

# JEOFİZİK UYGULAMALARDA FOURIER VE DALGACIK DÖNÜŞÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

**Hakan ALP\*, Tahir Çetin AKINCI\*\*, Muhittin ALBORA\***

\*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü Avcılar/İstanbul

\*\*Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, Kadıköy/İstanbul

Geliş Tarihi : 26.01.2007

## ÖZET

Bu çalışmada, jeofizik verilerin analizinde yaygın olarak kullanılan Fourier dönüşümü ile dalgacık dönüşümü arasında bir kıyaslama yapılmıştır. Dalgacık yöntemiyle görüntü işleme, görüntü iyileştirme, gürültü analizi ve sınır saptama konularında oldukça başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Dalgacık dönüşüm yöntemi, son yıllarda jeofizik verilerin analizinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Dalgacık dönüşüm yöntemi ile Fourier dönüşüm yöntemi hem jeofizik verilere hem de temel fonksiyonlara uygulanarak karşılaştırma yapılmış ve bunun sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada jeofizik veri olarak deprem kayıtları ve Hatay bölgesi Bouger gravite anomali haritası kullanılmış ve iki dönüşüm birbiriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda; jeofizik verilerin analiz ve yorumlanmasında dalgacık dönüşümünün yardımcı bir araç olarak kullanılabilenliği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Dalgacık dönüşümü, Fourier dönüşümü, Jeofizik veri.

## COMPARISON OF FOURIER AND WAVELET TRANSFORMS IN GEOPHYSICAL APPLICATIONS

### ABSTRACTS

In this study, it was compared Fourier Transformation using widely in analysing of geophysics data and image processing and Wavelet Transformation using in image processing, boundary analysis and recently years in use geophysical data analysis. It was applicated and compared two transformations in the both geophysical data and fundamental functions. Then the results obtained were evaluated. In this study it was compared two transformation using earthquake records and Bouger gravity anomalies map of Hatay region geophysical data. At the end of the our study it was clearly seen that wavelet transform can be used by geophysical data analysing.

**Key Words :** Wavelet transform, Fourier transform, Geophysical data.

### 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi jeofizik sinyaller genellikle zaman ve uzay ortamında tanımlanmaktadır (gravite, manyetik, sismik ve benzerleri gibi). Verilerin analiz edilebilmesi için frekans/dalga sayısı ortamına taşınması oldukça önemlidir. Zaman ve uzay ortamında kolaylıkla ayırt edilemeyen olaylar

frekans ortamında daha rahat bir şekilde gözlenebilmektedir. Spektral analiz uygulamaları birçok jeofizik dalında kullanılmaktadır. Frekans ortamının diğer bir yararı ise süzgeç tasarımının rahat yapılmasıdır. Örneğin potansiyel alanlarda spektral çözüm yapılarak bu alanlardan sığ ve derin etkiler birbirinden ayırt edilmiş olabilecektir (Pınar ve Akçığ 1995). Jeofizik verilerin spektral analizinde çok çeşitli dönüşüm yöntemi yer

almaktadır. Bu dönüşüm yöntemlerinden en yaygın kullanılanları Fourier, Lablace, Henkel, Hilbert ve Z dönüşümü olarak gösterilebilir. Fourier dönüşümünü jeofizik uygulamalar bakımından oldukça önemli bir yere koyabiliriz (Yılmaz, 1987). Ancak son yıllarda ise Fourier Dönüşümüne alternatif olarak bazı çalışmalar yapılmaktadır. Kısa zamanlı Fourier Dönüşümünde, zamanda pencerelemiş işaretin Fourier Dönüşümü alınmakta ve pencere kaydırılıp, tüm işaret taranarak aynı işlem tekrar edilmektedir. Bu dönüşümde eğer pencere fonksiyonu dar alınırsa yüksek frekanslar, geniş alınırsa alçak frekanslar daha iyi analiz edilebilmektedir. Pencerelemiş bir kosinüs fonksiyonunu ve bu fonksiyonun zamanda daraltılmış versiyonlarını kullanarak, pencere fonksiyonunun zamandaki yerine ve pencerenin ölçeğine bağlı yeni dönüşüm fonksiyonları geliştirdi (Mallat, 1989). Jeofizikte, farklı dönüşüm fonksiyonları dalgacık olarak adlandırılıyordu. Morlet ise geliştirdiği fonksiyonları sabit biçimli dalgacıklar olarak adlandırdı. Dalgacık fonksiyonunu, Goupillaud v.d., (1984) ilk kez sismik sinyal işlemede kullanmışlardır. Goupillaud (1984) dalgacık dönüşüm yönteminin teorisini geliştiren ve jeofizik verilere ilk uygulayan kişi olmuştur. Quantum mekaniğindeki evre uyumlu durumlar kullanılarak, dalgacık fonksiyonlarına dayanan integraller için ters dönüşüm elde edilmiştir (Grossman ve Morlet, 1985). Mallat (1985), çoklu-çözünürlük analizini geliştirmiş ve dalgacıkların tümlev ayna filtreleri, alt band filtreleme ve piramit yapı ile ilişkisini ortaya koymuştur. Meyer (1993), sürekli türeve sahip ilk Dalgacık fonksiyonlarını ve birkaç yıl sonra Daubechies (1990) ortogonal, sıkı destekli Dalgacık fonksiyonunu elde etmiştir. Dalgacık analizinin jeofizik verilere birçok uygulaması bulunmaktadır. Davis v.d., (1994), Şeker v.d., (1999), Uçan v.d., (2000), Albora v.d., (2004), Fedi ve Quarta (1998), Albora v.d., (2006) ve Ridsdill-Smith v.d., (1999) potansiyel kaynaklı verilerin rejyonel ve rezidüel ayrımlarını Dalgacık analizi kullanarak elde etmişlerdir. Bu çalışmada Fourier ve dalgacık dönüşümü çeşitli jeofizik verilerde ve sentetik verilere uygulanıp karşılaştırılıp birbirine olan üstün tarafları araştırılmaya çalışılmıştır. Aşağıda iki dönüşümün matematiksel temelleri ve uygulama şekilleri verilmiştir.

