaydı üç bileşenleri (www.k-net.bosai.go.jp/) (Figure 5. Three component acceleration records of TTR007 station, www.k-net.bosai.go.jp/)



Şekil 6. SZO012 istasyon ivme kaydı üç bileşenleri (www.k-net.bosai.go.jp/) (Figure 6. Three component acceleration records of SZO012 station, www.k-net.bosai.go.jp/)



Şekil 7. SZO012 istasyon doğu batı bileşeni ivme kaydı ve kayıda ait sürekli dalgacık dönüşümü
(Figure 7. Acceleration records of SZO012 station (East-West) and its continues Wavelet transform)



Şekil 8. TTR007 istasyon doğu batı bileşeni ivme kaydı ve kayıda ait sürekli dalgacık dönüşümü
(Figure 8. Acceleration records of TTR007 station (East-West) and its continues Wavelet transform)

Yüksek frekanslarda azalan zaman dilimi ile beraber zaman dilimi sayısı artmaktadır. (Şekil 7, Şekil 8) Yüksek frekans alçak ölçek faktörü anlamını taşımaktadır ki bu daha detaylandırılmış sinyal bilgisi demektir. Ters durumda ise alçak frekans için yüksek ölçek faktörü ve daha global sinyal bilgisi anlamını taşır. Şekil 7' de görüldüğü üzere kaydın düşük frekanslı içeriği, dönüşüm sonucunda sinyalin geneline yayılmış durumdadır. Dalgacık dönüşümünün sonuçları aslında frekans ile zaman çözünürlüklerini ihtiva etmektedir. Alçak frekans/çözünürlük oranında zaman çözünürlüğü azalmakta frekans çözünürlüğü artmakta buna karşın yüksek oranlarda ise zaman çözünürlüğünde artma frekans çözünürlüğünde zayıflama görülmektedir.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 14-16 Ekim 2010 tarihinde Dicle Üniversitesinde tamamlanan Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumunda (BUMAT2010) sözlü sunumu yapılmış ve NWSA yazım esaslarına göre yeniden düzenlenmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDMENT)

Bu çalışmada deprem kayıtları ve bunlara ait şekiller Deprem Bilimi ve Afet Korunması için Ulusal Araştırma Enstitüsü, Japonya tarafından sunulan <http://www.k-net.bosai.go.jp/> adresten yararlanılmıştır. Sağlanan veriler için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Dragotti, P.L. and Vetterli, M., (2000). Wavelet transform Footprints: Catching Singularities for Compression and Denoising, IEEE, 0-7803-6297-7, pp. 363-366
2. Chang, S.G., Yu, B., and Vetterli, M., (2000). Adaptive Wavelet Thresholding for image Denoising and Compression, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 9, No. 9.
3. Çolak, Ö.H., (2006). Dalgacık dönüşümü kullanılarak sismik sinyallerin analizi, Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği EABD., Sakarya
4. Parameswariah, C., (2003). Understanding Wavelet Analysis and Filters for Engineering Applications, Phd., College of Engineering and science, Louisiana Tech University.
5. Papoulis, A., (1962). The Fourier Integral and Its Applications, Mc Graw Hill, New York.
6. Chakraborty, A. and Okaya, D., (1995). Frequency -Time Decomposition of Seismic Data Using Wavelet-Based Methods, Geophysics, Vol. 60, No. 6, 1906-1916.
7. Dowla, U.F. and Anant, S.K., (1997). Wavelet Transform Methods for Phase Identification in Three Component Seismograms, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 87, No. 6., pp. 598-1612.
8. MATLAB, (1994-2010). Software, © 1994-2010 The MathWorks, Inc.
9. Park, J., Kim, W., and Chang, E.B., (2004). Phase Identification Analysis Using Directionality and Rectilinearity Functions in Three Component Seismograms, Geosciences Journal, Vol. 8., No.2, p.199-299.
10. Oonincx, P.J., (1999). A Wavelet Method for Detecting S- waves in Seismic Data, Computational Geosciences 3, 11-134.
11. Oonincx, P.J., (1998). Automatic Phase Detection in Seismic Data Using the Discrete Wavelet Transform, CWI Report,
12. Pazos, A., Gonzalez, M.J., and Alguacil, G., (2003). Non-linear Filter, Using Wavelet Transform, Applied to Seismological Records, Journal of Seismology 7, 413-429.