

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZAMAN SİNYALLERİNDE PENCERE
ETKİSİNİN GİDERİLMESİ VE MICROTREMOR
VERİLERİNE UYGULANMASI

Elif BALKAN

Ocak, 2010

İZMİR

**ZAMAN SİNYALLERİNDE PENCERE
ETKİSİNİN GİDERİLMESİ VE MICROTREMOR
VERİLERİNE UYGULANMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Anabilim Dalı**

Elif BALKAN

**Ocak, 2010
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ELİF BALKAN, tarafından **PROF. DR. RAHMİ PINAR** yönetiminde hazırlanan “**ZAMAN SİNYALLERİNDE PENCERE ETKİSİNİN GİDERİLMESİ VE MICROTREMOR VERİLERİNE UYGULANMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Rahmi PINAR

Danışman

.....
.....
Jüri Üyesi

.....
.....
Jüri Üyesi

.....
Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŐEKKÖR

Tezimin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen ve çalıőmalarımı yönlendiren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Rahmi PINAR' a teşekkür ederim.

Elif BALKAN

ZAMAN SİNYALLERİNDE PENCERE ETKİSİNİN GİDERİLMESİ VE MICROTREMOR VERİLERİNE UYGULANMASI

ÖZ

Bu çalışmada, mikrotemor yöntemi ile elde edilen zaman verilerinin kesilmesinden kaynaklanan sorunlar ve verinin alınmasına yönelik sürecin ne olması gerektiği araştırılmıştır.

Jeofizikte veriler zamana ya da uzaklığa bağlı olarak gözlenirler. Bu verilerin analizi için ise frekans ortamına aktarılmaları gerekmektedir. Çünkü zaman ortamında görülemeyen birçok olay frekans ortamında rahatlıkla saptanabilir. Toplanan veriler, olayın doğası gereği, ölçüm süresi boyunca bir pencere ile kesilmiş olurlar. Zaman ortamında bu işlemi, sonsuz boylu verinin, dikdörtgen bir pencere işlevi ile çarpımı olarak tanımlanabilir. Fourier dönüşümünün evrişim özelliğe göre, zaman ortamdaki bu çarpım işlemi frekans ortamında evrişime karşılıktır. Zaman ortamı pencere işlevi, verinin frekans ortamında değerlendirilmesi aşamasında ayrırlılığın azalmasına sebep olabilir.

Bilindiği gibi mikrotemor verilerinin analizinden sonra zemine ait baskın salınım dönemi (T), Spektral dönem (Ta,Tb) ve yerin büyütmesi (K) belirlenmeye çalışılır. Belirlenen bu parametrelerin güvenilirliği çok önemlidir çünkü binalar bu parametrelere göre sınıflandırılmış zemine uygun olarak tasarlanırlar. Mikrotremor gibi 0,1 sn ile 2 sn arasındaki periyoda sahip verilerin analizinde, birbirine yakın frekanslardaki izlerin ayrılabilmesi oldukça zordur. Ferkans ortamında yakın periyotlu sinyallerin, dikdörtgen pencerenin spektrumu olan sinc işlevinin evrişimi nedeniyle ayrırlılığın kalmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla güvenilir bir değerlendirilme yapılabilmesi için, veriler üzerindeki pencere etkinin giderilmesi şarttır.

Yapılan çalışmada, pencere etkisinin yakın frekanslardaki ayrımlılığı nasıl azalttığı gösterilerek ve giderilmeye çalışılmıştır. Etkinin giderilmesi için ters evrişim yöntemi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise, araziden alınan gerçek mikrotremor verilerinde ters evrişim yöntemi ile pencere etkisi veriden ayrılmıştır.

Bu çalışma sonucunda microtemor verilerin değerlendirilmesi sırasında kullanılacak olan pencerelerin boyunun en az 600 saniye olması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Ters evrişim, zaman ortamı pencere etkisi, frekans ortamı sinc işlevi etkisi.

ELEMINATION OF WINDOW EFFECT ON TIME SIGNALS AND ITS APPLICATIONS ON MICROTREMOR DATA

ABSTRACT

In this study, the problems resulting from the cutting of time data obtained with microtemor method and what the period regarding the obtainment of data must be have been investigated.

Data are obtained depending on time or distance in geophysics. These data must be transferred into the frequency medium so that they will be evaluated and interpreted. Because, many events that cannot be noticed in time medium can be readily analyzed in frequency medium. The gathered data, naturally, have been cut with a window in the height of measurement time. This process, in time medium, can be defined as the multiplication of infinite heighted data with a rectangular window function. According to the convolution feature of Fourier Tranform, this multiplication operation refers to convolution in frequency medium. Window function of time medium can cause differences to reduce at the stage of the resolution of data in frequency medium.

As known, after the analysis of microtemor data, the dominant period of emission of ground (T), spectral period (Ta, Tb), and the growth of ground (K) are tried to be determined. The reliability of these determined parameters is of great importance, because buildings are designed in compliance with the ground classified according to these parameters. In the analysis of data with periods of 0.1-2 seconds such as microtemor, the differentiation of traces in the frequencies that are close to each other is quite difficult. It has been observed in the frequency medium that the signals with close periods have no differences due to the convolution of sinc function, which is the spectrum of rectangular function. Therefore, it is compulsory that window effect on data be eliminated in order to make a reliable evaluation.

In the study made, how the window effect reduces the difference in close frequencies has been shown and tried to be eliminated. So as to eliminate the effect, reverse convolution method has been used. At the second stage, on the other hand, the real microtemor data taken from that area have been studied and window effect has been aimed to be discharged from the data through the reverse convolution method.

The results disclosed in the consequence of the studies, the window length, appiles on signal, during evaluation data should be at least six hundred.

Keywords: Deconvolution, window effect on time domain, Sinc function effect on frequency domain.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ – KURAMSAL GELİŞME	2
2.1 Sinyal.....	2
2.2 Fourier Serileri ve Fourier Dönüşümü.....	3
2.2.1 Fourier Serileri.....	3
2.2.2 Fourier Dönüşümleri.....	4
2.3 Pencereleme	5
2.3.1 Pencereleme Nedeniyle Karşılaşılan Sorunlar	6
2.3.2 Pencereleme Nedeniyle Frekans Ortamında Karşılaşılan Sorunlar.....	9
2.4 Mikrotremorler.....	10
2.5 Mikrotremorler Verilerinin Kesilmesi ve Kesilme Sürecinden Kaynaklanan Sorunla.....	12
2.6 Pencere Türleri ve Etkileri	14
2.6.1 Dikdörtgen Pencere.....	14
2.6.2 Üçgen Pencere	15
2.7 Microtemor Verilerinde Pencere Etkisinin Giderilmesi	16
2.7.1 Ters Evrişim	17
2.7.1.1 Deterministik Ters Evrişim	18
2.7.1.2 İstatistiksel Ters Evrişim	18
2.7.1.3 Ters Evrişimde Kullanılan Yöntemler	18
2.7.1.3.1 En Küçük Kareler Yöntemiyle Ters Evrişim	19
2.7.1.3.2 Özilişki Yöntemiyle Ters Evrişim	20

BÖLÜM ÜÇ – UYGULAMALAR	23
3.1 Kuramsal Veriler Üzerindeki Uygulamalar	23
3.1.1 Kuramsal Verilerin Oluşturulması	23
3.1.1.1 Dalgacığın Oluşturulması	23
3.1.1.2 Pencere İşlevi	26
3.1.1.3 Evrişim	27
3.1.2 Örnekler	28
3.1.2.1 Örnek 1	28
3.1.2.2 Örnek 2	31
3.1.2.3 Örnek 3	35
3.2 Arazi Veriler Üzerindeki Uygulamalar	37
3.2.1. Pencere boyu (d) 2 saniye seçilip değerlendirilmesi	38
3.2.2. Pencere boyu (d) 10 saniye seçilip değerlendirilmesi	40
3.2.3. Pencere boyu (d) 25 saniye seçilip değerlendirilmesi	41
3.2.2. Pencere boyu (d) 600 saniye seçilip değerlendirilmesi	42
BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	46

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Jeofizikte en önemli nokta, gözlemlenen arazi verilerinin analizlerinin doğru bir şekilde yapılarak değerlendirilmesidir. Bunun için birçok spektral yöntem kullanılmaktadır.

Microtremor verilerinin doğası gereği elde edilen sinyaller ölçüm süresine bağlı olarak bir pencere etkisinde ayrımlılıklarını yitirirler. Bu etki giderilmeden verinin değerlendirilmesi ve zemine ait parametrelerin saptanması güvenilir olamaz. Nakamura (1989) 'da yayınladığı “yer yüzeyinde microtremor kullanarak yer altı yapısına ait dinamik parametrelerin hesaplanması” adlı makalesiyle microtremorların kullanım alanlarına büyük kolaylık sağlamıştı. Son 20 yıl içinde yapılan birçok çalışmada microtremorların doğal kaynakları kullanılarak yer altı yapısının belirlenmesinde geliştirilmiş microtremor arama yöntemleri vardır (Okada ve diğ., 1990).

Microtremor verileri belirlenen bir zaman süresince toplanırlar. Değerlendirme aşamasında verinin tamamı kullanılabileceği gibi, gürültü oranının az olduğu kısımlar da belirlenip analizleri yapılabilir. Veriden sinyal/gürültü oranının büyük olduğu kısımlarının ayrılması işlemi, veriyi uygun bir pencere ile çarpmaya karşılık gelir. Toplanan verinin tamamı değerlendirildiğinde, ölçüm süresinin etkisi, sinyal/gürültü oranının baskın olduğu zaman aralıklarının seçilip değerlendirildiğinde ise seçilen pencere etkisinin giderilmesi gerekmektedir. Microtremor verilerinin analizinde pencere etkisinin giderilmesi adına yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, zaman sinyalleri üzerindeki pencere etkisi giderilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, bölüm ikide çalışmada yararlanılan genel kuram, bölüm üçte yapılan uygulamalar ve bölüm dörtte çalışma sonucu elde edilen sonuç ve öneriler yer almaktadır.

BÖLÜM İKİ

KURAMSAL GELİŞME

2.1 Sinyal

Sinyal, zaman veya uzay ortamı bağımsız değişkenlerine bağlı olarak elde edilen fiziksel bir nicelik olarak tanımlanır. Matematikte sinyali bir ya da daha fazla bağımsız değişkenin işlevi olarak tanımlayabiliriz

Sinyallerin analizlerinin yapılabilmesi için türünün belirlenmesi gerekir. Çünkü farklı veri türlerine uygulanacak spektral analiz yöntemleri de farklılıklar göstermektedir. En genel olarak sinyaller; tanımlı sinyaller ve tanımlı olmayan (rastgele) sinyaller olarak ikiye ayrılırlar. Tanımlı sinyaller, matematiksel bir bağıntıyla tanımlanan verilerdir. Uygulamada sık karşılaşılan bir diğer sinyal türü ise matematiksel bir bağıntıyla tanımlanamayan izlerdir. Bunlara da rastgele sinyaller adı verilir. Jeofizikte gözlemlerde elde edilen sinyaller rastgele ve tanımsal özelliklerin ikisini birlikte içerebilirler.

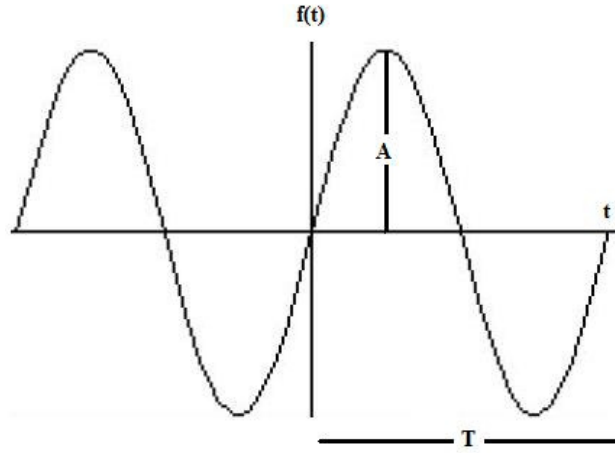
Jeofizikte sinyaller genellikle zaman (t) ve uzay (x) ortamlarında tanımlanırlar. Oysaki izlerin analizinin yapılabilmesi ve yorumlanabilmesi için frekans ortamına aktarılmaları gerekmektedir. Çünkü zaman veya uzay ortamında görülemeyen olaylar frekans ortamında rahatça görülebilir.

Bir sinyal, değişik frekanslardaki sinüsoidal dalgaların toplamı olarak düşünülür ve sinyalin analizdeki amaç, onu oluşturan dalgaların genlik ve evre bilgilerine ulaşmaktır. Sinyallerin analizinde, bir sinüsoidal dalga

$$x(t) = A \cos(\omega t \mp \phi) \quad (2.1.a)$$

$$x(t) = A \sin(\omega t \mp \phi) \quad (2.1.b)$$

bağıntılarıyla gösterilebilir. Şekil 2.1. te sinüsodial bir dalganın elemanları gösterilmektedir. Burada “A” dalganın genliğini, “ ω ” açısal hızı ϕ ise evreyi göstermektedir. Açısal hız ile periyot arasındaki ilişki, $\omega = 2\pi/T$ dir.



Şekil 2.1 Sinüsodial dalga

Sinyallerin analizlerinden önce belirlenmesi gereken diğer bir özellikleri de dönem bilgisidir. Çünkü dönemi bilinen ve dönemi bilinmeyen verilerin frekans ortamı görüntüsünü elde edebilmek için farklı yaklaşımlar kullanılır. Bu yaklaşımlar da Fourier Serileri ve Fourier Dönüşümleridir.

2.2 Fourier Serileri ve Fourier Dönüşümü

Zaman ya da uzay ortamında ayrılamayan birçok parametre frekans ortamında analiz yapılarak bulunabilir

2.2.1 Fourier Serileri

Frekans analizinde Fourier Serilerinin kullanılabilmesi için iki koşul olmalıdır. Bunlar, sinyalin sonsuz uzunluklu olması ve döneminin bilinmesi gerektirir.

Sonsuz uzunluklu, T dönemli bir $f(t)$ işlevini Fourier Serisine açılımı,

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos(w_0 t) + a_2 \cos(2w_0 t) + \dots + a_n \cos(nw_0 t) \\ + b_1 \sin(w_0 t) + b_2 \sin(2w_0 t) + \dots + b_n \sin(nw_0 t) \\ f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nw_0 t) + b_n \sin(nw_0 t)] \quad (2.2)$$

bağıntısıyla verilir. Bu bağıntıda $w=2\pi/T$ olup, a_0 , a_n ve b_n katsayıları aşağıdaki gibidir.

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt \quad (2.3)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos(nw_0 t) dt \quad (2.4)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin(nw_0 t) dt \quad (2.5)$$

Çeşitli trigonometrik açılımlar kullanarak en genel haliyle fourier serilerini (2.6) bağıntısıyla gösterebiliriz.