## 2. FOURIER DÖNÜŞÜMÜ

Fourier Dönüşümü Fransız matematikçi Joseph Fourier tarafından bulunmuş matematiksel bir yöntemdir. Bu dönüşüm sürekli olarak tanımlanır ve fonksiyonların sürekli olarak kabul edildiği durumlarda uygulanır. Jeofizik ve diğer dallarda örneklenmiş sinyalleri dönüştürmek için

kullanılmaya başlanmıştır. Fourier dönüşümünün kullanımı ile, zaman tanım kümesindeki bir işaretin frekans içeriğini analiz etmede büyük yarar sağlamasıdır. Dönüşüm, ilk olarak tanım kümesi zaman olan bir fonksiyonu, tanım kümesi frekans olan bir fonksiyona çevirerek çalışır. O zaman sinyalin frekans içeriğini inceler. Çünkü dönüştürülen fonksiyonun Fourier katsayıları, her frekans değerinde sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının her birinin katkısını temsil eder. Ters Fourier dönüşümü de, verinin frekans tanım kümesinden zaman tanım kümesine dönüştürülmesini gerçekleştirir. Fourier, periyodu  $2\pi$  olan herhangi bir  $f(x)$  fonksiyonunun, o fonksiyonun Fourier serisi denilen,

$$a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx) \quad (1)$$

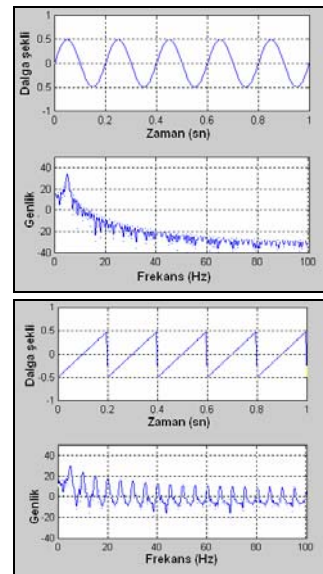
toplamı ile temsil edilebilir. Buradaki  $a_0$ ,  $a_k$  ve  $b_k$  katsayıları

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx,$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx,$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(kx) dx$$

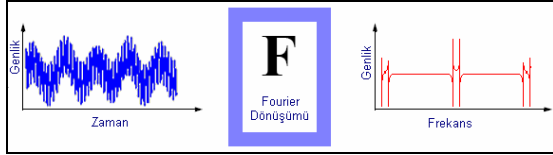
formülleri ile hesaplanır.



Şekil 1. Sinüs fonksiyonu ve Rampa fonksiyonu Fourier dönüşümü.

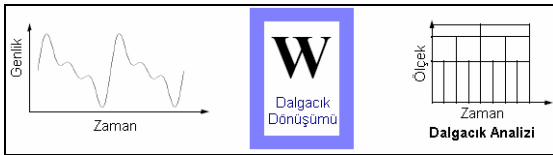
Örnek olarak iki temel fonksiyona ait Fourier dönüşümleri Şekil 1’de verilmiştir. Fourier serilerindeki üstel fonksiyonlar, zaman boyutunda tam desteğe sahip olmamakta ve sonsuza gitmektedir. Bu durağan işaretlerin analizi için sorun oluşturmazken, dinamik işaretler için sorun teşkil etmekte ve yetersiz kalmaktadır. Başka bir söylemle fourier gösterimi; işaretteki spektrum bileşenlerini göstermekte ve bu bileşenlerin zaman bilgisini içermemektedir.

Fourier dönüşümü ortaya çıktıktan sonra çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. 1807 yılında Joseph Fourier ortaya koyduğu Fourier serileri ve dönüşümüne 1946 yılında Gabor (1946), Kısa-Zaman Fourier dönüşümü (KFZD) olarak yeni bir fikir ortaya koymuştur. Daha sonra Cooley ve Tukey (1965) Hızlı Fourier dönüşümü ile Fourier dönüşümünü çok daha hızlı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir.



Şekil 2. Fourier dönüşümü.

Şekil 2’de zaman genlik dönüşümüne ait bir sinyalin frekans-genlik dönüşümüne Fourier dönüşümü ile dönüştüğü sembolik olarak gösterilmiştir. Fourier dönüşümünün faydası, zaman tanım kümesindeki bir işaretin frekans içeriğini çözümü kabiliyetinde yatar. Dönüşüm, ilk olarak tanım kümesi zaman olan bir fonksiyonu, tanım kümesi frekans olan bir fonksiyona çevirmek suretiyle çalışır. O zaman sinyalin frekans içeriği incelenebilir. Çünkü dönüştürülen fonksiyonun Fourier katsayıları, her frekans değerinde sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının her birinin katkısını temsil eder. Ters Fourier dönüşümü de, verinin frekans tanım kümesinden zaman tanım kümesine dönüştürülmesini gerçekleştirir (Misiti v.d., 2000.)



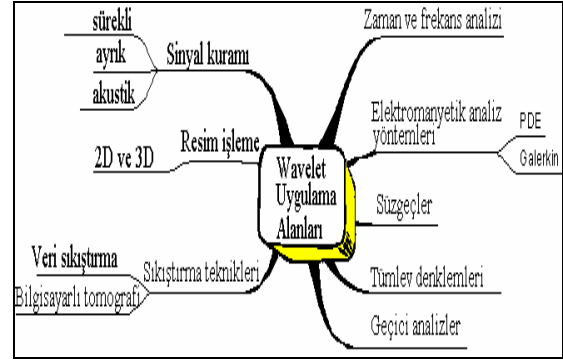
Şekil 3. Dalgacık dönüşümü.

Şekil 3’de dalgacık dönüşümünün zaman-genlik ve ölçek kavramı sembolize edilmiştir. Şekil 4’de dalgacık dönüşümünün uygulama alanları gösterilmiştir. Dalgacık dönüşümü sinyallerin zaman-frekans gösteriminin elde edilmesi için

kullanılan bir matematiksel dönüşüm fonksiyonudur. Dalgacık dönüşümü günümüze kadar bağımsız olarak farklı birçok bilim dalında gelişmiştir.

### 3. WAVELET (DALGACIK) DÖNÜŞÜMÜ

Dalgacık yöntemini Haar ilk olarak 1909’da tezinde kullanmıştır. Haar dalgacık fonksiyonunun en önemli özelliği, sıkı desteğe sahip olmasıdır. Buna karşın Haar dalgacık fonksiyonu sürekli türeve sahip değildir. 1930’lu yıllarda değişken ölçekli taban fonksiyonlar üzerine yapılan çalışmalarda, Littlewood ve Paley (1937), ölçeği değiştirken enerjisini koruyan fonksiyonlar elde etmişlerdir. 1950–1960 yıllarda Littlewood-Paley teorisi kısmi diferansiyel denklemler ve integral denklemlerine uygulanmıştır.

