FARKLI YÖNTEMLERLE DEPREM KAYITLARININ ZAMAN-FREKANS ANALİZİ

Yusuf BAYRAK[1], Şeyda YILMAZ[2], Erdem BAYRAK[3] ve Selin AKSOY[4]

[1] *Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi*
[2] *Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
[3] *Araştırma Görevlisi, Jeoloji Müh. Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*
[4] *Jeofizik Mühendisi*
Email: bayrak@ktu.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada, deprem kayıtları için Kısa zaman fourier dönüşümü (KZFD) ve Wigner-Ville dağılımı (WVD) olmak üzere iki yöntem kullanılarak zaman-frekans analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsüne (BÜ-KRDAE) ait deprem kayıt istasyonlarından alınmıştır. Analizler sırasında sismogramın zaman ortamındaki genlik dağılımı, sismogramın frekans içeriği ve iki boyutlu zaman-frekans ortamındaki dağılımı incelenmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında KZFD 'nin WV Dağılımı 'na göre daha iyi sonuçlar verdiği ortaya koyulmuştur. KZFD zaman ortamıyla uyum göstererek maksimum ve minimum genlik değerlerinin belirlenmesinde iyi bir rol oynarken, WV Dağılımı 'nda bazı sorunlar çıkmıştır. WV Dağılımı genlik değerlerinin yerlerini tam olarak gösterememekle beraber zaman kaymasına, değer olmayan yerlerde dağılım göstermesine ve genliklerin maksimum ve minimum durumlarını ayırt edememesine neden olmuştur. Sonuç olarak kısa-zaman fourier dönüşümü Wigner-ville Dağılımı 'na göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

ANAHTAR KELİMELER : zaman- frekans analizi, kısa süreli fourier dönüşümü, wigner- ville dönüşümü

1. GİRİŞ

Deprem kayıtlarında gözlenen sismik dalgaların karakteristik yapıları ve frekans içerikleri sabit değildir. Sismik dalgaların ilk varışları bir anda maksimum değere yükselir ve daha sonra yavaşça azalarak gözden kaybolur. Frekans içerikleri de zamana göre değişim gösterir. Ayrıca zaman ilerledikçe düşük frekanslara doğru bir eğilim oluşur. Sismik sinyallerin yapısını daha iyi anlayabilmek için sinyallerin sadece zamanla değişimini incelemek yetmemektedir, aynı zamanda sinyalin frekans içeriği özelliğini anlamak açısından önemli bir bileşendir. Fakat frekans ortamındaki sinyalin frekans genliklerinin hangi zaman aralıklarına denk geldiği anlaşılamaz. Fourier Dönüşümü (FD), zaman ortamındaki bir sinyali frekans ortamına aktarır. Diğer bir deyişle, herhangi bir sinyalin, frekansa karşılık genlik ve faz bilgisine ayrıştırılmasıdır. Ancak bu yöntem, frekans değerlerinin hangi zaman dilimlerine karşılık geldiği hakkında bilgi vermez, çünkü standart Fourier dönüşümünde kullanılan taban fonksiyonları sınırsızdır. Bundan dolayı sinyalin zamanla değişimi için bir şey söylenemez ve FD durağan olmayan sinyallerin analiz edilmesinde yetersiz kalır. Hem zaman ortamında hem de frekans ortamında sınırlı fonksiyonlar kullanılarak sinyalin analizi yapılırsa, zaman ve frekans düzlemlerinde sinyal daha iyi incelenebilir. Bunun için Zaman- Frekans analizi yöntemi geliştirilmiştir. Zaman-Frekans analizi durağan olmayan sinyallerin zamanla değişen frekans bileşenlerini incelemek veya güç dağılımını kestirmekte kullanılan bir yöntemdir (Cohen,1989; Cohen, 1995). Zaman- Frekans Düzleminde sinyal, hem zaman ortamında hem de frekans ortamında tanımlanmış olacaktır. Zaman-frekans dağılımları, sabit olmayan sinyaller ve veri işlem için uygun bir yöntemdir. Zaman- Frekans Analizi, bir boyutlu sinyali, zamanın ve frekansın fonksiyonu olarak iki boyutlu hale dönüştürme işlemidir ve sinyalin spektral bileşeninin zamanla nasıl değiştiğini tanımlamaktadır.

Zaman- frekans analizi doğrusal ve quadratik yöntemler olarak ikiye ayrılır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda deprem kayıtlarının incelenmesinde çeşitli zaman-frekans analizi yöntemleri kullanılmaktadır (Huerta-Lopez et al., 2000, Demetriu and Trandafir, 2003, Fan and Dong, 2009).