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{jnw_0 t} \quad (2.6)$$

$$\text{ve } C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp(-jnw_0 t) dt \quad (2.7)$$

dir. C_n harmoniğin genliği w_0 ise temel frekanstır

2.2.2 Fourier Dönüşümleri

Fourier Dönüşümü, dönemi bilenmeyen, sonsuzda olan işlevler için kullanılır. Eğer bir işlevin dönemi T , sonsuz büyürse, açısal frekans w sıfıra yaklaşır.

$$w = 2\pi/T \quad \lim_{T \rightarrow \infty} 2\pi \frac{1}{T} = 0$$

w yeterince küçükse, w yerine Δw yazılabilir ve o zaman Δw sıfıra yaklaşır böylece ayırık frekans spektrumu sürekli hale gelir.

(2.6) bağıntısında, C_n yerine (2.7) bağıntısı yazılırsa;

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp(-jnw_0 t) dt \exp(jnw_0 t) \right] \quad (2.8)$$

elde edilir.

w yerine Δw koyulup, (2.6) bağıntısı düzenlendiğinde;

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[\frac{\Delta w_0}{2\pi} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp(-jnw_0 t) dt \right] \exp(jnw_0 t) \quad (2.9)$$

buluruz.

Burada

$$F(w) = \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp(-jw_0 t) dt \quad (2.10)$$

olduğu bilindiğine göre (2.6) bağıntısı

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi} F(w) \exp(-jw_0 t) dw \quad (2.11)$$

halini alır.

Sonuç olarak $T \rightarrow \infty$, iken $w \rightarrow 0$ olması durumunda Δw ifadesi dw ye, toplam ifadesi ise integrale dönüşür ve aşağıdaki dönüşümlere ulaşılır;

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w) \exp(jwt) dw \quad (2.12)$$

$$F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \exp(-jwt) dt \quad (2.13)$$

(2.12) ve (2.13) bağıntılarına Fourier Dönüşüm çiftleri denir.

2.3 Pencereleme

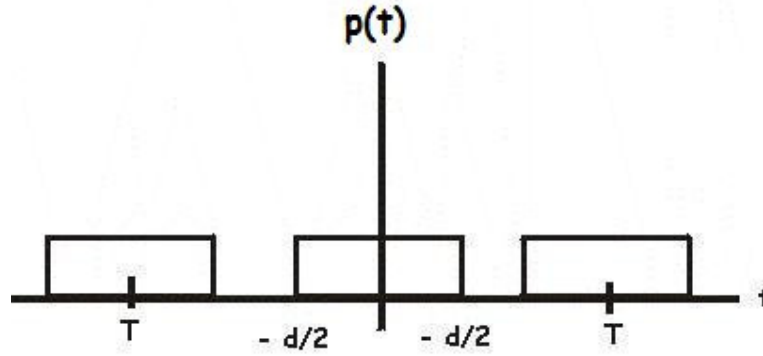
Bilindiği gibi jeofizikte veriler sonsuz uzunluktadırlar. Araziden alınan veriler zamanın veya uzayın bir parçasıdır. Yapılan ölçümlerde doğada sonsuz uzunlukta verinin belirli bir kısmı kaydedilmektedir. Örneğin araziden bir profil boyunca ölçü alınmakta ve bu profilin başlangıç noktası ile bitiş noktası arasındaki değerler hariç diğer her yerde ölçü değeri sıfır kabul edilmektedir. Gerçekte bu böyle değildir. Ölçü almadığımız halde profilin dışında da sayısal değerler vardır. Bu da demek oluyor ki alınan veriler sonsuz uzunlukta dikkörtgen bir pencere ile pencerelenip kesilerek birer iz biçimine getirilmektedirler. Bu kesme işlemi matematiksel olarak sonsuz uzunluklu sinyali, pencere fonksiyonu ile çarpmaya eşdeğerdir. Zaman ortamında sonsuz uzunluklu bir sinyalin pencerelenmesini aşağıdaki gibi gösterebiliriz;

$$\hat{f}(t) = f(t) \cdot p(t) \quad (2.14)$$

$f(t)$; zaman ortamı sonsuz uzunluklu sinyal

$p(t)$; zaman ortamı ölçüm aralığı (pencere fonksiyonu)

$\hat{f}(t)$; zaman ortamı pencerelenmiş sinyal



Şekil 2.2 Pencere işlevi (Pınar ve Akçığ 1995)

Frekans ortamında ise Fourier Dönüşümü özelliklerine göre, zaman ortamında iki fonksiyonun çarpımı, frekans ortamında her bir fonksiyonun Fourier Dönüşümlerinin evrişimlerine eşittir. Yani zaman ortamı çarpma işlemi frekans ortamında evrişime dönüşmektedir. Frekans ortamı pencerenmiş sinyal ise;

$$\hat{F}(w) = F(w) * P(w) \quad (2.15)$$

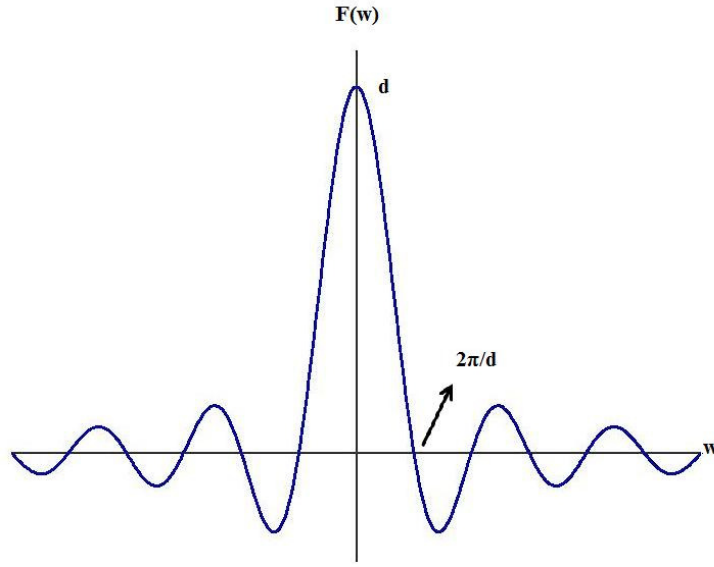
dır.

2.3.1 Pencereleme Nedeniyle Karşılaşılan Sorunlar

Pencereleme işleminde dikkat edilmesi gereken önemli sorunlar vardır. Pencere boyu bunlardan en önemlisidir. Zaman ortamında belirleyeceğimiz pencerenin boyu frekans ortamında bazı parametrelerin değişimine etki etmektedir. Kullanılan pencerenin dikdörtgen pencere olması durumunda

$$p(t) = \begin{cases} 1 & |t| < \frac{d}{2} \\ 0 & |t| > \frac{d}{2} \end{cases} \xrightarrow{F.D.} P(w) = d \operatorname{sinc}\left(\frac{wd}{2}\right) \quad (2.16)$$

spektrum (2.16) denklemiyle verilen “sinc” işlevi olur (Şekil 2.3). Burada d pencerenin boyudur.

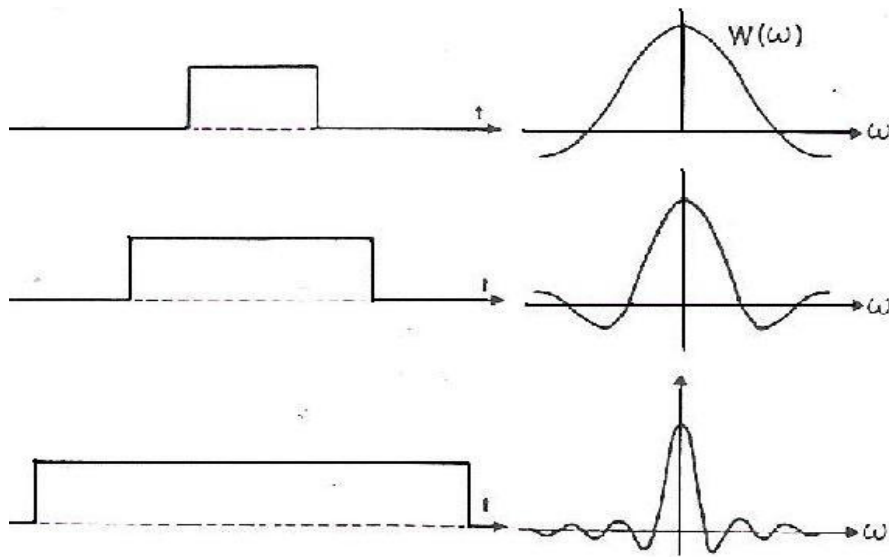


Şekil 2.3 Sinc işlevi

Böylece dikdörtgen pencere ile pencerelenmiş sinyalin spektrumu

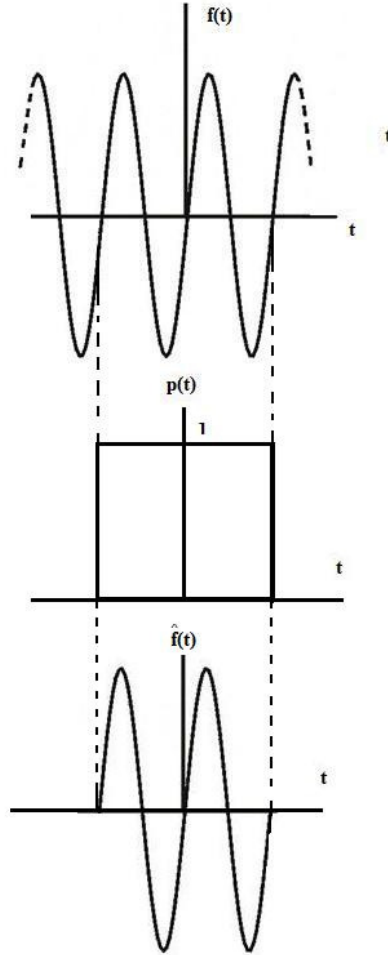
$$\hat{F}(w) = F(w) * d \operatorname{sinc}\left(\frac{wd}{2}\right) \quad (2.17)$$

bağıntısıyla verilir. Görüldüğü gibi pencerenin boyu ne kadar uzun olursa sinc işlevi birim dürtüye yaklaşır. Sinc fonksiyonunun ilk sıfırı $2\pi/d$ de yer almakta ve pencere boyu arttıkça sıfıra yaklaşmaktadır.



Şekil 2.4 Değişik boylarda pencere işlevini ve frekans ortamındaki değişimi

Pencere boyu seçiminde dikkat edilecek bir diğer nokta ise, pencere boyunun sinyalin temel periyodunun tam katı olması gerektiğidir. Bir sinyali pencerelerken kullanacağımız pencerenin genişliği (d), sinyal içindeki temel periyodun (T) tam katları olmalıdır ($d = n.T$). Pencere boyunun yanlış seçildiği durumlarda, frekans ortamında ayrırlılığın azaldığı görülecektir. Şekil 2.5 te pencerelenmiş bir sinyal verilmiştir.



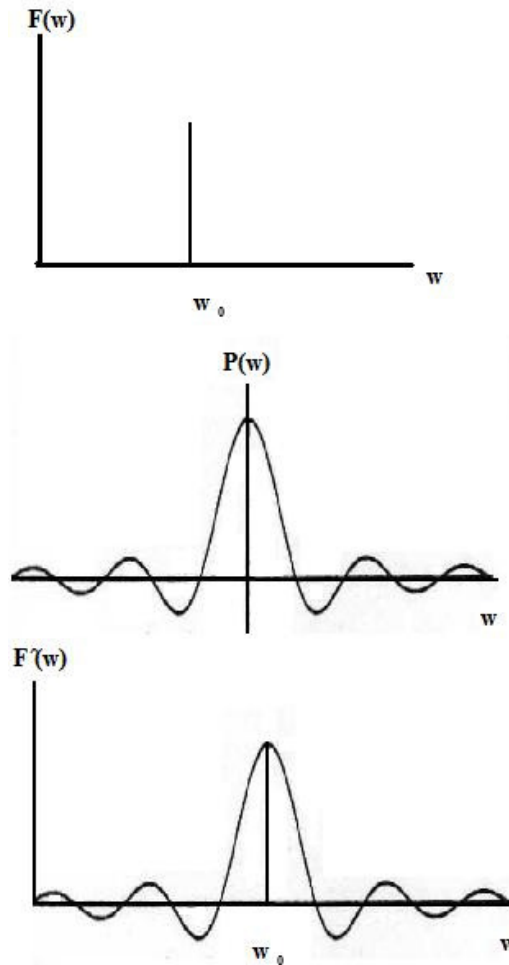
Şekil 2.5 Zaman ortamı pencereleme ((Pınar ve Akçığ 1995)

Frekans ortamındaki ayrırlılık, pencerenin bant genişliğine bağlıdır. Pencere boyu uzadıkça frekans ortamında seçilebilirlik artacaktır.

2.3.2 Pencereleme Nedeniyle Frekans Ortamında Karşılaşılan Sorunlar

Sonsuz uzunluklu bir sinüsoidalın pencerelemesi, zaman ortamında bu işlevin sinc işlevin çarpımı ile ifade edilirken, frekans ortamında sinc işleviyle evrişimle tanımlanmıştır. Şekil 2.6 da gördüğümüz sinc işlevi yansalınımları nedeniyle frekans ortamında birbirine yakın olan frekanslarda ayrımlılığın yitirilmesine neden olacaktır.

$$\hat{f}(t) = f(t) \cdot p(t) \xrightarrow{\text{Fourier Dönüşümü}} \hat{F}(w) = F(w) * P(w)$$



Şekil 2.6 Frekans ortamı pencereleme (Pınar ve Akçığ 1995)

İşlem yapılan sinyal tek bir sinüsoidalden oluşuyorsa frekans ortamında bir karışıklık söz konusu olmayacaktır. Fakat doğada, örneğin mikrotremor verilerinde, böyle bir durumla karşılaşılması olası değildir. Mikrotremör verileri birden fazla ve farklı frekanslarda sinüsoidallerin toplamından oluşmaktadır. Böyle bu durumda frekans ortamında sinc işleviyle evrişimden kaynaklanan üst üste binmeler görülecek ve ayrımlılık ortadan kalkacaktır.

2.4 Mikrotremorler

Mikrotremor sinyallerinin birbirlerinden farklı dönemlere sahip birçok sinüsoidalın toplamları şeklinde olduğu kabul edilmektedir. Bu farklı dönemler, frekans ortamında birbirine çok yakın frekanslara da karşılık gelebilmektedirler. Zaman ortamında pencereleme etkisi olarak tanımladığımız ve frekans ortamında sinüsoidallerin, sinc işleviyle evrişimi sonucunda ortaya temel frekanslarını ayıramadığımız bir spektrum çıkacaktır. Bu problemin giderilmesi, saptanacak parametrelerin doğruluğu açısından oldukça önemlidir.