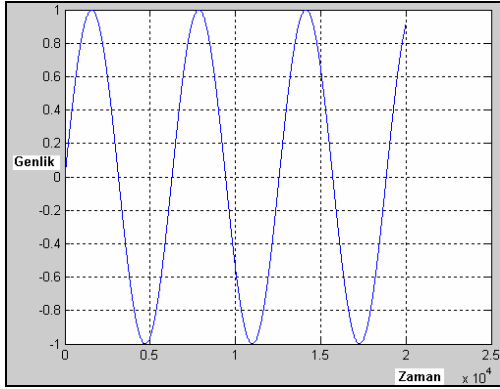


Şekil 4. Dalgacık dönüşümünün uygulama alanları.

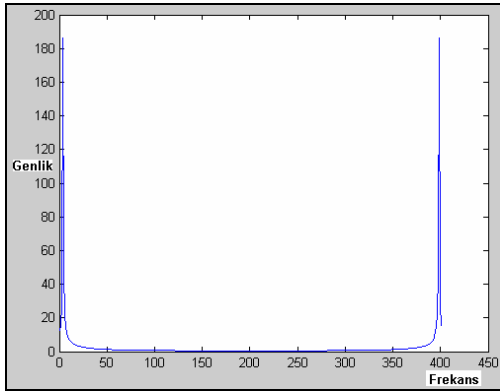
Kuantum fiziğinde, jeofizikte, elektrik-elektronik mühendisliğinin sayısal işaret işleme, biyomedikal işaret işleme, sayısal imge işleme gibi alanlardaki çalışmalar günümüzdeki imge sıkıştırma, türbülans, radar ve deprem tahmini gibi bir çok dalgacık uygulamasının geliştirilmesine yardımcı olmuştur (Arsoy, 2003; Kocaman, 2003).

#### 3. 1. Sürekli Dalgacık Dönüşümü

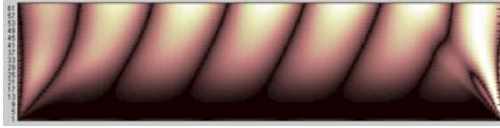
Zamana göre frekansı değişen sinyaller sürekli dalgacık dönüşümü yardımıyla zaman-frekans diyagramını optimum olarak elde edilir. Analizi yapılacak dönüşüm istendiği gibi seçilebilir. Bu dönüşüm Fourier dönüşümünün genelleştirilmiş halidir. Fiziki olarak bu dönüşümde değişken, modüle edilmiş aralık bütün sinyal süresince kaydırılır her iki konum için faz spektrumu araştırılır. Bu işlem süreci kısa ve uzun aralıklarla tekrar edilir.



A



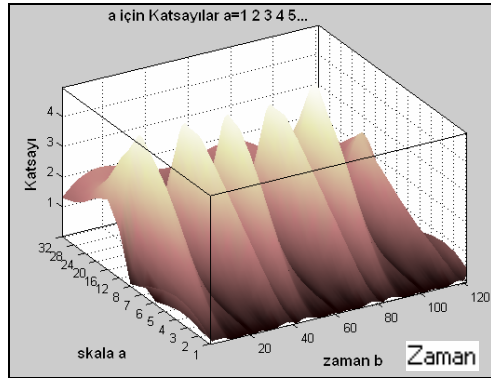
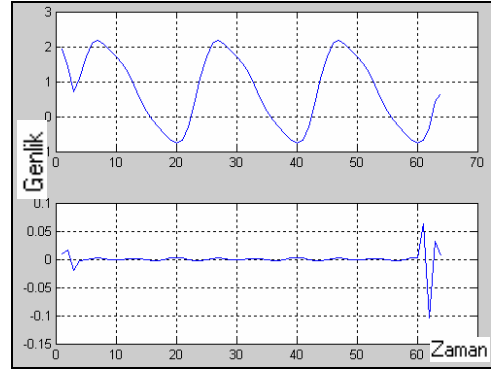
B



C

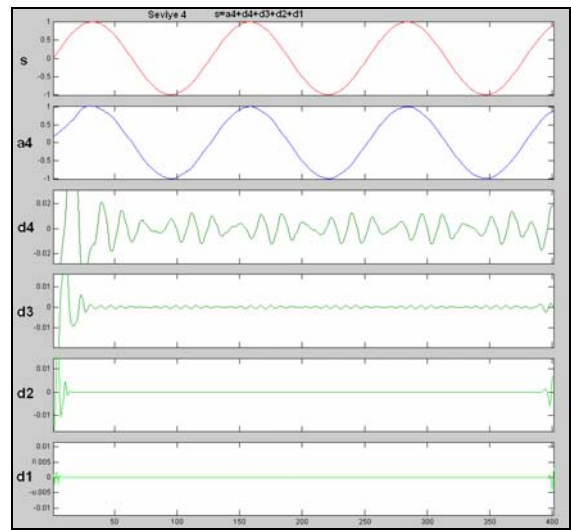
Şekil 5 a) Sinüs grafiği b) Sinüs grafiğine ait Hızlı Fourier Dönüşümü c) Aynı sinüs sinyalinin sürekli dalgacık analizi.

Şekil 5a'da görülen sinüs fonksiyonudur şekil 5b'de ise bu fonksiyonun Fourier dönüşümü verilmiştir. Şekil 5c'de aynı sinüs sinyalinin sürekli dalgacık dönüşümü verilmiştir. Dönüşümlere ayrıntılı bakacak olursak Fourier dönüşümünde frekans ortamında sinyal 2 pik şeklinde ifade edilmiştir. Dalgacık dönüşümünde ise zaman-ölçek ortamında sinüs dalgasını ayrıntılı bir şekilde incelenebilmektedir. Eğer sinüs dalgasının üzerinde küçük bir süreksizlik düşünürsek tabii bu süreksizlik çok küçük ve gözlemlenemeyecek kadar küçük alırsak Fourier dönüşümüyle bu sinyalde ki süreksizlik spektrumu da 2 pik olarak tek bir frekans olarak gözlenecektir. Fakat dalgacık dönüşümde bu süreksizlik zaman ortamında net bir şekilde görülecektir. Şekil 6'da uygulama örneği gösterilmiştir.



Şekil 6.  $y=0.5+\sin(\omega t)+0.2\sin(2\omega t)+0.1\sin(3\omega t)$  denkleminin dalgacık analizi ve Mexh analizi.

Şekil 6'da  $y=0.5+\sin(\omega t)+0.2\sin(2\omega t)+0.1\sin(3\omega t)$  denklemine ait grafik ve dalgacık grafiği çizdirilmiştir. Şekil 7a'da sinüs sinyali çizdirilmiş ancak grafiğin dalgacık analizi ile çözülebilmesi için grafik biraz bozulmuş ve süreksiz olduğu noktalar hemen altındaki dalgacık grafiğinde net olarak görülmektedir. b grafiğinde ise aynı sinüs denklemini zaman ölçek ve katsayı grafiği ile gösterilmiştir.