Mikrotremorler okyonusal, atmosferik ya da yapay kaynaklardan (trafik endüstriyel makinler) ortaya çıkan her zaman ve her yerde bulunan düşük genlikli salınımlardır. Mikrotremorler, dönemleri 0,005-2 saniye, genlikleri ise 0.01-1 mikron arasında değişim gösteren titreşimciklerdir

Mikrotremorların periyot spektrumları, alındıkları zeminin yapısına bağlı olarak farklı özellikler gösterirler (Kanai, 1961). Mikrotremorler değerlendirilerek bulunan parametrelere göre zemin sınıflandırılmaları yapılmaktadır. 1997 Deprem yönetmeliğine göre yerel zemin koşullarının belirlenmesi için esas alınacak yerel zemin sınıfları tablo 2.1 de verilmiştir

Tablo 2.1 Spektrum karakteristik periyotları

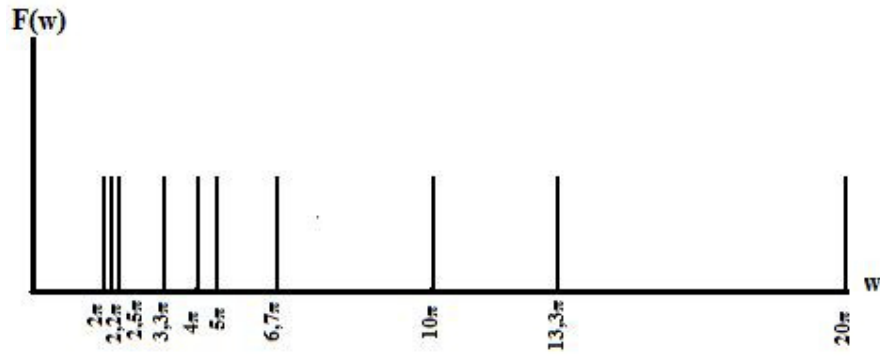
Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Tablo 2.1 de görüldüğü gibi zemin en küçük 0.1 sn ve büyük 0.9 sn periyotlara sahip sınıflara ayrılmıştır. Her periyoda ait frekans dağılımı tablo 2.2 te verilmiştir. Bu tablo hazırlanırken $w=2\pi/T$ bağıntısından yararlanılmıştır. Şekil 2.8 de periyotlar ve bunlara karşılık gelen frekansların birbirlerine göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Spektrum karakteristik periyotlarına karşılık gelen frekans değerleri

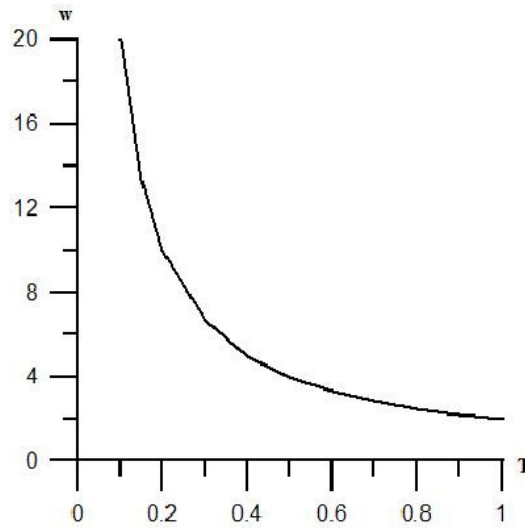
$T(sn)$	w
0,1	20π
0,15	$13,33\pi$
0,2	10π
0,3	$6,67\pi$
0,4	5π
0,5	4π
0,6	$3,33\pi$
0,7	$2,86\pi$
0,8	$2,5\pi$
0,9	$2,22\pi$
1	2π

Tablo 2.3 incelendiğinde en büyük periyoda ($T=1$ sn) karşılık gelen frekans değerinin $w_{\min}=2\pi$, en büyük frekans değerinin de $w_{\max}= 20 \pi$ olduğunu görmekteyiz. Minimum $\Delta t=0.05$ sn ve minimum $\Delta w=0.222 \pi$ dir. Buna göre frekans ortamı örnekleme aralığı en az “minimum Δw ” nın yarısı kadar seçilmelidir. Şekil 2.7 te her bir periyota karşılık gelen frekansların, dağılımı verilmiştir.



Şekil 2.7 T_a - T_b periyotlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımı

Şekil 2.7 incelendiğinde, birbirine yakın frekansların olduğunu görmekteyiz. Pencere etkisi, bu frekansların birbirinden ayrılmasını iyice zorlaştıracaktır.



Şekil 2.8 Periyot- frekans dağılımı

2.5 Mikrotremor Verilerinin Kesilmesi ve Kesilme Sürecinden Kaynaklanan Sorunlar

Mikrotremor ölçümleri sonucunda veriler belirli bir zaman penceresiyle kesilmiş olurlar. Verinin değerlendirilip analizlerinin yapılabilmesi için frekans ortamındaki bilgilerine gereksinim vardır. Sonlu uzunluktaki verilerin spektrumu,

sonsuz uzunluktaki sinyalin spektrumu ile pencere işlevinin Fourier Dönüşümünün evrişiminden oluşmaktadır. Pencere işlevinin Fourier Dönüşümü sinc işlevidir. Bu evrişimin sonuçlarını görebilmek için sinc işlevinin özelliklerinin bilinmesi gerekir. Şekil 2.3 te görüldüğü gibi $w=0$ da sinc işlevi en büyük değerini alır. $k2\pi/T$ ($k= 1, 2, 3, \dots, \infty$) frekanslarında ise kökleri elde edilir. İşlev çift yan batlıdır ve salınımların genliği sonsuzda sıfıra yaklaşmaktadır.

Sinc işlevinin ana band genişliği dikdörtgen pencerenin boyu ile ters orantılıdır. Pencerenin boyu arttıkça, spektrumu da birim dürtüye yaklaşacaktır. Bir sinyalin birim dürtü ile evrişimi sinyalin kendisine eşittir. Yani sonlu uzunluktaki verilerin spektrumlarının ideale yaklaşması için, yeterince uzun bir pencere boyunun seçilmesi gerekir.

Mikrotemor verilerin kesilmesinde karşılaşılan diğer bir sorun ise enerji sızması olayıdır. Verilen frekanstaki genlik ya da faz değerinin hesaplanmasında buna yakın komşu frekanslardaki enerjinin sızması, verinin ayrımlılığının azalmasına yol açar.

Sonlu uzunluktaki verilerin spektrumunun güvenilir bir şekilde hesaplanması için, veri boyunun, sinyal içindeki temel periyodun tam katları şeklinde seçilmiş olması gerekmektedir. Böylece sinc işlevinin sıfırları ile sinyal içindeki temel ve harmoniklerindeki frekanslara ait genlik değerlerine rastlayacaktır. Yani kesilen veri, frekans ortamında sinc işleviyle evrişirken bozulmaya uğramayacaktır.

Veri boyunun, verinin temel periyodunun tam katı seçilmediği durumlarda ise, sinc işlevinin sıfırları ile sinyalin sıfırdan farklı genliklere sahip frekansları çakışmayacaktır. Böyle bir durumda bu genlik değerleri, sıfırdan farklı bir değerle çarpılmış olacağından güvenilir olmayan bir spektrum elde edilmiş olur. Spektrumun biçimi, sinyal içindeki frekans ve genlik değişimlerine göre değişip, farklı frekanslara ötelenmiş sinc işlevlerinin yığılmasından meydana gelecektir. Böyle bir durumda ise, sinc işlevinin yan salınımları birbirine girecek ve bu salınımlar kimi zaman birbirini sönmelerken kimi zaman da aslında olmayan büyük genlikli olayların varmış gibi görünmesine sebep olacaklardır. Bölüm 3 te bu konuyla ilgili uygulamalar detaylı olarak verilecektir.

2.6 Pencere Türleri ve Etkileri

Sinyal analizinde güvenilir spektrum elde etmek için, verinin kesilmesinde kullanılacak pencerenin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir;

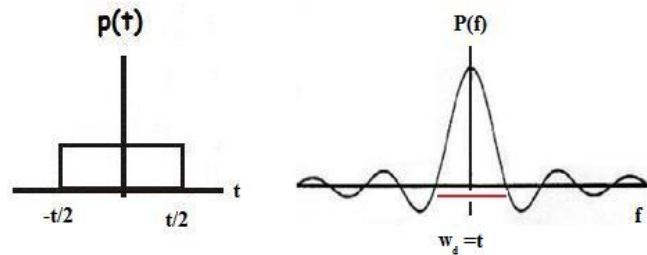
- 1) Pencerenin band genişliğinin dar
- 2) Pencerenin yan salınım genliklerinin olabildiğince az
- 3) Yan salınımlardaki genlik azalım oranının hızlı olması

Ancak bu üç koşulu birden sağlayan ideal bir pencere yoktur. Örneğin dikdörtgen pencerenin band genişliği en ideal iken, yarattığı süreksizliklerin genliğinin büyük olması nedeni ile oluşan gibbs olayı sorun oluşturmaktadır. Üçgen pencere, kosinüs penceresi gibi süreksizliklerin az oluşmasına neden olan pencerelerde band genişliği büyüktür. Aşağıda dikdörtgen ve üçgen pencere ile ilgili açıklamalar ve karşılaştırmalar verilmiştir.

2.6.1 Dikdörtgen Pencere

Dikdörtgen pencere sinyal analizinde band genişliği en dar olan penceredir. Ancak hem zaman ortamında hem de frekans ortamında meydana gelen enerji sızması olayı bakımından bazı dezavantajlar sunabilir. Dikdörtgen pencerenin bağıntısı (2.18) da, frekans ve zaman ortamı görüntüsü ise şekil 2.9 de verilmiştir.

$$p(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq 1/2 \\ 0 & \text{pencere dışında} \end{cases} \quad P(f) = \frac{\sin(\pi f)}{\pi f} \quad (2.18)$$



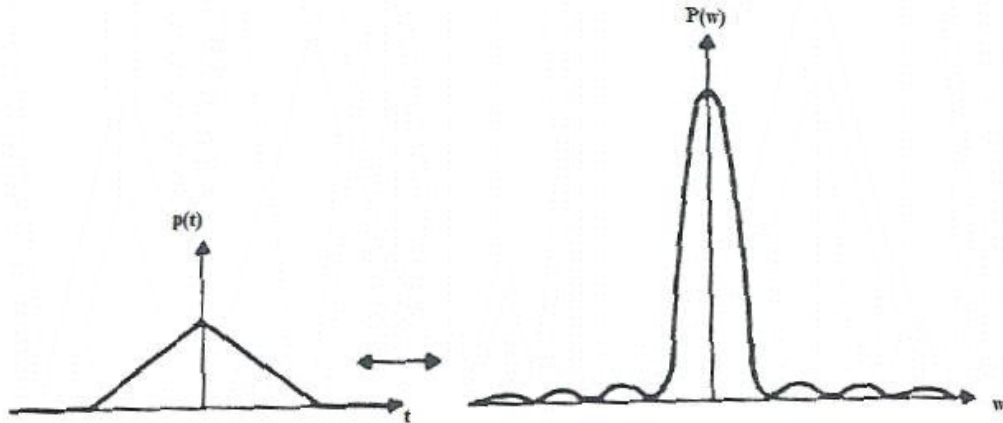
Şekil 2.9 Pencere işlevi ve frekans ortamı görüntüsü

2.6.2 Üçgen Pencere

Verinin üçgen pencereyle kesilmesindeki amaç, yan salınım etkilerini azaltmaktır. İşlevin zaman ve frekans ortamı bağıntıları (2.19) deki gibidir.

$$p(t) = \begin{cases} 1 - |t| & |t| < 1 \\ 0 & |t| > 1 \end{cases} \quad P(f) = \frac{1}{2} \left(\frac{\sin(\pi f/2)}{\pi f/2} \right)^2 \quad (2.19)$$

Yukarıdaki bağıntı incelendiğinde kareli parantez içindeki ifadenin, dikdörtgen pencerenin Fourier dönüşümü olduğu görülür. Buradaki kare alma işlemi, veriye dikdörtgen pencerenin iki defa uygulanması anlamına gelmektedir. Şekil 2.10 da üçgen pencerenin yan salınımlarının dikdörtgen pencereye göre daha az olduğu buna karşılık ana band genişliğinin de iki katı olduğu görülmektedir.



Şekil 2.10 Zaman ve frekans ortamı üçgen pencere

Yapılan araştırmalar sonucunda, idealde bir zaman penceresinin frekans ortamının görüntüsünün birim dürtü işlevine yaklaşması gerekmektedir. Fakat uygulamada böyle bir pencereye rastlamak imkânsızdır. Dar band genişliğine sahip olması nedeniyle seçilen dikdörtgen pencereler, enerji sızması olayına sebep olurken, yan salınımları bastırması için kullanılan üçgen ve kosinüs pencerelerinde de görülmüştür ki band genişliği dikdörtgen pencerenin kat ve kat fazladır.

2.7 Mikrotremor Verilerinde Pencere Etkisinin Giderilmesi

Mikrotremor ölçümlerinde kayıtçılar, yerin doğal titreşimlerini belirli bir zaman aralığında kayıt ederler. Sonsuz uzunluklu olan yerin doğal titreşimcikleri, kayıt süresi uzunluğunda bir zaman penceresi ile çarpılarak sınırlanmış olur. Zamanın işlevi olarak kaydedilen bu izler, analizlerinin yapılabilmesi için frekans ortamına aktarılırlar. Frekans ortamında yapılan değerlendirmeler sonucunda yerin egemen titreşim periyodu, büyütmesi ve spektral karakteristik periyotları gibi bazı parametreleri saptanır. Bu parametreler ışığında zemin sınıflandırılır. Güvenli yapı tasarımında bu sınıflandırmalar çok büyük önem taşır.

1997 yılında yayımlanan Deprem Yönetmeliğine göre zemin Spektrum karakteristik periyotlarına göre dört farklı sınıfa ayrılmaktadır (Tablo 2.1). 0,1 sn ile 1 sn arasında değişen periyotlar birbirlerine çok yakındır ve alınmış kayıttan söz konusu periyotların ayrılmasının güçlüğü frekans ortamı çalışmalarından açıkça anlaşılmaktadır. Frekans ortamında ayrımlılığın sağlanabilmesi için veri boyu uzunluğuna önemlidir. Çünkü daha önceden de bildiğimiz gibi sonsuz uzunluklu bir verinin zaman ortamında kesilmesi frekans ortamında sinc işlevi ile evrişimine eşittir. Birbirine çok yakın frekanslarda bilgi taşıyan izler, sinc işlevi ile çarpılmaları nedeniyle maskelenebilir ya da aslında var olmayan izler varmış gibi görülebilir (ayrımlılığın yitirilmesi). Değerlendirmenin doğru yapılması için verideki pencere etkisinin giderilmesi gerekir.

Pencere etkisinin giderilmesinin birçok yolu vardır. Ancak burada bu etki ters evrişim ile giderilmiştir. Zaman ortamında çarpılmanın frekans ortamında evrişime karşılık gelmesinden dolayı, evrişim yoluyla veriye eklenen bu pencere etkisini, ters evrişim yoluyla veriden ayırabiliriz.

2.7.1 Ters Evrişim

Ters evrişim sinyal analizinde en çok kullanılan tekniklerden biridir. Jeofizikte kaydedilen izler kayıtçıya gelene kadar birçok nedenden dolayı orijinalliklerini yitirirler. Orijinal sinyal öncelikle yeraltının fiziksel ve geometrik özelliklerinden dolayı etkilendiği tepki işleviyle, ölçümün yapıldığı aletin sahip olduğu tepki işleviyle ve ölçüm sürecinin etkisiyle evrişerek bozulmaya uğrar. Yani orijinal sinyale birçok nedenden ötürü evrişim etkileri eklenmiş olur. Bunu bir denklem olarak (2.20) bağıntısıyla açıklayabiliriz. Ters evrişim ile bu evrişim etkilerinin sinyal üzerinde yaptığı bozulmalar giderilir. Deterministik ve İstatistiksel Ters Evrişim olarak sınıflandırılmaktadır.

$$f(t) = [s(t) * u(t) * ı(t)].p(t) \quad (2.20)$$

Bu bağıntıda ;

$f(t)$; Kaydedilen sinyal

$s(t)$; Kaynak dalgacığı

$u(t)$; Sinyalin ilerlediği ortama ait tepki işlevi

$ı(t)$; Sinyalin kaydedildiği aletin tepki işlevi

$p(t)$; Pencere etkisi

dır.