Şekil 7. Sinüs sinyaline ait dalgacık yaklaşım ve detayları.

Şekil 7’de sinüs sinyaline ait dalgacık yaklaşımı ve detayları görülmektedir. Ana sinyal  $s$ , diğer yaklaşım (a) ve detayların (d) toplamından oluşmaktadır. Ana sinyalde süreksiz olan noktalar detay sinyallerinde belirgin bir şekilde ayırt edilebilir. Şekilde  $s$  sinyalinin süreksiz olduğu başlangıç ve bitiş anları d2 detay sinyalinde açıkça görülmektedir.

Dalgacık yöntemi kullanılarak iki ve üç boyutlu filtreleme çalışmaları yapılabilir. Dalgacık yöntemi, Dalgacık Dönüşümü ve Çok Çözünürlüklü Analizle ifade edilebilir. Buna göre,  $L^2(R)$  sonlu enerjili işaretler için bir vektör uzayını göstermek üzere,  $x(t)$ ,  $L^2(R)$  uzayında tanımlanan bir işaret olsun.  $R$  gerçel sayılar kümesi ise,. Bu durumda sonlu enerjili işaretler,

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt < \infty \quad (3)$$

bağıntısını sağlarlar ve  $x(t)$  nin sürekli dalgacık dönüşümü de

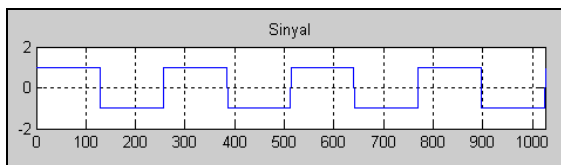
$$CWT_{\psi} x(a,b) = W_x(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{a,b}^*(t) dt \quad (4)$$

olarak tanımlanır. Sürekli genişleme ve öteleme parametreleri yerine,  $a = a_0^m$ ,  $b = nb_0 a_0^m$  şeklindeki ayrık parametreleri tanımlamak mümkündür. Bu durumda  $c_1(n)$ , orijinal işaretin yaklaşım versiyonunu ve  $d_1(n)$  de, işaretin dalgacık dönüşümü formundaki detay gösterilişini oluşturur. Bunlar sırasıyla;

$$c_1(n) = \sum_k h(k - 2n) c_0(k) \quad (5)$$

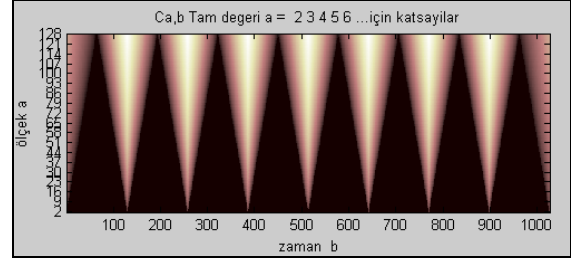
$$d_1(n) = \sum_k g(k - 2n) c_0(k) \quad (6)$$

olarak tanımlanırlar. Burada  $h(n)$  ve  $g(n)$ ,  $c_0(n)$  i,  $c_1(n)$  ve  $d_1(n)$  e ayrıştıran birleşik filtre katsayılarıdır. Bir sonraki ölçek ayrıştırılmasında ise, yine  $c_1(n)$  işareti temel alınır. Dalgacık dönüşümünde en temel sinyal olan haar dalgacığı ve bu sinyali sürekli dalgacık dönüşümü gösterilmiştir (Şekil 8 ve 9).



Şekil 8 . Haar dalgacık sinyali.

Şekil 8’da Haar ana dalgacığı verilmiştir. Şekil 9 ‘da ise yine Haar sinyaline ait olan Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD) için çözümleme yapılmıştır. Yapılan çözümlemede düşük frekanslı ve yüksek frekanslı bölgeler açıkça görülmektedir (Chamberlain, 2002).



Şekil 9. Haar dalgacığının SDD’de analizi.

### 3. 2. Fourier ve Dalgacık Dönüşümleri Arasındaki Benzerlikler

Hızlı Fourier dönüşümü (HFD) ve ayrık dalgacık dönüşümünün (ADD) her ikisi de lineer işlemlerdir. Bu işlemler, genellikle doldurarak ve  $2^n$  uzunluğundaki farklı bir veri vektörüne dönüştürerek bir veri yapısı üretir. Bu veri yapısı çeşitli uzunluklara sahip  $\log_2 n$  sayıda parça içerir.

Dönüşümlerde kullanılan matrislerin matematiksel özellikleri de benzerdir. HFD ve ADD her ikisi için ters dönüşüm matrisi orijinal matrisin transpozudur. Sonuç olarak, her iki dönüşüm, fonksiyon uzayında farklı tanım bölgesine dönüştüren hareket gibi görülebilir. HFD için, bu yeni tanım bölgesi sinüs ve kosinüsten oluşan baz fonksiyonlarını içerir. Dalgacık dönüşümü için, bu yeni tanım bölgesi dalgacıklar, ana dalgacıklar veya analiz eden dalgacıklar diye isimlendirilen daha karmaşık baz fonksiyonlarını içerir. İki dönüşümün başka bir benzerliği de vardır. Baz fonksiyonları frekans ile sınırlanırlar. Bu, güç tayfı (bir frekans aralığında ne kadar güç bulunduğu) ve güç dağılımlarını hesaplamada yararlı olan matematiksel araçları oluşturur.

### 3. 3. Fourier ve Dalgacık Dönüşümleri Arasındaki Farklılıklar

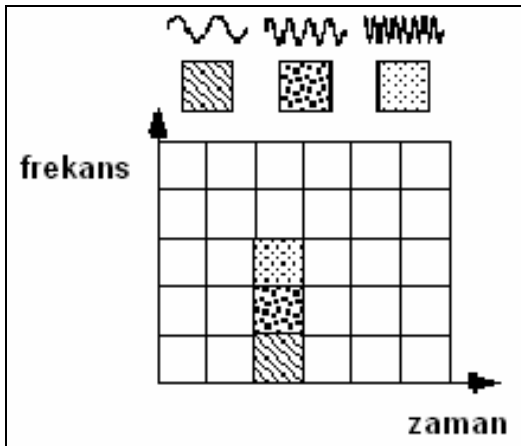
Bu iki tür dönüşüm arasındaki en önemli diyebileceğimiz farklılık, dalgacık fonksiyonlarının uzayda sınırlandırılmasına rağmen, Fourier sinüs ve kosinüs fonksiyonları ise uzayda sınırlandırılmamıştır. Dalgacıkların frekans sınırlaması düşünüldüğünde, bu sınırlandırma özelliği, dalgacık tanım bölgesine dönüştürüldüğü zaman seyrek dalgacıklar kullanan birçok fonksiyon ve operatör oluşturur. Tersten bakıldığında bu seyreklik, veri sıkıştırma, resimlerdeki özellikleri

bulma ve zaman serilerindeki sorunları ortadan kaldırma gibi yararlı bir çok uygulamayla sonuçlanır. Fourier dönüşümü ve dalgacık dönüşümü arasındaki zaman-frekans çözünürlük farklarını görmenin bir yolu, zaman - frekans düzleminde baz fonksiyonunun kapladığı alana bakmaktır. Şekil 10, penceresinin basit olarak kare dalga olduğu bir pencerelenmiş Fourier dönüşümünü gösteriyor. Kare dalga penceresi, pencereyi belirli bir genişliğe ayarlayacak şekilde sinüs veya kosinüs fonksiyonunu keser. Pencerelenmiş Fourier dönüşümünde (PFD) bütün frekanslar için tek bir pencere kullanılması nedeniyle, çözünürlük analizi zaman-frekans düzlemindeki bütün bölgelerde aynıdır.

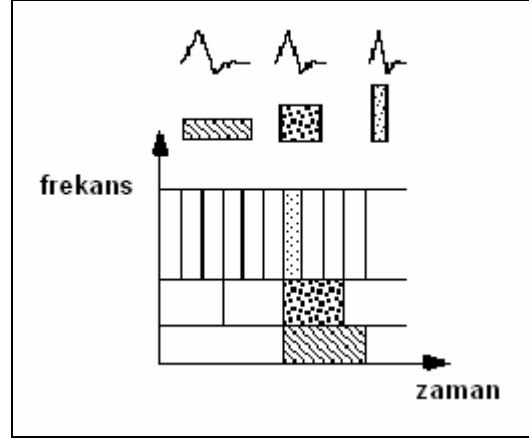
Dalgacık dönüşümlerinin bir avantajı pencerelerin değişebilir olmasıdır. Sinyal süreksizliklerini ayırmak için, bazı çok kısa baz fonksiyonlarına sahip olmak istenir. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu kısa kısa yüksek-frekans baz fonksiyonları ve uzun düşük-frekans baz fonksiyonlarına sahip olmaktır.

Bu ortam kesinlikle dalgacık dönüşümleri ile elde ettiğimiz durumdur. Şekil 11, Daubechies dalgacığı diye isimlendirilen bir dalgacık fonksiyonunun zaman-frekans düzleminde kapladığı alanı gösteriyor.

Hatırlamamız gereken şey, dalgacık dönüşümlerinin, sadece sinüs ve kosinüs fonksiyonlarını kullanan Fourier dönüşümü gibi tek bir baz fonksiyonları kümesine sahip olmadığıdır. Onun yerine, dalgacık dönüşümleri sonsuz sayıda mümkün baz fonksiyonları kümesine sahiptir. Bundan dolayı dalgacık analizi, Fourier analizi gibi diğer zaman-frekans metotları tarafından saklı bırakılan bilgiye doğrudan doğruya erişim sağlar.



Şekil 10. Fourier baz fonksiyonlarının zaman-frekans düzleminde kaplaması.

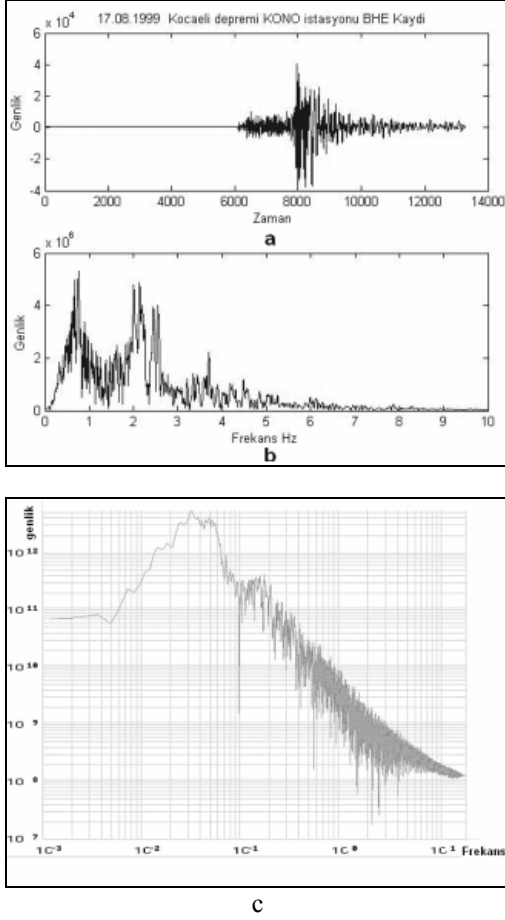


Şekil 11. Daubechies dalgacık baz fonksiyonunun zaman-frekans düzleminde kaplaması.

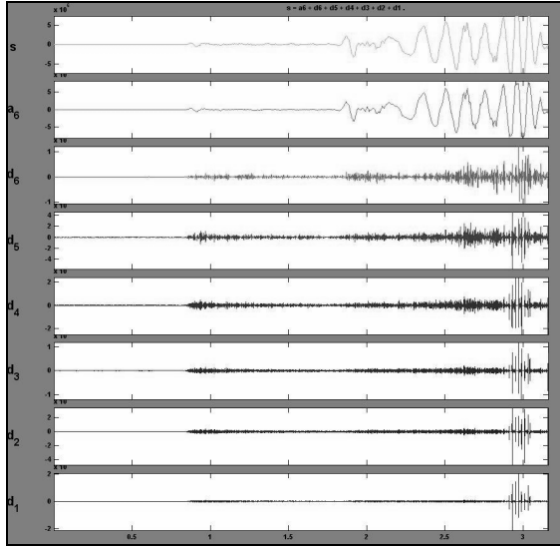
#### 4. FOURIER VE DALGACIK DÖNÜŞÜMLERİNİN JEOFİZİK VERİLERE UYGULANMASI

Bu bölümde çeşitli jeofizik verilerin Fourier ve dalgacık dönüşümlerinin birbiriyle karşılaştırılması yapılacaktır. Burada Türkiye'yi olumsuz etkileyen 17 Ağustos İzmit depremi ele alınmıştır. Bu depremin büyüklüğü  $M_w: 7.4$ 'tür. Uygulama için doğu bileşen kaydı seçilmiştir. Veriye ait dalgacık dönüşümü ve Fourier çıktıları Şekil 12 ve Şekil 13'de verilmiştir. Dalgacık dönüşümü sürekli olarak alınmış ve zaman ortamında Fourier dönüşümüyle kıyaslanmıştır. Bu bileşen diğer bileşenlere göre daha gürültüsüz olduğu için seçilmiştir.