Pratikte denklem (2.20)' de sadece kaydedilen sinyal $f(t)$ bilinmektedir. Sinyal analiz edilerek ortama ait tepki işlevi bulunulmaya çalışılır. Analizlerin doğru yapılabilmesi için ilk olarak kaydedilen sinyal üzerindeki pencere etkisinin veriden ayrılması gerekmektedir. Bu denklemde kaynak dalgacığı, ortama ait tepki işlevi ve aletin tepki işlevinin evrişimini tek bir işlev olarak alıp (2.20)'i yeniden düzenlersek,

$$f(t) = g(t).p(t) \quad (2.21)$$

$$g(t) = [s(t) * u(t) * ı(t)]$$

Şeklinde sadeleştirebiliriz. (2.19) denkleminin frekans ortamı bağıntısı ise

$$F(W) = G(w) * P(w) \quad (2.22)$$

dir. Burada ters evrişim uygulanarak kaydedilen iz üzerindeki etki yok edilir.

2.7.1.1 Deterministik Ters Evrişim

Deterministik ters evrişimin uygulanabilmesi için, evrişime giren tüm elemanların analitik veya sayısal olarak tanımlanmış olması gerekmektedir.

2.7.1.2 İstatistiksel Ters Evrişim

En küçük kareler, özilişki, Z dönüşümleri gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılan ters evrişimdir. Dalga biçimli, Ön kestirmeli ve İğnecikleştirme olarak üç alt gruba ayrılır.

2.7.1.3 Ters Evrişimde Kullanılan Yöntemler

Jeofizikte evrişim işlemi (2.18) bağıntısında olduğu gibi ifade edilir.

$$y = x * w \quad (2.23)$$

burada w ya da x bilinmiyor ise ters evrişim yöntemiyle bulunurlar. Eğer eşitliğin her iki tarafını w nın tersi olan \bar{w} ile evrişime sokarsak

$$\bar{w} * y = x * w * \bar{w} \quad (2.24)$$

elde etmiş oluruz. Bilindiği gibi bir işlevin tersiyle evrişimi birim dürtüye eşittir o zaman (2.19) bağıntısı

$$\bar{w} * y = x * \delta \quad (2.25)$$

halini alır. Burada eşitliğin sağ tarafı yine x eşit olduğundan x yerine

$$x = x * w * \bar{w} \quad (2.26)$$

yazabiliriz. Bir işlevin birim dürtü ile evrişimi yine kendisini verecektir.

$$\delta * x = x * w * \bar{w} \quad (2.27)$$

$$\delta = w * \bar{w} \quad (2.28)$$

iğnecik işleci elde edilir. Yani evrişim işlevi ile onun tersi olan işlecin evrişimi birim dürtüyü verir. (2.28) bağıntısının Z dönüşümü alınarak, \bar{w} işleci bulunabilir.

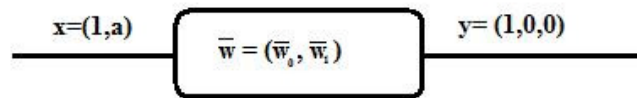
2.7.1.3.1 *En Küçük Kareler Yöntemiyle Ters Evrişim.* EKK yöntemiyle hesaplanacak ters evrişim katsayılarının uzunluğu büyük önem taşır. Katsayının boyu kısa olursa yanılğı, uzun olursa ise veri yitimi ve işlem sayısı fazla olur.

Bir dalgacığını, iğneciğe dönüştüren süzgeç katsayıları, en küçük kareler yöntemiyle yaşağıdaki işlemler izlenmelidir (Pınar ve Akçığ, 1995).

$x = (1, a)$ ve, istenen sonuç $y = (1, 0, 0)$ olsun

x öyle bir işleçle evriştirilmelidir ki sonuç y olsun. Şekil 2.11 da şekilsel anlatımı gösterilmiştir.

$$x * \bar{w} = y \quad (2.25)$$



Şekil 2.11 İğnecik süzgeci

z dönüşümlerinden yararlanılarak

$$x(z) = 1 + az \quad (2.29)$$

yazılır. x in tersi olan $\bar{w}(z)$ ise;

$$\bar{w}(z) = \frac{1}{x(z)} = \frac{1}{1+az} \quad (2.30)$$

dır. ve

$$\bar{w}(z) = 1, -a, a^2, \dots, a^n \quad (2.31)$$

olduğuna göre, ilk iki terim kullanılarak

$$\bar{w} = (\bar{w}_0, \bar{w}_1) = (1, -a) \quad (2.22)$$

bulunur.

$$O \text{ halde } y = x * \bar{w} = (1, a) * (1, -a) \quad (2.33)$$

Buradaki evrişimin sonuca göre $y = 1, 0, -a^2$ bulunur. Fakat istenilen gerçek çıktı iğneciktir. Gerçek çıktı ve hesaplanan arasındaki yanılğı

$$e = \delta - y = [1, 0, 0] - [1, 0, -a^2] = 0, 0, a^2 \quad (2.34)$$

dır. gerçek çıktı ile istenen arasındaki farkın karesi;

$$E = e^2 = \sum_{i=1}^n (\delta_i - y_i)^2 \quad (2.35)$$

bağıntısıyla ifade edilir. Denklemdaki n veri sayısını temsil eder. 2.33 da bulunun sonuç 2.34 de yerine konulursa

$$E = (a^4) \quad (2.35)$$

bulunur.

Yanı bu işlemdeki yanılığ a^4 tür. Uygulamada bunun mümkün olduğunca küçük olması istenmektedir. “E” e kadar küçük olursa süzgeç katsayılarının güvenilirliği o kadar fazla olacaktır.

Ters evrişim sonucu elde edilen süzgeç katsayıları (\bar{w}_0, \bar{w}_1) ile giriş dalgacığı $x = (1, a)$ evriştirildiğinde

$$y = (1, a) * (\bar{w}_0, \bar{w}_1)$$

$$y = \bar{w}_0, (\bar{w}_0 a + \bar{w}_1), \bar{w}_1 a \quad (2.36)$$

İstenen çıktı birim dürtü olduğuna göre, yanılığı;

$$e = \delta - y = [1 - \bar{w}_0], [-\bar{w}_1 - \bar{w}_0 a], [-\bar{w}_1 a] \quad (2.37)$$

$$E = e^2 = 1 - 2\bar{w}_0 + (1 + a^2) \bar{w}_0^2 + 2 \bar{w}_0 \bar{w}_1 a + (1 + a^2) \bar{w}_1^2 \quad (2.38)$$

elde edilir. EKK da yapıldığı üzere yanılığ enelrjisi E nin her parametreye göre türevi alınıp sıfıra eşitlenir

$$\frac{\partial E}{\partial \bar{w}_0} = 0, \quad \frac{\partial E}{\partial \bar{w}_1} = 0 \quad (2.39)$$

$$(1 + a^2) \bar{w}_0 + a \bar{w}_1 = 1 \quad (2.40)$$

$$a \bar{w}_0 + (1 + a^2) \bar{w}_1 = 0 \quad (2.41)$$

Bu denklemlerin çözümü yapılarak \bar{w}_0 ve \bar{w}_1 bulunur.

$$\bar{w}_0 = \left[\frac{1+a^2}{1+a^2+a^4} \right], \quad \bar{w}_1 = -\frac{a}{1+a^2+a^4} \quad (2.42)$$

2.7.1.3.2 Özilişki Yöntemi ile Ters Evrişim. Bu yöntemde süzgeç katsayıları özilişki işlevinin yardımıyla bulunur. Önceki bölümde verilen $x=(1,a)$ dalgacığının özilişkisi $(a, 1 + a^2, a)$ dir. Yani $\varphi_0 = (1 + a^2)$, $\varphi_1 = a$ dir. bir önceki bölümde olduğu gibi denklemler düzenlendiğinde;

$$\varphi_0 \bar{w}_0 + \varphi_1 \bar{w}_1 = 1 \quad (2.43)$$

$$\varphi_1 \bar{w}_0 + \varphi_0 \bar{w}_1 = 0 \quad (2.44)$$

bağıntıları elde edilir. Bu denklemler çözülerek \bar{w}_0 ve \bar{w}_1 katsayıları bulunur.

Yukarıda görüldüğü gibi iki elemanlı ters süzgeç katsayılarının çözümü oldukça basittir. Süzgeç sayıları artıkça, bağıntılar artacak ve işlem zorluğu ortaya çıkacaktır. Fakat süzgeç katsayılarının uzun olmasından dolayı da yanlıgı enerjisi azalacaktır. N adet katsayıdan oluşan bir sistemin çözülmesi için, aşağıdaki dizey kurulmalıdır.

$$\begin{bmatrix} \varphi_0 & \varphi_1 & \varphi_2 & \cdot & \cdot & \varphi_{n-1} \\ \varphi_1 & \varphi_0 & \varphi_1 & \cdot & \cdot & \varphi_{n-2} \\ \varphi_2 & \varphi_1 & \varphi_0 & \cdot & \cdot & \varphi_{n-3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \varphi_{n-1} & \varphi_{n-2} & \varphi_{n-3} & \varphi_{n-1} & \varphi_{n-1} & \varphi_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{w}_0 \\ \bar{w}_1 \\ \bar{w}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{w}_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_0 \\ g_1 \\ g_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{n-1} \end{bmatrix} \quad (2.45)$$

(2.45) dizeyinde;

- 1) eşitliğin sol tarafında (nxn) boyutlu bir kare dizey vardır. Aşırı bakışık olan bu dizey Teoplitz dizeyi adını alır. Çeşitli gecikmelerdeki, giriş sinyalinin (x) in özilişkisidir.
- 2) Kare dizey ile eşitlik arasında kalan (nx1) boyutlu dizey saptanması istenen süzgeç katsayıları dizeyidir.
- 3) Eşitliğin sağ tarafında ise (nx1) boyutlu kolon dizey yer alır. Bu dizey, istenen çıkış ile girdi verisi (x) in çapraz ilişkisinden elde edilir.

Eşitliğin sol kısmında yer alan (nxn) boyutlu Teoplitz dizeyi aşırı bakışıktır. Bu özelliği sayesinde bilgisayar belleğinde az yer tutar. Görüldüğü gibi dizeyin yalnızca ilk satırının hesaplanması ile tüm dizey kolaylıkla bulunabilir. (2.45) denkleminin çözümü Levinson algoritması ile yapılır. Levinson algoritması ile iki terimli bir dizeyin çözümü aşağıdaki gibi yapılır (Pınar ve Akçığ, 1995).

(2.43) denklemini iki terimli bir süzgeç için normalize edilir

$$\begin{bmatrix} \varphi_0 & \varphi_1 \\ \varphi_1 & \varphi_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \bar{w}_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.46)$$

Burada,

$$\begin{aligned} v_1 &= g_0 / \bar{w}_0 \\ \bar{w}_{11} &= \bar{w}_1 / \bar{w}_0 \end{aligned} \quad (2.47)$$

dır. \bar{w}_{11} teriminin ilk indisi iterasyon basamağını ve ikinci basamağı da katsayıyı belirtir. Normal denklemler,

$$\begin{aligned}\varphi_0 + \varphi_1 \bar{w}_{11} &= 1 \\ \varphi_1 + \varphi_0 \bar{w}_{11} &= 0\end{aligned}\tag{2.48}$$

ve bunların çözümü,

$$\bar{w}_{11} = -\varphi_1/\varphi_0 \text{ ve } v_1 = \varphi_0 - \varphi_1^2/\varphi_0 \text{ dir.}$$

Miktremor kayıtlarında elde edilen izlerin Levinson algoritması ile çözümünde ise (2.45) denkleminde eşitliğin sağ tarafındaki Teoplizt matrisi pencere etkisine sahip kalmış sinyalin kendisi ile özilişkisinden elde edilir. Eşitliğin sol tarafı, pencere etkisinin giderildiği çıkışla giriş verisinin çapraz ilişkisinden ve aradaki kolan matrisi de pencere etkisinin giderilmesini sağlayan ters evrişim süzgeç katsayılarından oluşur.

BÖLÜM ÜÇ

UYGULAMALAR

3.1 Kuramsal Veriler Üzerindeki Uygulamalar

Çalışmanın bu bölümünde, pencerelemenin kuramsal sinyal üzerinde nasıl bir etkisinin olduğunun tartışılması için öncelikle kuramsal zaman sinyalleri üretilmiştir. Sinyaller oluşturulurken gerçeği yansıtması bakımından birbirine yakın frekans değerleri içermelerine dikkat edilmiştir. Oluşturulan veriler çeşitli boylarda pencereler ile kesilmiş ve frekans ortamında, pencere boyunun etkisi gözlenmiştir. Son olarak, ters evrişim yöntemi uygulanarak kuramsal veriler üzerindeki pencere etkisi giderilmiştir.

3.1.1 Kuramsal Verilerin Oluşturulması

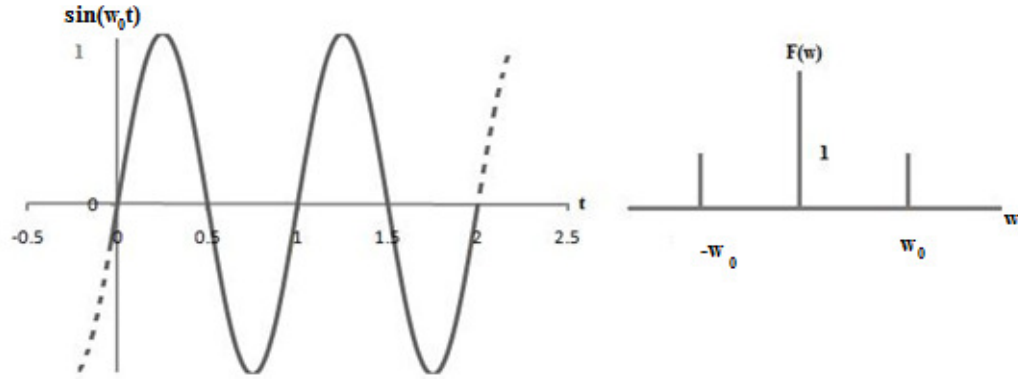
Kuramsal verinin oluşturulması üç aşamada yapılmıştır. İlk olarak sonsuz uzunluklu sinüsoidal dalgaların toplamından oluşan bir dalgacık oluşturulmuştur. İkinci aşamada bu sonsuz uzunluklu kaynak dalgacığının kesilmesi için çeşitli boylarda pencere işlevleri elde edilmiş ve son olarak bu sonsuz uzunluklu sinyal ile pencere işlevi frekans ortamında evrişime sokulmuştur.

3.1.1.1 Dalgacığın Oluşturulması

Daha öncede belirttiğimiz gibi mikrotemor sinyallerinin birbirinden farklı dönemlere sahip birçok dalganın toplamı olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmada öncelikle tek bir sinüsoidalden oluşmuş bir sinyal incelenecektir. Daha sonra farklı dönemlere ait sinüsoidaller eklenip yaratacağı etkiler tartışılacaktır. Şekil 3.1 de sonsuz boylu tek bir sinüsoidalın zaman ve frekans ortamı görünümü verilmiştir. Bu çalışmada, $F(w)$ tek yan bantlı olarak kullanılacaktır. Tek bir sinüs dalgacığının zaman ve frekans ortamı bağıntıları aşağıdaki gibidir.

$$f(t) = A \sin(w_0 t) \quad (3.1)$$

$$F[\sin(w_0 t)] = \frac{\pi}{j} [\delta(w - w_0) - \delta(w + w_0)] \quad (3.2)$$



Şekil 3.1 Sonsuz boylu tek bir sinüs dalgası ve genlik spektrumu

Bilindiği gibi mikrotemor verilerinin dönemleri 0.005 saniye ile 2 sn arasında değişmektedir. Çalışmada seçilen dönemlerin bu aralıkta olmasına özen gösterilmiştir. Sinyallerin dönemleri belirlenirken dikkat edilen diğer bir etken ise, zeminin sınıflandırılmasında kullanılan Spektrumun Karakteristik Periyotaları (T_a, T_b) dır. Bu periyotlarda tablo 2.1 de verildiği üzere 0.1 sn ile 0.9 sn arasında değişim göstermektedir. Bu yüzden kuramsal sinyaller oluşturulurken T_a ve T_b nin belirlenmesindeki sorunların ortaya konulması için periyotlar 0,1-1 sn arasından seçilmiştir. Periyotlardaki yüzde bir mertebesindeki bir değişim zeminin sınıfının değişmesine neden olduğu için yapay izlerin periyotları belirlenirken, art arda seçilecek iki periyot arasında en az 0.01 sn olmasına dikkat edilmiştir. Tablo 3.1 de seçilen periyot aralığına karşılık gelen frekansların dağılımı görülmektedir.

Frekans dağılımı tablosu incelendiğinde, özellikle büyük periyotlara karşılık gelen frekansların birbirine çok yakın olduğunu görmekteyiz. Bu durum evrişim sırasında ayrırlılığın kaybolmasına sebep olacaktır.

Tablo 3.1 Frekans dağılımı

T	w* π	f	T	w* π	f
0.01	200	628.3185307	0.51	3.921568627	12.319971
0.02	100	314.1592654	0.52	3.846153846	12.083049
0.03	66.66666667	209.4395102	0.53	3.773584906	11.855067
0.04	50	157.0796327	0.54	3.703703704	11.635528
0.05	40	125.6637061	0.55	3.636363636	11.423973
0.06	33.33333333	104.7197551	0.56	3.571428571	11.219974
0.07	28.57142857	89.7597901	0.57	3.50877193	11.023132
0.08	25	78.53981634	0.58	3.448275862	10.833078
0.09	22.22222222	69.81317008	0.59	3.389830508	10.649467
0.1	20	62.83185307	0.6	3.333333333	10.471976
0.11	18.18181818	57.11986643	0.61	3.278688525	10.300304
0.12	16.66666667	52.35987756	0.62	3.225806452	10.13417
0.13	15.38461538	48.33219467	0.63	3.174603175	9.97331
0.14	14.28571429	44.87989505	0.64	3.125	9.817477
0.15	13.33333333	41.88790205	0.65	3.076923077	9.6664389
0.16	12.5	39.26990817	0.66	3.03030303	9.5199777
0.17	11.76470588	36.95991357	0.67	2.985074627	9.3778885
0.18	11.11111111	34.90658504	0.68	2.941176471	9.2399784
0.19	10.52631579	33.06939635	0.69	2.898550725	9.1060657
0.2	10	31.41592654	0.7	2.857142857	8.975979
0.21	9.523809524	29.91993003	0.71	2.816901408	8.8495568
0.22	9.090909091	28.55993321	0.72	2.777777778	8.7266463
0.23	8.695652174	27.31819699	0.73	2.739726027	8.6071032
0.24	8.333333333	26.17993878	0.74	2.702702703	8.490791
0.25	8	25.13274123	0.75	2.666666667	8.3775804
0.26	7.692307692	24.16609734	0.76	2.631578947	8.2673491
0.27	7.407407407	23.27105669	0.77	2.597402597	8.1599809
0.28	7.142857143	22.43994753	0.78	2.564102564	8.0553658
0.29	6.896551724	21.66615623	0.79	2.53164557	7.9533991
0.3	6.666666667	20.94395102	0.8	2.5	7.8539816
0.31	6.451612903	20.2683397	0.81	2.469135802	7.7570189
0.32	6.25	19.63495408	0.82	2.43902439	7.6624211
0.33	6.060606061	19.03995548	0.83	2.409638554	7.5701028
0.34	5.882352941	18.47995679	0.84	2.380952381	7.4799825
0.35	5.714285714	17.95195802	0.85	2.352941176	7.3919827
0.36	5.555555556	17.45329252	0.86	2.325581395	7.3060294
0.37	5.405405405	16.98158191	0.87	2.298850575	7.2220521
0.38	5.263157895	16.53469818	0.88	2.272727273	7.1399833
0.39	5.128205128	16.11073156	0.89	2.247191011	7.0597588
0.4	5	15.70796327	0.9	2.222222222	6.981317
0.41	4.87804878	15.32484221	0.91	2.197802198	6.9045992
0.42	4.761904762	14.95996502	0.92	2.173913043	6.8295492
0.43	4.651162791	14.61205885	0.93	2.150537634	6.7561132
0.44	4.545454545	14.27996661	0.94	2.127659574	6.6842397
0.45	4.444444444	13.96263402	0.95	2.105263158	6.6138793
0.46	4.347826087	13.65909849	0.96	2.083333333	6.5449847
0.47	4.255319149	13.36847938	0.97	2.06185567	6.4775106
0.48	4.166666667	13.08996939	0.98	2.040816327	6.4114136
0.49	4.081632653	12.82282716	0.99	2.02020202	6.3466518
0.5	4	12.56637061	1	2	6.2831853

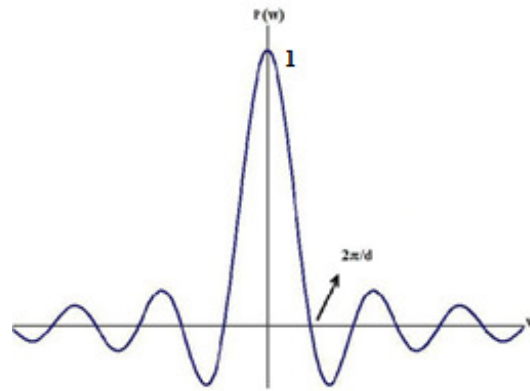
3.1.1.2 Pencere işlevi

Zaman ortamında ölçüm süresi olarak belirlediğimiz pencere işlevinin boyu (d), frekans ortamında, sinc işlevinin karakteristiğini belirlemektedir. Pencere işlevinin fourier dönüşümü, karmaşık frekans spekturumu ile bağıntı (3.3) teki gibi bulunur. Fourier dönüşümü alınırken, pencerenin döneminin sonsuzda olduğu kabul edilir.

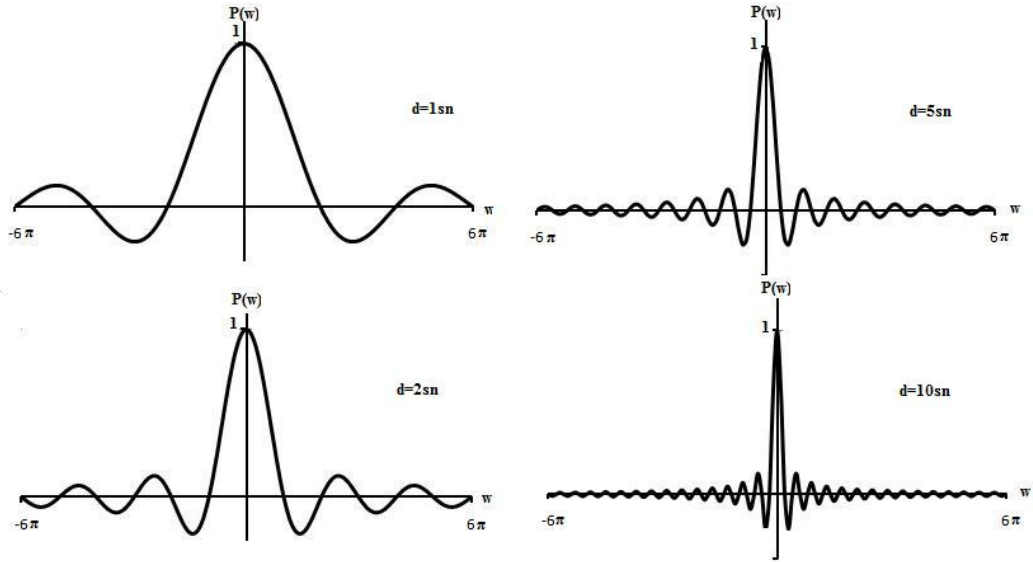
$$P(w) = C_n = \frac{Ad}{T} \text{sinc} \left(\frac{nw d}{2} \right) \quad (3.3)$$

Bu bağıntıda A ; dikdörtgen pencerenin genliği,
 d ; pencere işlevinin boyunu,
 T ; ise dönemini temsil etmektedir.

Şekil 3.3 de görüldüğü gibi, sinc işlevinin yatay eksenini kestiği yerler, zaman ortamı pencere işlevinin boyuna bağlıdır. Sinc işlevinin yan salınımları evrişim sırasında ayrırlılığın yitirilmesine sebep olurlar ve bu salınımlar ancak sonsuzda sıfır değerine ulaşırlar. Uygulamalarda sonsuz boylu bir sinc işlevinin kullanılması mümkün olmayacağından, salınım genliklerinin sönümlenme oranlarına bakılmış ve en uygun sinc işlevi boyu seçilmiştir. Şekil 3.4 te farklı pencere boyuna sahip sinc işlevleri yer almaktadır.



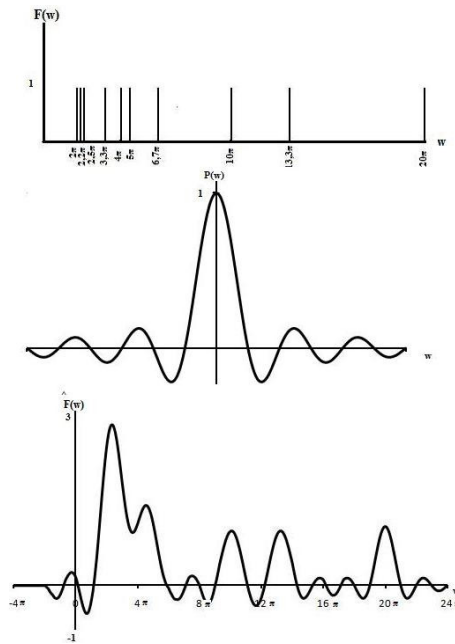
Şekil 3.3 Sinc işlevi



Şekil 3.4 Zaman ortamı pencere boyunun frekans ortamı sinc işlevine etkisi

3.1.1.3 Evrişim

Kuramsal verinin oluşturulmasının son aşamasında sinüsoidal dalga ile sinc işlevi frekans ortamında evriştirilmiştir. Şekil 3.5 te pencerelenmiş sinüsoidal frekans ortamı görüntüsü yer almaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta evrişime giren sinyallerin örnekleme aralıklarının eşit olmasıdır.



Şekil 3.5 Frekans ortamı evrişim işlemi

Şekil 3.5 te evrişim sonucu ortaya çıkan sinyal incelendiğinde, birbirine yakın frekanslar sinc işlevinin yan salınımları nedeniyle ayrımlılığını yitirmiştir. Analizinin yapılabilmesi için de bu etkinin giderilmesi gerekmektedir.

3.1.2 Örnekler

Bu bölümde, pencere etkisi örnekler üzerinde gösterilmiş ve bu etkinin giderilmesi için Ters evrişim yöntemi kullanılmıştır.

3.1.2.1 Örnek 1

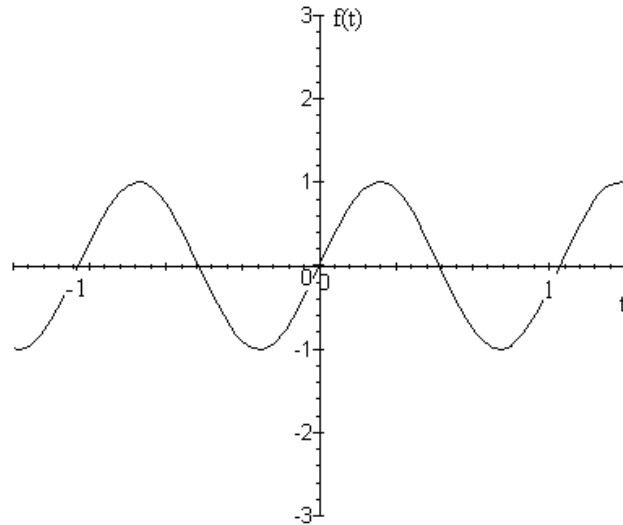
İlk olarak, A genlikli periyodu (T) bir saniye olan ve tek temel periyoda sahip, sonsuz uzunluklu bir sinüs işlevini ele alalım, Böyle bir işlevin bağıntısı (3.4) deki gibidir.

$$f_1(t) = A \sin(\omega_1 t) \quad (3.4)$$

Buna göre, $\omega_1 = 2\pi/T$, $\omega_1 = \frac{2\pi}{1} = 2\pi$ olur. A=1 alınıp bağıntıda yerine konulduğunda (3.4) denklemi,

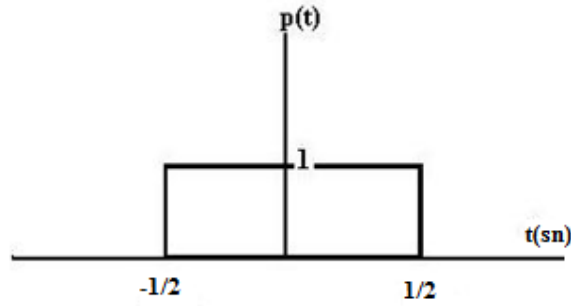
$$f_1(t) = 1 \sin(2\pi t) \quad (3.5)$$

halini alır. Şekil 3.6 de f_1 in zaman ortamı görüntüsü verilmektedir.



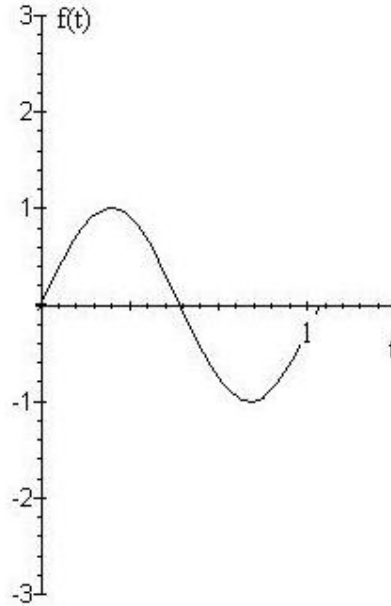
Şekil 3.6 Zaman ortamı f_1 işlevi ($T_1=1$ sn)

Sonsuz uzunluklu f_1 işlevinin, d boylu bir pencere ile kesilmesi durumunda zaman ortamında bu pencere ile çarpılmış olacaktır ($\hat{f}_1(t) = f(t) \cdot p(t)$) Pencere işlevinin boyunun, sinyalin temel dönemi "T" nin tam katları olması gerektiği bölüm ikide ayrıntılı olarak verilmiştir ($d=nxT$). İlk olarak $T=d=1sn$ durumunu inceleyelim. Şekil 3.7 te kullanılan pencere işlevi verilmiştir.