Deprem kaydının Fourier spektrumunda logaritmik eksen kullanılmadığında elde edilen çıktı Şekil 12b' de verilmiştir. Görüldüğü gibi bu durumda deprem dalgasında iki ayrı pik olarak görülmüştür. Şekil 12c'de ise logaritmik eksen kullanıldığında daha iyi sonuç elde edilmiştir. Bu durumda baskın frekanslar daha ayrıntılı bir şekilde görülebilmektedir. Burada sözü edilen baskın frekans deprem sinyali içerisinde bulunan cisim dalgaları (P ve S dalgaları) ve yüzey dalgalarının belli bir frekans aralığında yayındıkları ve bu frekans aralığının Fourier dönüşümünde gözlemlendiği tabi burada sadece yüzey ve cisim dalgaları ayırt edilebilmektedir. Cisim dalgaları ve yüzey dalgalarının kendi içerisinde ayırt etme mümkün olmamaktadır.



Şekil 12. a) 17.08.1999 tarihinde meydana gelen büyüklüğü  $M_w$ : 7.4 olan depremin doğu bileşen kaydı, b) Bu kayda uygulanmış Fourier dönüşümü ve c) Aynı kayda uygulanmış Fourier dönüşümü logaritmik eksenlerdeki görünümü.

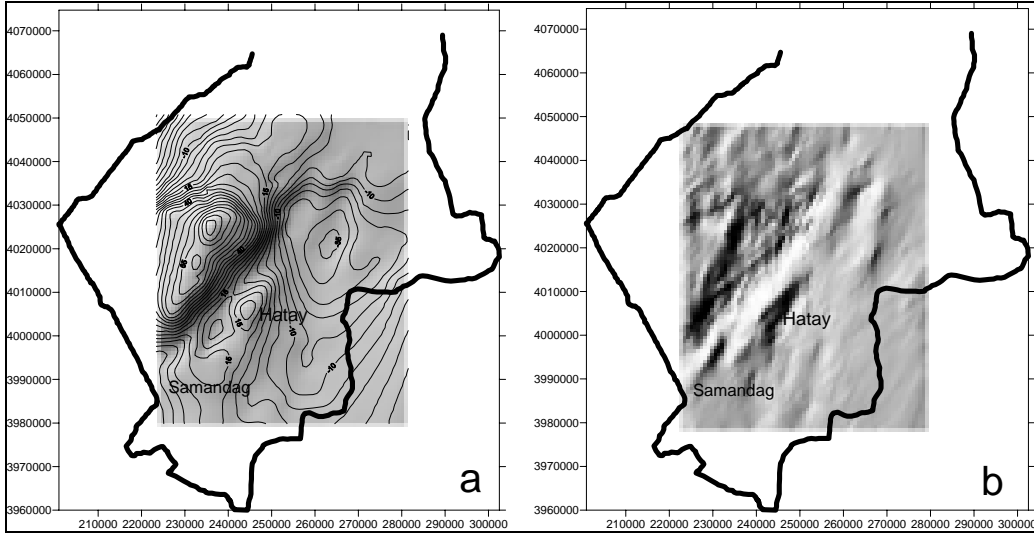


Şekil 13. 17.08.2000 tarihinde meydana gelen büyüklüğü  $M_w$ : 7.4 olan depremin doğu bileşen kaydına uygulanmış dalgacık dönüşümü çıktısı.

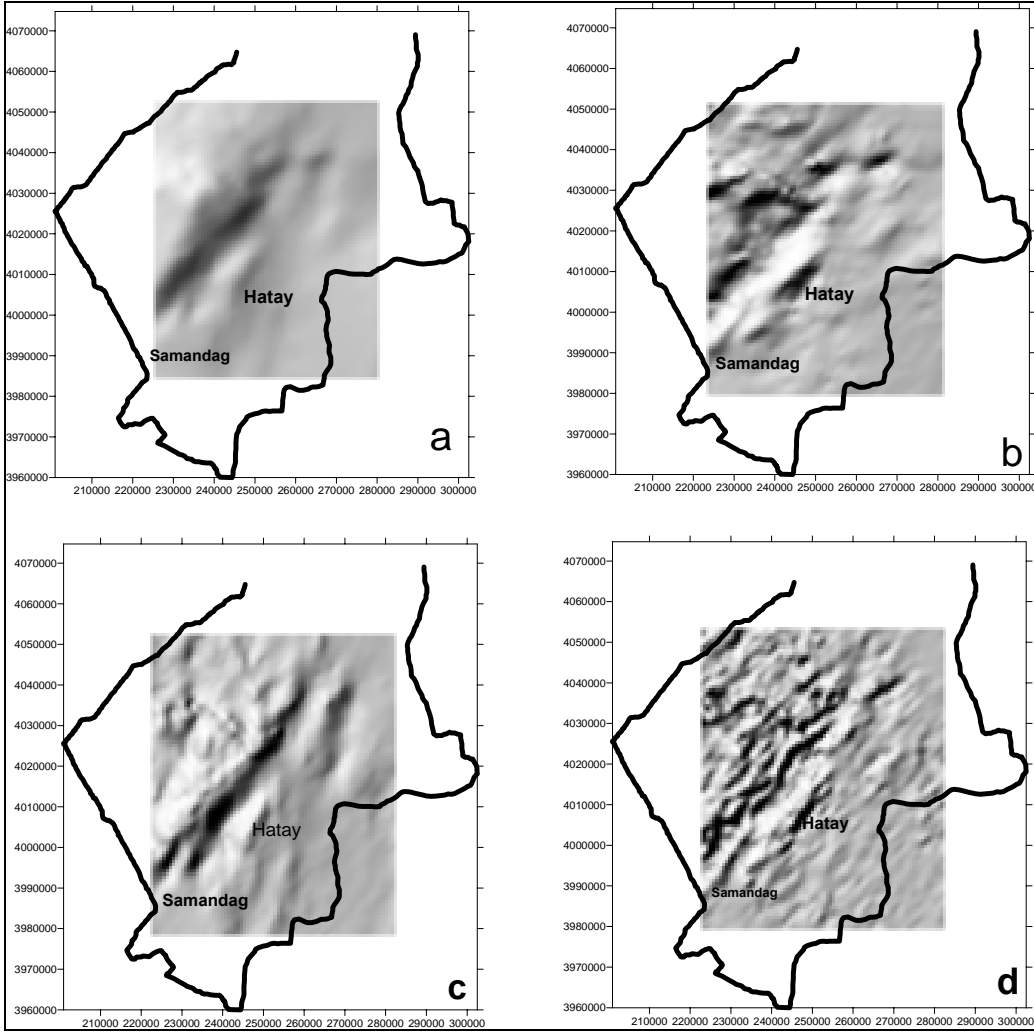
Aynı kaydın dalgacık dönüşümü ise şekil 13'de görülmektedir. Bu kaydı dalgacık dönüşümüne sokabilmek için veriyi öncelikle ASCII formatına dönüştürmek gerekmektedir. Earthquakes and Broadband Seismological Data in Europe and Mediterranean Area-ORFEUS'tan SAC-ASCII formatındaki veri, EAS Programı kullanılarak ASCII dosyası haline getirilmiştir. Bu işlemlerden sonra dalgacık dönüşümü için uygun hale gelen veri MATLAB 6.2, programı kullanılarak kaydın yaklaşım ve detayları ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Ana sinyal s, diğer yaklaşım ve detayların toplamından oluşmaktadır. Ana sinyalde süresiz olan noktalar detay sinyallerinde belirgin bir şekilde ayırt edilebilir. Sonuç olarak Fourier dönüşümünde cisim ve yüzey dalgaları birbirinden ayırtılırken dalgacık dönüşümünde ise bu dalgalar kendi arasında da ayırtılabilir.