Şekil 3.7 Pencere işlevi

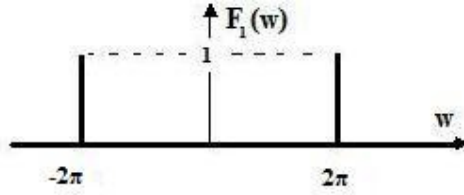
Kesilmiş f_1 işlevi şekil 3.8 teki gibidir.



Şekil 3.8 Pencerelemiş f_1 işlevi = $\hat{f}_1(t)$

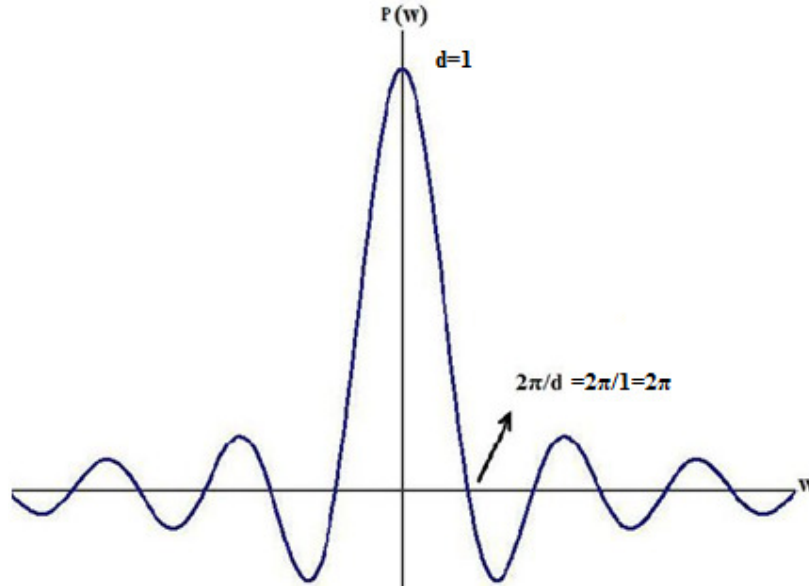
Zaman ortamında yaptığımız bu çarpım işleminin frekans ortamı karşılığı evrişim olacaktır ($\hat{F}_1(w) = F_1(w) * P(w)$). Görüldüğü gibi zaman ortamında evrişim

işlemi yapılabilmesi için $f_1(t)$ ve $p(t)$ nin fourier dönüşümlerinin bilinmesi gerekmektedir. Şekil 3.9 te de $F_1(w)$ gösterilmiştir.



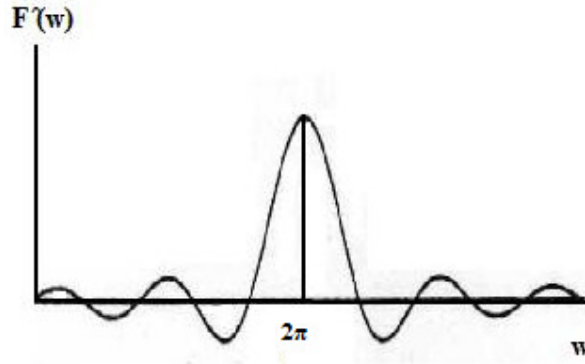
Şekil 3.9 $F_1(w)$ frekans ortamı görüntüsü

Bu örnekte kullanılan pencere işlevinin fourier dönüşümü (sinc işlevi) Şekil 3.10 te verilmiştir.



Şekil 3.10 Sinc işlevi

Bu bilgiler ışığında, zaman ortamı pencerelemiş sinyalimizin frekans ortamı görüntüsü $\hat{F}_1(w)$ şekil 3.11 daki gibi olacaktır.



Şekil 3.11 Frekans ortamı pencerelenmiş sinyal görüntüsü

Görüldüğü gibi tek bir temel periyoda sahip sinyallerin pencerelenip kesilmesi, veri üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmamaktadır.

Ancak doğada, tek bir sinüs dalgacığında oluşmuş bir iz rastlamak olası değildir. Bu nedenle birden fazla sinüsoidalın toplamından oluşan izlerin durumlarının incelenmesi gerekmektedir.

3.1.2.2 Örnek 2

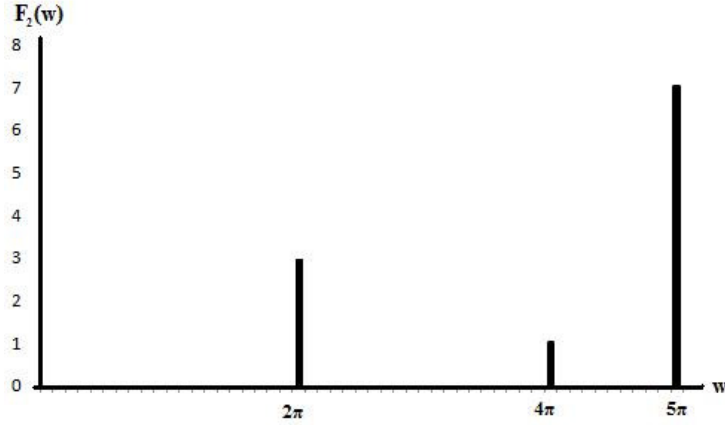
İkinci örneğimizde, üç farklı sinüsoidalın toplamından oluştuğunu düşündüğümüz kuramsal sinyalimizi ele alalım.

$$f_2(t) = A_1 \sin(w_1 t) + A_2 \sin(w_2 t) + A_3 \sin(w_3 t) \quad (3.6)$$

$A_1 = 3$ $T_1 = 1 \text{ sn}$, $A_2 = 1$ $T_2 = 0,5 \text{ sn}$, $A_3 = 7$ $T_3 = 0,4 \text{ sn}$ seçilsin
Buna göre $w_1 = 2\pi$, $w_2 = 4\pi$, $w_3 = 5\pi$ olur. Frekans ve genlik değerleri (3.6) te yerine konulduğunda

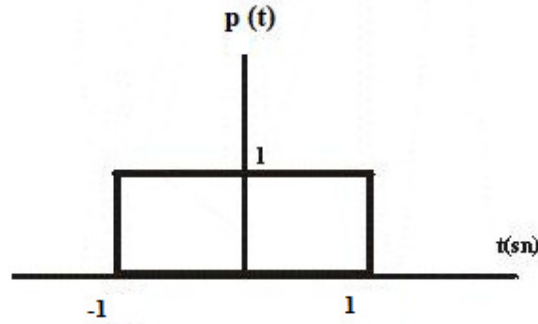
$$f_2(t) = 3 \sin(2\pi t) + \sin(4\pi t) + 7 \sin(5\pi t) \quad (3.7)$$

elde edilir. Sonsuz uzunluklu $f_2(t)$ işlevinin, frekans ortamı görüntüsü şekil 3.12 deki gibi olur.



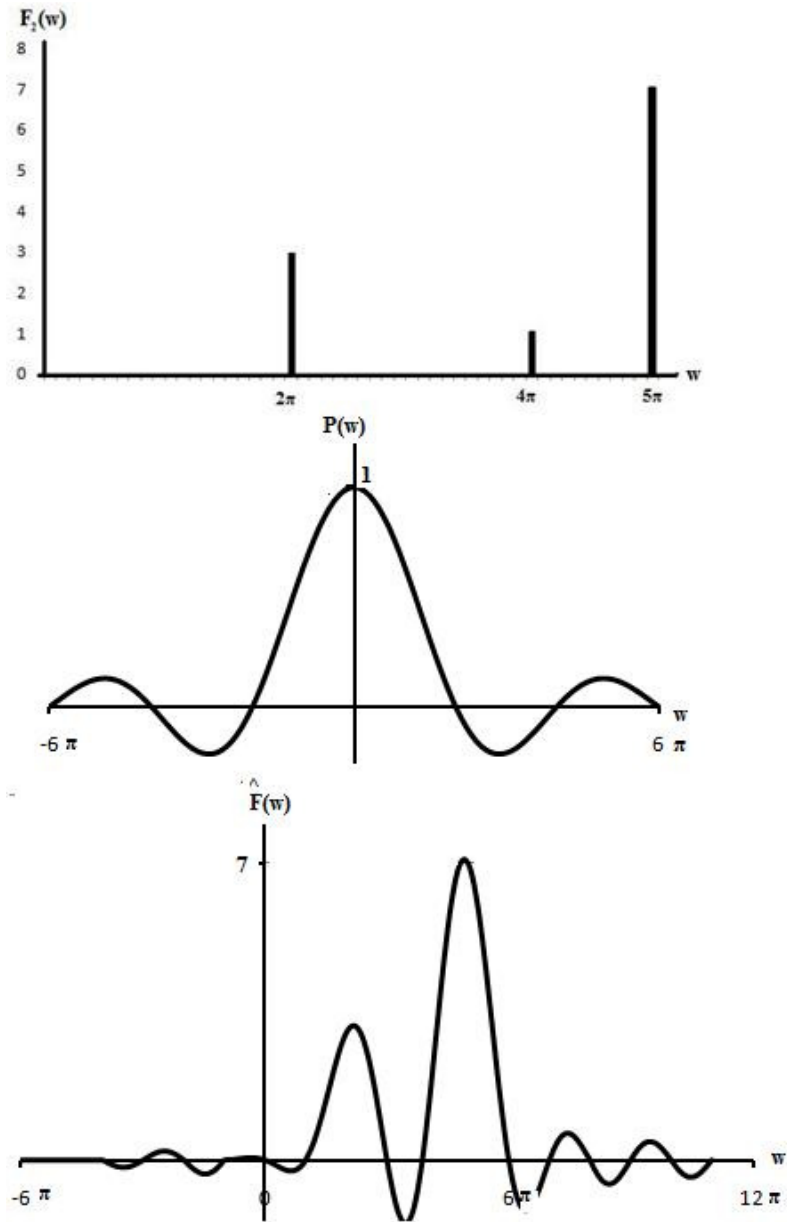
Şekil 3.12 $F_2(w)$ frekans ortamı görüntüsü

Pencereleme kuramına göre, pencerenin boyunun sinyalin sahip olduğu temel frekansın tam katı olması ($d=n \cdot T_1$) durumunda ilk olarak $n=2$ durumunu ele alalım. $d = T_1 = 2 \text{ sn}$ durumunda kullanılan pencere şekil 3.13 teki gibi olur.



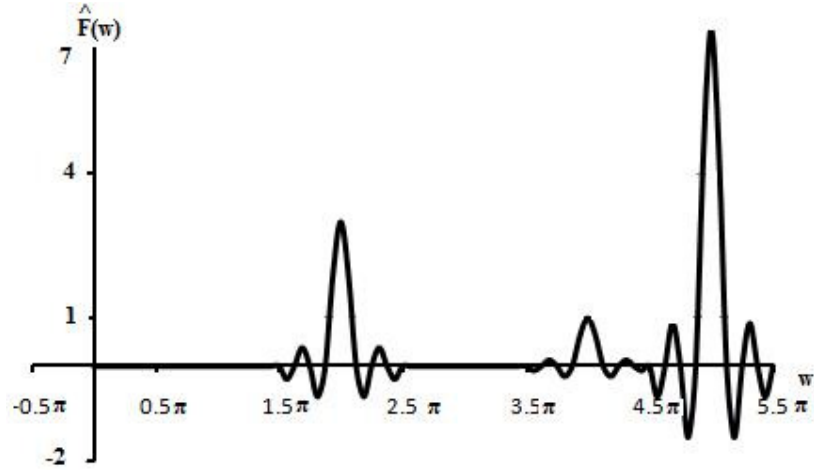
Şekil 3.13 Örnek iki için kullanılan pencere işlevi ($d=2 \times T_1$)

Temel dönemin iki katı uzunluğunda bir pencere ile kesilen verinin spektrumu şekil 3.14 te verilmiştir. Görüldüğü gibi birbirine yakın olan 4π ve 5π frekanslarındaki bilgiler, sinc işlevinin yansalınımları yüzünden birbirine girmiş ve 4π deki genlik ayrılmaz hale gelmiştir. Bunun sonucu ters evrişimle pencere etkisi giderilememiştir.



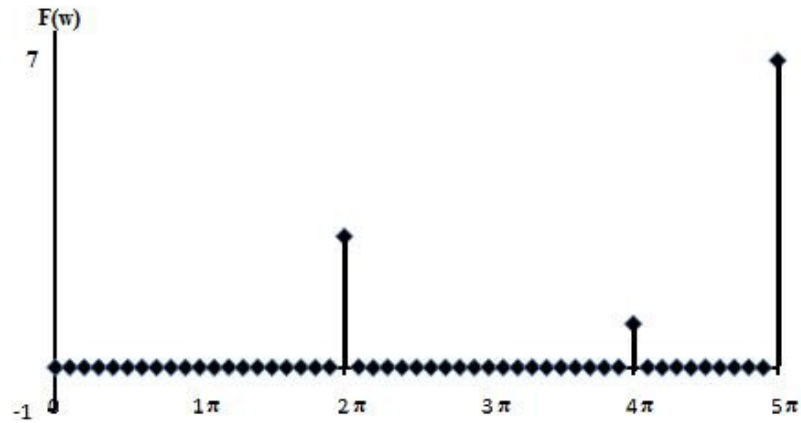
Şekil 3.14 Frekans ortamı pencerelenmiş veri

Eğer pencere boyu doğru seçilmiş olsaydı izleri birbirinden ayırmak sorun olmayacaktı. Bu örnekte birbirine en yakın olan w_2 ve w_3 frekansları arasında $\Delta w = (5\pi - 4\pi) = \pi$ kadar bir fark vardır. bu zaman ortamında $T = 2\pi/w = 2$ saniyeye tekabül eder. Sinc şevinin yansalınımlarının birbirine yakın frekansları örtmemesi için pencere toplam boyunun π kadar olması gerekmektedir. Bu özellikte bir pencere boyu ile evriştirilen sinyal şekil 3.15 te verilmiştir.



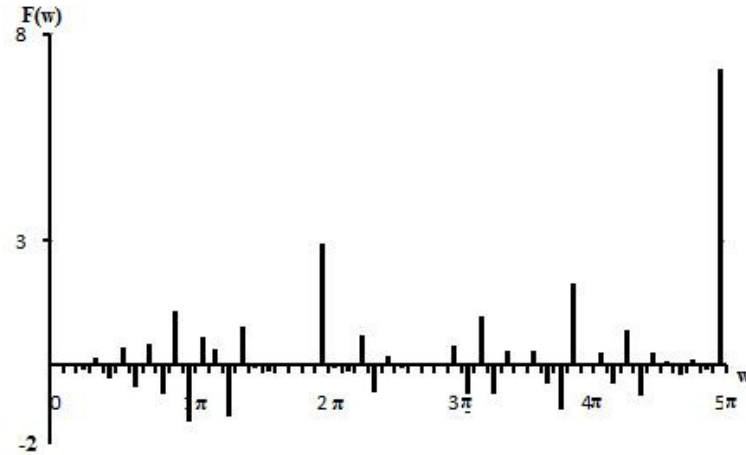
Şekil 3.15 Doğru pencere boyu ile kesilmiş sinyalin spektrumu

Şekil 3.15 incelendiğinde uygun pencere boyu seçiminde frekans ayrırlılığının yitirilmediği görülmektedir. Bu örnekte pencere boyu 16 saniye alınmıştır. Bu değer Δw ya karşılık gelen $T=2sn$ nin 8 katıdır. Elde edilen bu spektrum ters evrişim ile pencere etkisinden ayrılır ve şekil 3.16 teki sonuç elde edilir.



Şekil 3.16 Doğru pencere boyu seçimi sonrası ters evrişim çıktısı

Görüldüğü gibi, ters evrişim ile pencere etkisi giderilmiştir. Fakat pencere boyunun yanlış seçildiği durumda ise ters evrişim sonucu şekil 3.17 teki olacaktır. Burada ise, sinc işlevinin etkisi nedeniyle aslında veride olmayan yalancı frekanslar oluşmuştur.



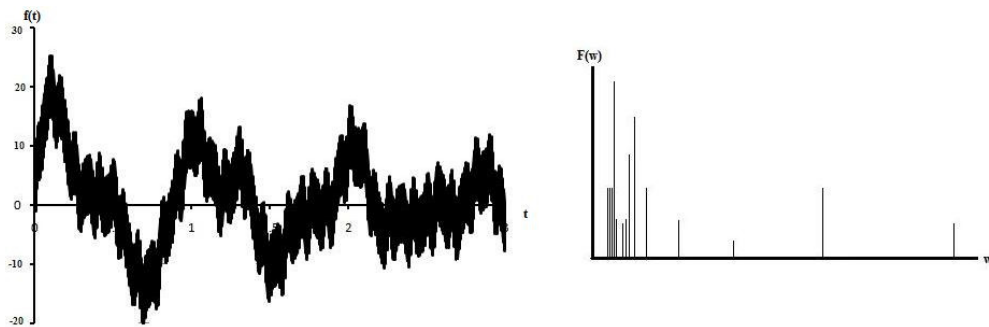
Şekil 3.17 Yanlış pencere boyu seçimi sonrası ters evrişim çıktısı

3.1.2.3 Örnek 3

Mikrotremor verileri, birbirine çok daha yakın frekansları içeren dalgalardan oluşmaktadır. Bu örnekte tablo 2.1 de verilen periyot aralıklarına göre, birbirine en yakın iki frekans bileşenine sahip kuramsal bir veri incelenecektir. Tablo 2.1 de verilen periyotlara karşılık gelen frekansların dağılımı Tablo 3.1 de verilmişti. Bu tablolar incelendiğinde görülmektedir ki $T=1$ sn ve $T=0.99$ sn periyotlarına sahip dalgaların frekansları sırasıyla $w=2\pi$ ve $w=2.020202\pi$ ye karşılık gelmektedir. Bu örnekte bu birbirine en yakın frekansları da içeren çok bileşenli bir kuramsal iz incelenecektir.

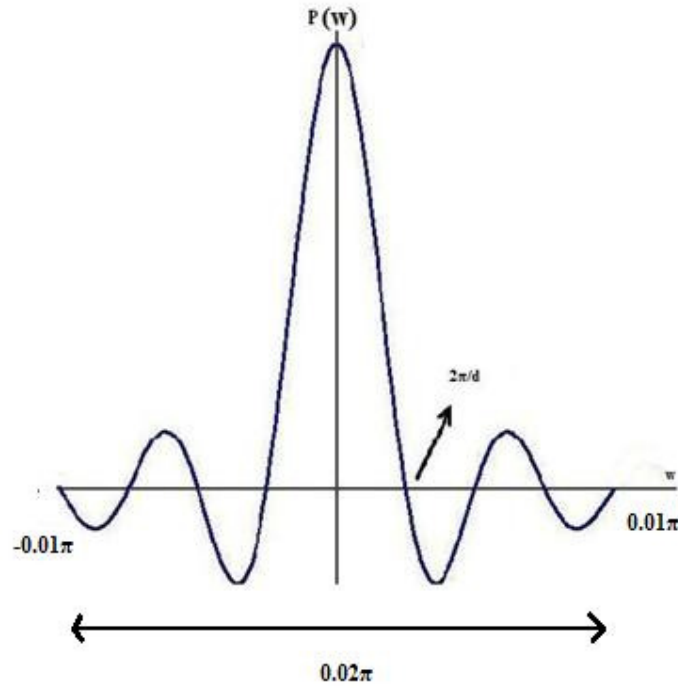
$$f(t) = A_1 \sin(w_1 t) + A_2 \sin(w_2 t) + \dots \dots \dots + A_{15} \sin(w_{15} t) \quad (3.8)$$

Çeşitli periyot ve genliklere sahip birbirinden farklı on beş sinüsoidal toplamından oluşan izin zaman ortamı ve frekans ortamı görünümü şekil 3.18 deki gibidir.



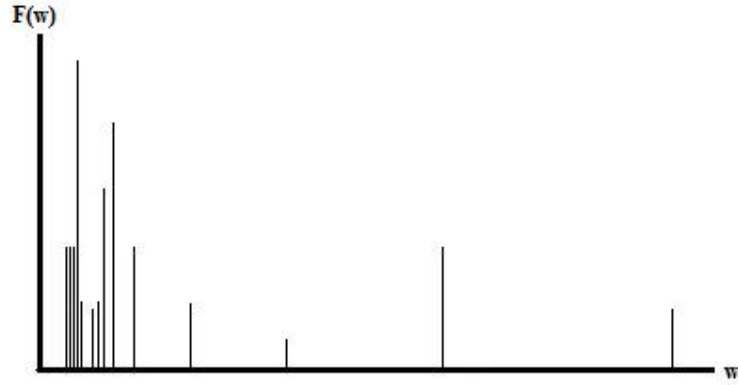
Şekil 3.18 $f(t)$ zaman ortamı ve frekans ortamı kuramsal veri

Şekilde görüldüğü gibi frekanslar birbirine çok yakındır. Sinc işlevi ile evrişime girdiğinde ayrımlılığın kaybolmaması için uygun pencere boyu belirlenmelidir. Bu örnekte $\Delta w = 0,020202 \pi$ olduğuna göre, sinc işlevinin her bir frekanslar evriştikten sonra yansalınımlarının üst üste binmemesi için, toplam sinc işlevi toplam uzunluğunun en fazla $0,020202 \pi$ (tek yan bandının uzunluğu $0,010101 \pi$) olması gerekir. Bu şartın sağlanması için gerekli olan pencere uzunluğu(d), $T = 2\pi/w$ bağıntısı kullanılarak $d = 600$ sn bulunur.



Şekil 3.19 Örnek 3 için seçilmesi gereken sinc işlevi

Şekil 3.20 de ters evrişim sonucu elde edilen süzgeç katsayıları verilmiştir. Grafik incelendiğinde görülmektedir ki, şekil 3.18 de yapay izin frekans ortamı görüntüsüne çok yakındır. Böylece, pencere boyunun doğru seçildiği durumlarda, birbirine çok yakın frekansların bile sinc işlevinin yansalınımlarından etkilenmediği görülmüştür.



Şekil 3.20 Ters evrişim sonucu süzgeç katsayıları

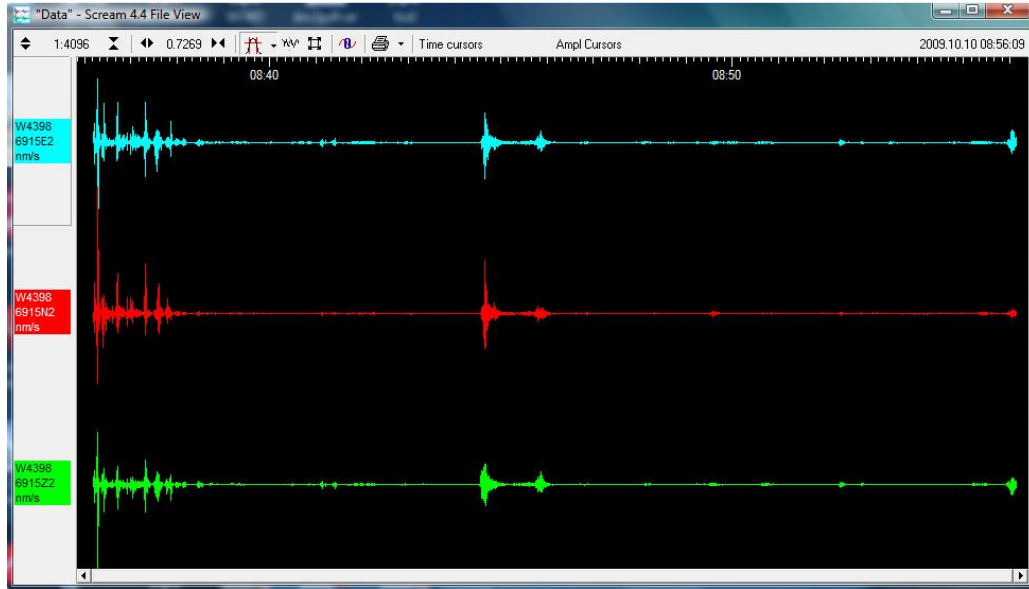
Uygun pencere boyu, zaman ortamında ayırmak istediğimiz periyot aralığının hassasiyeti yüzde bir mertebesinde tutulduğunda en az 600 saniye olması gerekmektedir.

3.2 Arazi Verileri Üzerindeki Uygulamalar

Çalışmanın bu bölümünde, araziden toplanan microtremor verileri üzerindeki pencere etkisi giderilip zemine ait periyot değerleri belirlenecek ve klasik microtremor değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması yapılacaktır. Bu amaçla microtremor verileri, literatürde oldukça sıklıkla kullanılan Geopsy programı yardımıyla analiz edilmiştir.

Geopsy programı ile veriler değerlendirilirken, uzunlukları kullanıcı tarafından belirlenen pencereler ile pencerelenirler. Verinin gürültü içeriğine göre değişen bu pencere uzunlukları genelde iki saniye ile on saniye arasında belirlenmektedirler. Oysaki önceki bölümde de belirtildiği gibi, birbirine yakın frekansların taşıdıkları bilgilerin ayrılabilmesi için pencere boyunun en az altı yüz saniye seçilmesi gerekmektedir.

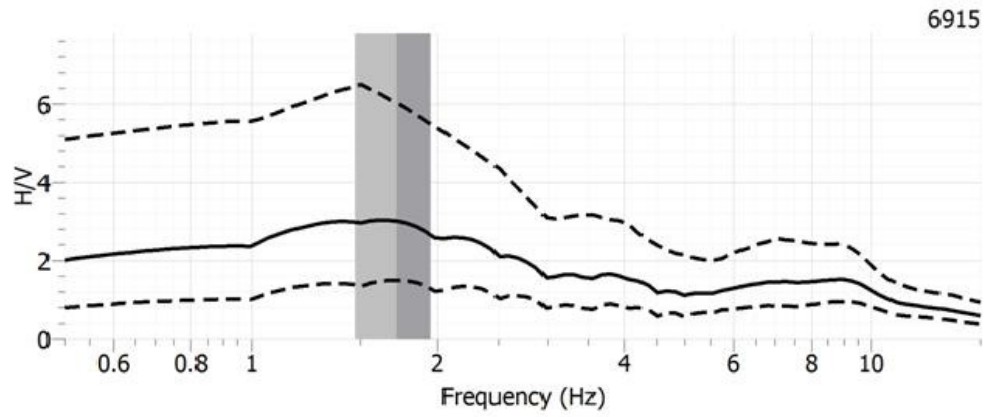
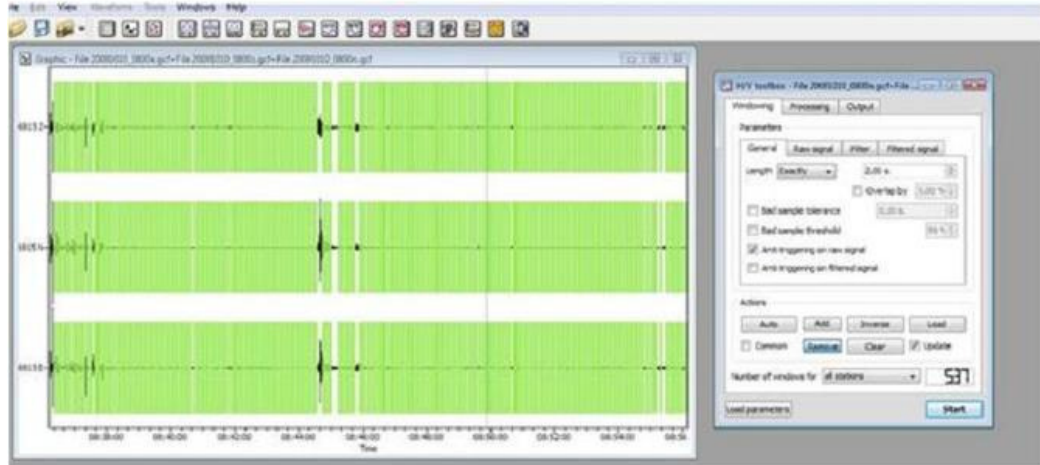
Aşağıda şekil 3.21 de verilen otuz dakikalık bir microtemor verisinin, farklı pencere boyları için, hem geopsy programı ile hem de ters evrişim yöntemiyle değerlendirilmiş verilerin karşılaştırılması verilmiştir.



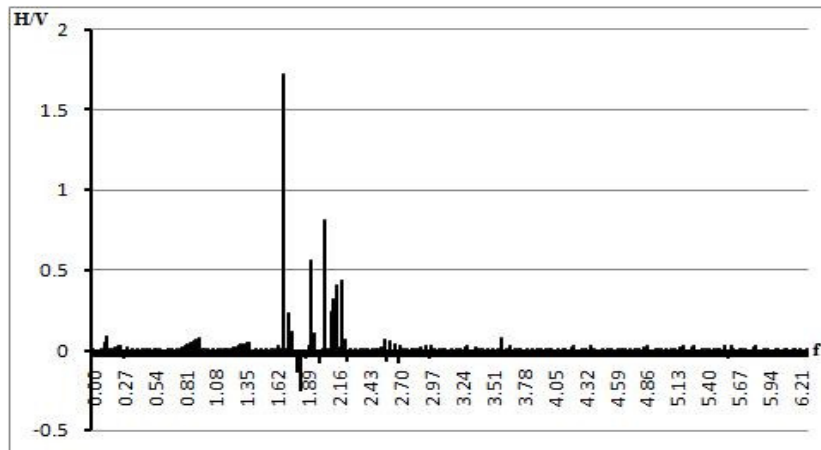
Şekil 3.21 Araziden elde edilen otuz dakikalık microtemor verisi

3.2.1 Pencere boyu (d) 2 saniye seçilip değerlendirilmesi

Geopsy programıyla pencere boyunun iki saniye seçilip değerlendirilmesi sonucu, zemine ait periyot değeri $T=0,32$ sn bulunmuştur. Şekil 3.22 de programa ait analiz sonuçları şekil 3.23 te ters evrişim yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar verilmiştir. Şekiller incelendiğinde pencere etkisi giderilmiş veride baskın periyodun $T=0.6$ sn olduğu görülmektedir. Bulunan periyot değeri Geopsy programı ile elde edilen periyot değeri ile farklıdır.