İkinci bir uygulama örneği olarak Hatay bölgesi Bouger Gravite anomali verilerine hem 2 boyutlu Fourier hem de dalgacık dönüşümü uygulanmıştır. Şekil 14a'da Bouger Gravite anomali haritası ve şekil 14b'de ise bunun iki boyutlu Fourier çıktısı görülmektedir. Buradan da görüldüğü üzere Fourier dönüşümünün genel etkisi olarak köşe frekansları baskın şekilde ortaya çıkmıştır. Şekil 15'de ise aynı anomali haritasının dalgacık çıktısı görülmektedir. Dalgacık dönüşümünün bir diğer önemli özelliği ise yatay, düşey ve diyagonal çıkışlar elde edebilmemizdir. Böylece elde edilen farklı çıkışları yorumlama imkânımız olacaktır.

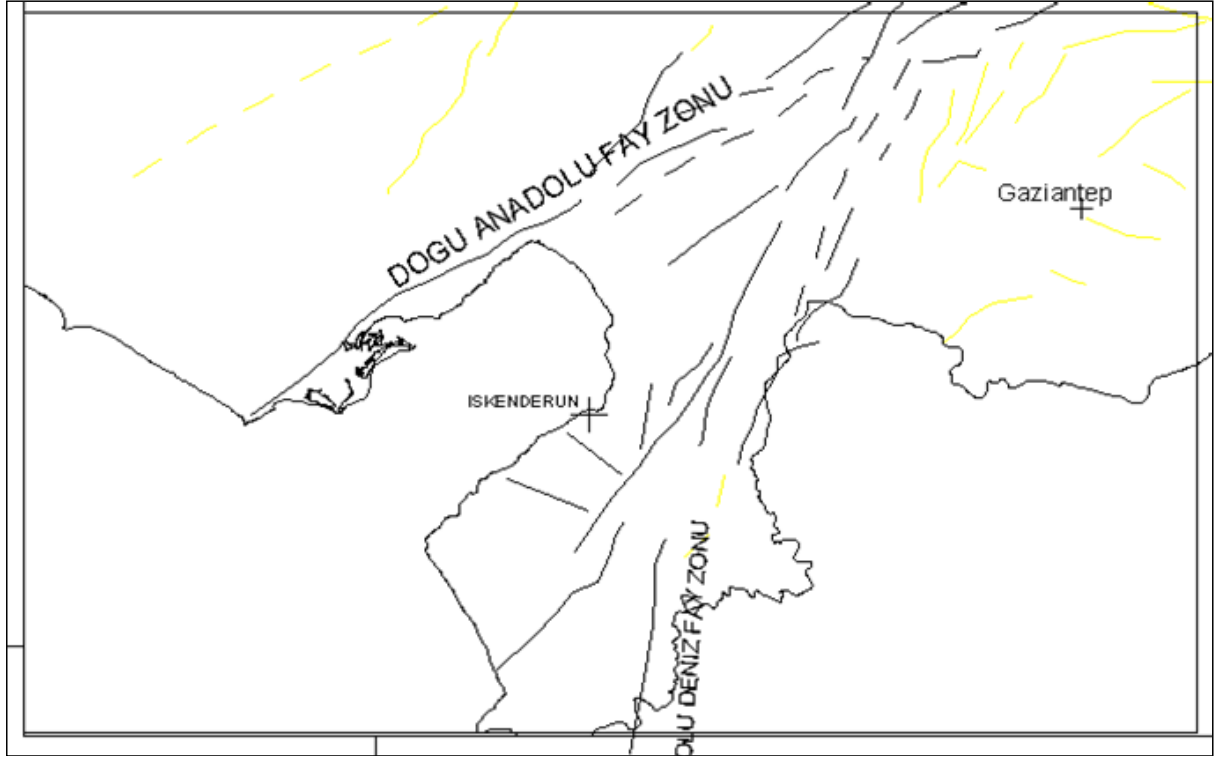
2-Boyutlu Fourier çıktısından elde edilen kabartma haritasında ve şekil 16' da verilen bölgeye ait diri fay haritasına (Tatar v.d., 2004), bakıldığında kısmen bir uyum içerisinde olduğu söylenebilir. Diğer yandan dalgacık analizinden elde edilen yatay, düşey ve diyagonal çıktılarda ise süresizlik sınırlarının yönelimine bakılarak daha net bir şekilde ortaya çıkan fayları görmemiz mümkündür. Dalgacık yöntemi kullanılarak iki ve üç boyutlu filtreleme çalışmaları yapılabilir. Bu yöntemde çeşitli katsayıları kullanabilir, istediğimiz tekrar sayısı kadar rezidüel yapıları ortaya çıkartabiliriz. Bizim çalışmamızda daha çok Daubechies katsayılarını kullanarak en iyi sonuca gitmeye çalışılmıştır. Dalgacık yönteminin bir diğer önemli özelliği ise yatay, düşey ve diyagonal çıkışlar elde edilebilmesidir. Böylece elde edilen farklı çıkışları daha iyi yorumlama imkanı bulunacaktır.