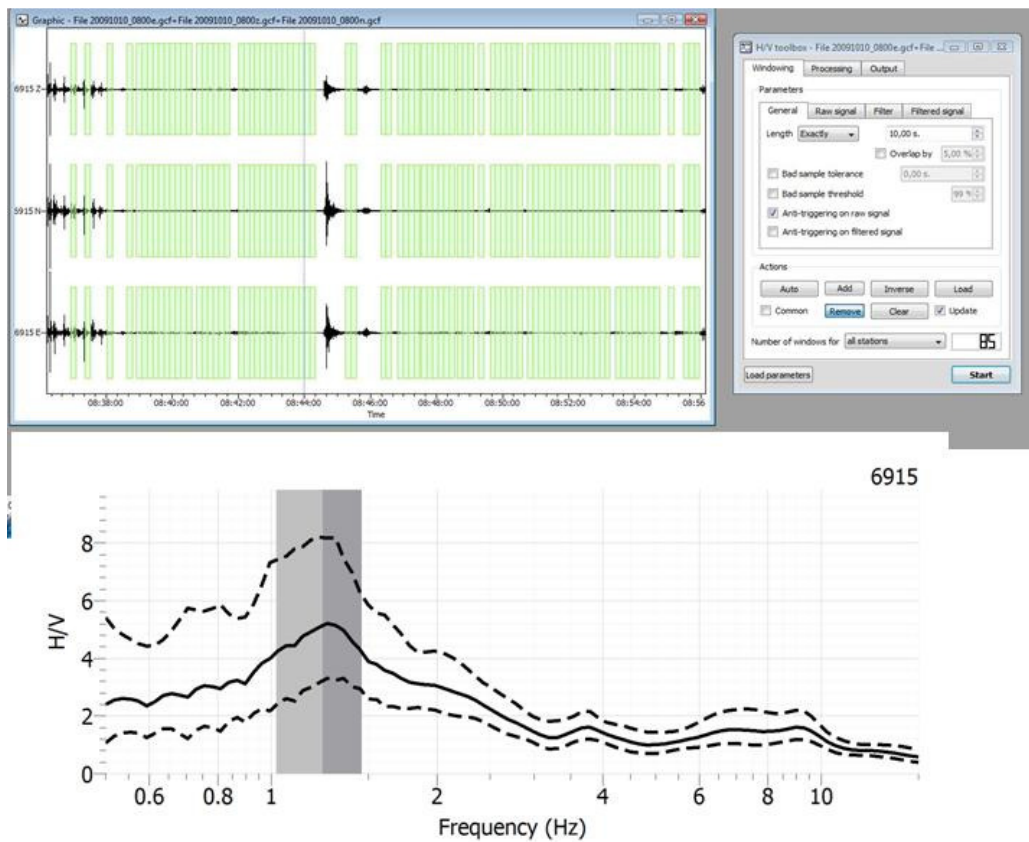
Şekil 3.22 Geopsy programına ait analiz sonuçları (d=2 sn için).



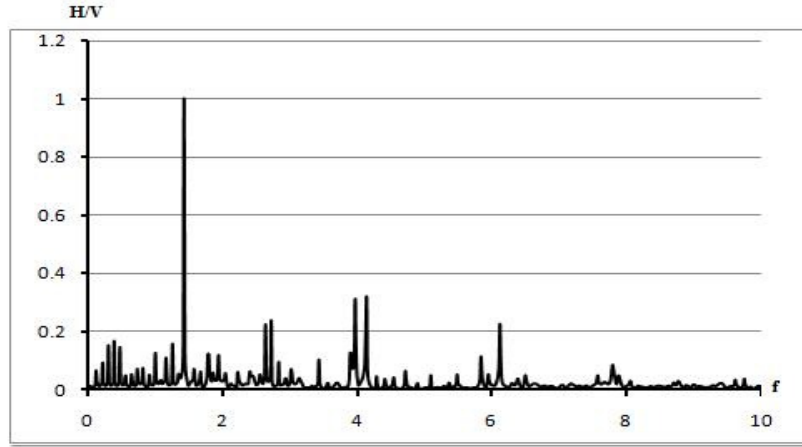
Şekil 3.23 Ters evrişim yöntemi ile pencere etkisi giderilmiş veri.

3.2.2 Pencere boyu (d) 10 saniye seçilip değerlendirilmesi

Geopsy programıyla pencere boyunun on saniye seçilip değerlendirilmesi sonucu, zemine ait periyot değeri $T=0.19$ sn bulunmuştur. Şekil 3.24 de programa ait analiz sonuçları için ters evrişim yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar verilmiştir. Şekiller incelendiğinde pencere etkisi giderilmiş veride baskın periyotların $T=0.6$ saniye olduğu görülmektedir.



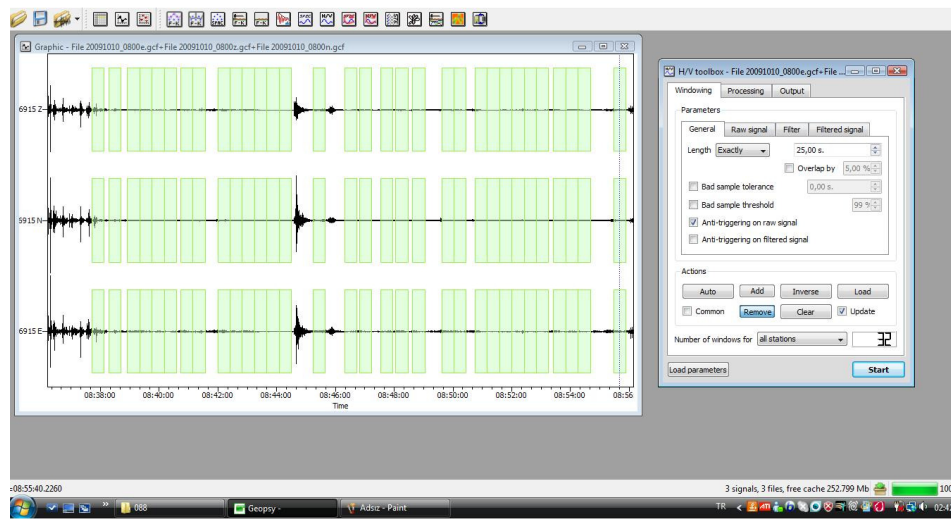
Şekil 3.24 Geopsy programına ait analiz sonuçları (d=10 sn için).



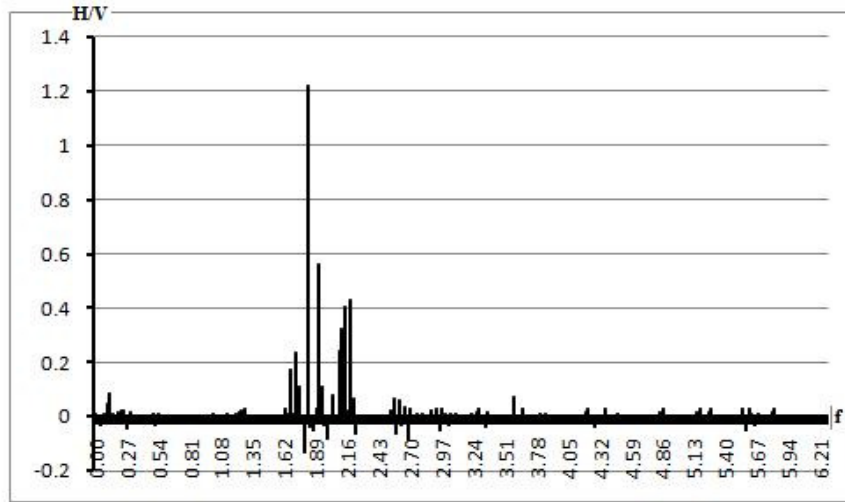
Şekil 3.25 Ters evrişim yöntemi ile pencere etkisi giderilmiş veri. ($d=10$ sn için)

3.2.3 Pencere boyu (d) 25 saniye seçilip değerlendirilmesi

Geopsy programıyla pencere boyunun yirmi beş saniye seçilip değerlendirilmesi sonucu, zemine ait periyot değeri $T=0.16$ sn bulunmuştur. Şekil 3.26 de programa ait analiz sonuçları şekil 3.27 te ters evrişim yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar verilmiştir. Şekiller incelendiğinde pencere etkisi giderilmiş veride baskın periyotların $T=0.55$ saniye olduğu görülmektedir.



Şekil 3.26 Geopsy programına ait analiz sonuçları ($d=25$ sn için).

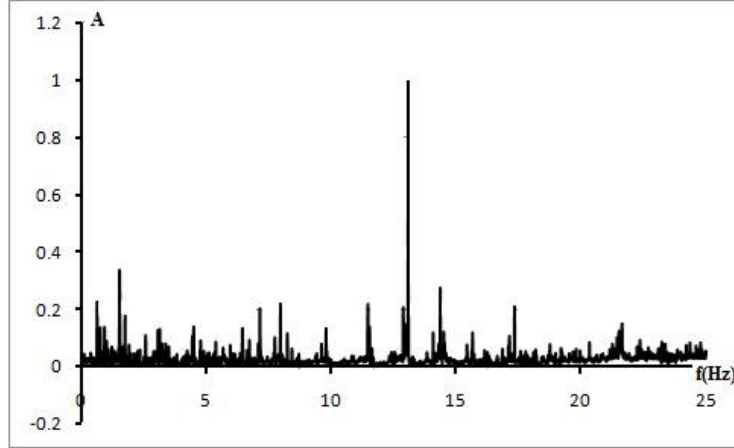


Şekil 3.27 Ters evrişim yöntemi ile pencere etkisi giderilmiş veri. (d=25 sn için)

Görüldüğü gibi aynı yerde alınmış olan microtremor verisi Geopsy programı ile değerlendirilirken farklı pencere boyları seçildiğinde analiz sonucu değişmekte ve aynı zemine ait farklı periyot değerleri bulunmaktadır. Buna karşılık pencere etkisi giderilmiş veriler değerlendirildiğinde, farklı pencere boyları seçildiği halde analiz sonucu bulunan periyot değerinde büyük bir değişiklik görülmemektedir.

3.2.4 Pencere boyu (d) 600 saniye seçilip değerlendirilmesi

Geopsy programında pencere boyunun 300 saniye seçilmesi durumunda hiçbir analiz yapılamamıştır. Bu nedenle veri sadece ters evrişim yöntemiyle değerlendirilmiştir. Kuramsal verilen üzerinde yapılan örnekler göz önünde bulundurularak belirlenen pencere boyu 10 dakika seçilmiştir. Böylece uygulanan pencere, veri üzerinde ayrımlılığın azalmasına sebep olmayacak ve elde edilen periyot değerleri sağlıklı olacaktır Şekil 3.28 da değerlendirme sonuçları verilmektedir.



Şekil 3.28 Ters evrişim yöntemi ile pencere etkisi giderilmiş veri. ($d=600$ sn için)

Şekil 3.28 de görüldüğü gibi maksimum genlik değerleri $f=13.2$ hz değerinde ortaya çıkmıştır. Bu frekansa karşılık gelen periyot değeri ise $T=0.08$ saniyedir.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışmasında microtremor verilerinin alım sürecine ve değerlendirme sürecinde kullanılan pencerelerin boylarının ne olması gerektiğine yönelik yeni yaklaşımlar getirilmiştir.

Microtremor verilerinin sağlıklı değerlendirilebilmesi içerdiği frekansların her birinin doğru şekilde analiz edilmesine bu analizin güvenilirliği de ölçüm sürecine ve değerlendirme aşamasında kullanılan pencerelerin uzunluğuna bağlıdır.

Microtremor verilerinin birçok farklı sinüsoidal dalganın toplamından oluştuğu kabul edilmektedir. Her bileşenin sahip olduğu frekans farklıdır ve bu frekans diğer bileşenin sahip olduğu frekansla çok yakın olabilmektedir. Yöntemin doğası gereği gözlenen veriler bir zaman penceresi ile çarpılmış olurlar. Bu çarpım, verilerin asıl değerlendirilmelerinin yapıldığı frekans ortamına evrişime, pencere işlevi de sinc işlevine karşılık geldiğinden verinin ayrımlılığında azalma ortaya çıkmaktadır. Bu olaya ferkans ortamı pencere etkisi denir. Bu etki ölçüm sürecinin doğru seçilmesiyle giderilebilir.

Ayrıca microtremorler analizleri aşamasında, çeşitli uzunluklardaki pencereler ile kesilip değerlendirilmektedirler. Bu aşamada sinyal üzerindeki ayrımlılığın azalmaması için kullanılacak pencerenin boyu çok büyük önem taşımaktadır.

Kuramsal veriler üzerinde yapılan uygulamalarda, zaman ortamında ayrılması istenilen iki periyodun arasındaki fark yüzde bir mertebesinde olduğunda, bu verinin ayrımlılığının sağlanabilmesi için, değerlendirme sürecinde seçilecek olan pencerenin boyunun en az 600 sn olması gerektiği belirlenmiştir.

Arazi verileri değerlendirilirken, aynı noktadan alınan ölçümlerin analiz aşamasında seçilen pencere boyu değiştikçe hesaplanan periyot değerinin de değiştii görülmüştür. Oysa ki ölçüm alınan noktaya ait tek bir periyot değeri olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akçıĝ, Z. ve Pınar, R. (1995). *Jeofizikte sinyal kuramı ve dönüşümler*. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara, Eğitim Yayınları, No:3.
- Aki, K. (1993). Local Site Effects on Weak and Strong Ground Motion. *Tectonophysics*, 218, 93-111.
- Bracewell, R.N. (1986). *Fourier transform and its applications*. USA McGraw-Hill Book Company.
- Canitez, N. (1984). *Jeofizikte veri işlem* (Cilt 1). İ.T.Ü Yayınları, İstanbul.
- Canitez, N., Gürbüz, C. (1987). Spektrum hesaplamada ön işlemler ve pencereleme. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Eğitim Yayınları, *Spektral Analiz ve Uygulamaları Kollakyum Bildirileri*, Ankara.
- Dimri, V. (1992) . *Deconvolution and inverse theory application to geophysical problems*. Amsterdam, Elsevier.
- Mari, J.L., Glangaud, F., Coppens, F. (1999). *Signal processing for geologists & geophysicists methods for the social sciences*. Paris, Editions Technip,
- Proakis, J.G., Manolakis , D.G (2007). *Digital signal processing*. New Jersey.
- Tokgöz, O.E. (2002). Ve Yakın Çevresinde Mikrotremor İverileri ile yer etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Webster G.M. (1978). *Deconvolution* (Volume I-II) Society of exploration geophysicist reprint series, Tulsa, Oklahoma
- Stranneby D. & Walker W.(2004). *Digital signal processing and applications* (2nd ed.).Elsevier.