Şekil 14. a) Hatay Bölgesi Bouger Gravite Haritası ve b) İki boyutlu hızlı Fourier dönüşümü.



Şekil 15. a) Hatay bölgesi Bouger Gravite Haritası, b) Yatay dalgacık dönüşümü çıktısı, c) Düşey dalgacık dönüşümü çıktısı ve d) Diyagonal dalgacık dönüşümü çıktısı.



Şekil 16. Bölgenin genel tektonik haritası (Tatar v.d., 2004 değiştirilerek alınmıştır).

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada dalgacık ve Fourier dönüşümleri arasındaki benzerlikler ve farklılıklar göz önünde bulundurularak iki dönüşüm arasında bir kıyaslama yapılmıştır. Ayrıca bu iki dönüşüm çeşitli fonksiyonlara ve jeofizik verilere uygulanmıştır. Yapılan fonksiyon uygulamalarından görülen dalgacık dönüşümünün Fourier dönüşümünü oranla zaman-frekans çözünürlüğünün daha iyi olduğudur. Örneğin yapılan sinüs fonksiyonu uygulamasında fonksiyonun içerisinde yer alan küçük bir süreksizlik, Fourier dönüşümünde görülemezken, dalgacık dönüşümünde zaman ortamında bile bu süreksizliğin nerede olduğu ayrıntılı şekilde ortaya çıkarılmıştır. Jeofizik verilere baktığımızda ise veri olarak hem tek boyutlu olarak deprem verisi kullanılmış ayrıca iki boyutlu olarak ise Hatay bölgesine ait Bouger Gravite anomali haritası kullanılmıştır. Bu verilere de hem veri türüne bağlı olarak tek ve 2 boyutlu dönüşümler uygulanıp kıyaslamaya gidilmiştir. Bu uygulamalar sonucunda dalgacık yaklaşımının, yüksek frekanslarda ve düşük frekanslarda seçime bağlı zaman çözünürlüğü ile frekans çözünürlüğü iyi netice vermektedir. Sonuç olarak iki çok yakın sıçrama, zaman çözünürlüğü artacak şekilde yüksek frekanslara gidildiğinde ayrıştırılabilir. Açıklandığı gibi, dalgacık analizi en iyi, kısa süreli yüksek

frekanslı bileşenler ve uzun süreli düşük frekanslı bileşenlerden oluşan sinyallerde başarılı olduğu görülmüştür.

## 6. KAYNAKLAR

Albora, A.M., Bal, A. and Uçan, O.N. 2006. A New Approach for Border Detection of Dumluca (Turkey) Iron Ore Area: Wavelet Cellular Neural Networks Pure and Applied Geophysics 164, 1-17.

Albora, A.M., Hisarlı, Z.M. and Uçan, O.N. 2004. Application of Wavelet Transform to Magnetic Data Due to Ruins of Hittite Civilization in Turkey Pure and Applied Geophysics 161, 907-930.

Arısoy, E. 2003. Dalgacık Tabanlı Senkron Generatör Koruma Algoritması, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye.

Chamberlain, N. F. 2002. Introduction to Wavelets, South Dakota School of Mines and Technology .

Cooley, J. and Tukey, J.W. 1965. An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series, Math. Comput., 19, 297-301.

Daubechies, I. 1990. The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis, IEEE Trans. On Information Theory 36.

Davis, A., Murshak, A. and Wiscombe, W. 1994. Wavelet-base Multi-Fractal Analysis of Non-Stationary and/or Intermittent Geophysical Signals. In: Wavelets in Geophysical (Eds. E. Foufoula Georgiou and P. Kumar). 249-298. Academic Press, Inc.

Fedi, M. and Quarta, T. 1998. Wavelet Analysis for the Regional Residual and Local Separation of Potential Field Anomalies. Geophysical Prospecting, 46, 507-525.

Gabor, D. 1946. Theory of Communications. J.IEEE, 93, 429.

Goupillaud, P., Grossmann, A. and Morlet, J. 1984. Cycle-octave and Related Transforms in Seismic Signal Analysis, Geoprospection 23, 85-102.

Grossman, A. and Morlet, J. 1985. Mathematics and Physics, 2, L. Streit, Ed., World Scientific Publishing, Singapore.

Kocaman, Ç. 2003. Dalgacık Tabanlı Transformatör Koruma Algoritması, Yüksek Lisans Tezi, on Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye.

Littlewood, J. E. and Paley, R.E.A.C. 1937. Theories on Fourier Series and Power Series. I, J. London Math. Soc. 6, 230-233; II, Proc. London Math. Soc. 42 (1936), 52-89; III, (43), 105-126.

Misiti, M., Misiti, Y. and Oppenheim, G. 2000. Wavelet Toolbox For Use With Matlab User's Guide, 2<sup>nd</sup> ed.", The MathWork Inc., 1.1-1.38.

Mallat, S. 1989. A Theory for Multi-resolution Signal Decomposition the Wavelet Representation, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intelligence 31, 679-693.

Meyer, Y. 1993. Wavelets, "Applications and Algorithms", SIAM.

Pınar, R. ve Akçığ Z. 1995. Jeofizikte Sinyal Kuramı ve Dönüşümler TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim yayınları No : 3, 1-5.

Ridsdill-Smith, T. A. and Dentith, M. C. 1999. The Wavelet Transform in Aeromagnetic Processing, Geophysics 64, 1003-1013.

Şeker, S., Uçan, O. N., Albora, A. M. ve Özmen, A. 1999 2-D Wavelet Application on Geophysics, International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO'99), December, Bursa.

Tatar, O, Piper, J.D.A., Gürsoy, H., Heimann A. and Koçbulut, F. 2004. Neotectonic Deformation in the Transition Zone Between the Dead Sea Transform and the East Anatolian Fault Zone, Southern Turkey: A Palaeomagnetic Study of the Karasu Rift Volcanism. Tectonophysics 385, 17-43.

Uçan, O. N., Şeker, S., Albora, A. M. and Özmen, A. 2000. Separation of Magnetic Field Data Using 2D Wavelet approach, Journal of the Balkan Geophysical Society 3, 53-58.

Yılmaz, O. 1987. Seismic Data Processing. Society of Exploration Geophysicists, Investigations in Geophysics Series 2, 62-81.