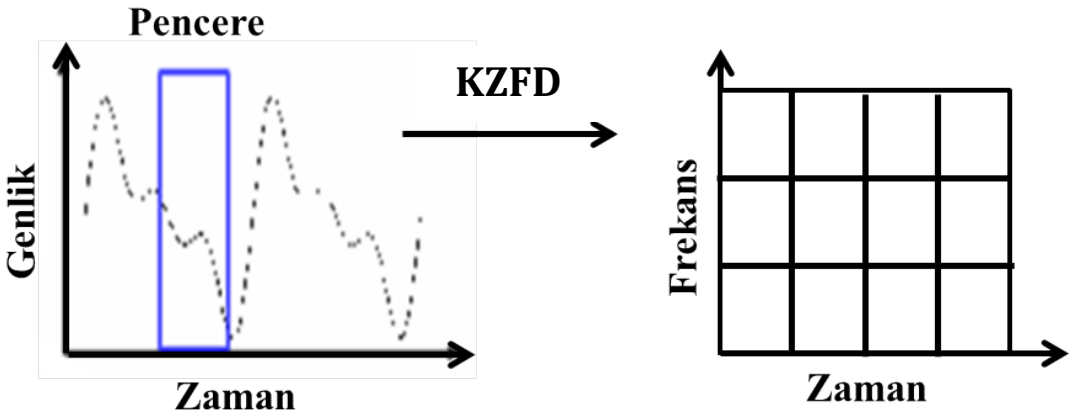
Bu çalışmada aynı deprem kayıtlarına birbirlerine olan üstünlüklerini karşılaştırmak için zaman- frekans analizi yöntemlerinden kısa- zaman fourier dönüşümü (KZFD) ve wigner-ville dağılımı (WVD) incelenmiştir.

2. KULLANILAN YÖNTEMLER

1.1. Kısa Zaman Fourier Dönüşümü

Kısa Zaman Fourier Dönüşümü (KZFD), frekans içeriği zamanla değişen sinyaller için zaman ve frekans bilgisini bir arada veren bir dönüşümdür ve doğrusal bir zaman- frekans analizi yöntemidir. Bu yöntemde, sinyal bir pencere yardımıyla durağan kabul edilebilecek parçalara bölünür ve her bir parçanın Fourier Dönüşümünün (FD) hesaplanmasıyla KZFD elde edilir. KZFD ile FD arasında çok az fark bulunmaktadır. KSFD'de sinyal küçük çerçevelere bölünür ve bu çerçeve anlarında sinyalin durağan olduğu kabul edilir. Durağanlığın geçerli olduğu bu çerçeveler, sinyalin bir pencere fonksiyonu ile çarpılması sonucu elde edilir. Durağan olmayan sinyallerin spektral analizi için, çok iyi zaman ve frekans çözünürlüğü olan işlevlerin olması gerekmektedir (Keeton ve Schlindwein, 1998).

KZFD' de durağan olmayan işaretler, küçük parçalara ayrılıp her bir parçaya FD uygulanır ve her bir zaman bölgesindeki frekans bileşenleri ayrı ayrı elde edilir. Sinyalin tamamına FD uygulanırsa sinyalin frekans bileşenleri bulunabilir fakat bu bileşenlerin hangi zamanlara ait olduğu bilinemez. Bunun yerine sinyalin başlangıcından itibaren belirli aralıklarla FD alınıp frekans bileşenleri elde edilirse sinyalin aynı zamanda, zamana bağlı frekans değerleri de elde edilmiş olur. Şekil 1'de zaman ortamındaki sinyalin Kısa Zaman Fourier Dönüşümü gösterilmiştir.



Şekil 1. Zaman ortamındaki sinyalin Kısa Süreli Fourier Dönüşümünün gösterimi

KZFD temel bir pencere fonksiyonundan zaman alanında kaydırma ve frekans parametreleri olmak üzere iki ayrı şekilde türetilir. Eğer bir verinin kısa süreli bir zaman aralığında Fourier dönüşümü alınır ise sadece belirli bir pencere aralığında kalan dalga biçimlerinin frekans içeriği görüntülenmiş olur. Eğer bu pencere zamana göre kaydırılır ve pencere merkezinin bulunduğu anlık zaman değeri τ ile gösterilirse;

$$KZFD(w,\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)w^*(t-\tau)e^{-j2\pi ft}dt \qquad (1)$$

Bu dönüşüm KZFD olarak adlandırılır (Gabor, 1946). Burada, f(t) zaman verisi ve g(t) ise pencere fonksiyonudur. f(t) zaman verisinin, τ zamanına kaymış g(t) pencere fonksiyonu ile çarpımının Fourier dönüşümü ile kısa süreli Fourier dönüşümü elde edilir.

2.2. Wigner- Ville Dağılımı

Wigner- ville dağılımı, bir zaman frekans dağılımıdır ve potansiyel olarak zamanla değişen sinyallerin analizinde çok kullanışlı bir araçtır. Zaman frekans analizinin temel problemi bir s(t) sinyalinin zamandaki şiddetini ve aynı zamanda frekansını doğru bir şekilde gösterebilmektir. Zamanla değişen sinyallerin frekans bilgileri, zamanla değişen spektral karakteristiklere sahip tipik bir radar ölçüm alanındaki karmaşa sinyalleri gibi zamana bağımlıdır. Bir s(t) sinyalinin wigner-ville dağılımı şu şekilde tanımlanır:

$$WV(t,f)=\int_{-\infty}^{\infty} s(t+\tau/2)s^{*}(t+\tau/2)\exp(-j2\pi f\tau)d\tau \qquad (2)$$

Burada WV(t,f), s(t) sinyalinin "t" anındaki ve "f" frekansındaki enerji dağılımıdır ve s(t) bir analitik sinyaldir (sürekli sinyaldir). Bir ayrık zaman sinyal için WV aşağıda denklemdeki gibi tanımlanır:

$$WV(n,\theta)=2\sum_{k=-\infty}^{\infty} s(n+k).s^{*}(n-k)\exp(-j2k\theta) \qquad (3)$$

Zaman frekans dağılımının sahip olması gereken özelliklerin Wigner- ville dağılımı ile kısa zaman fourier dönüşümü arasında karşılaştırması tablo 1' de gösterilmektedir.

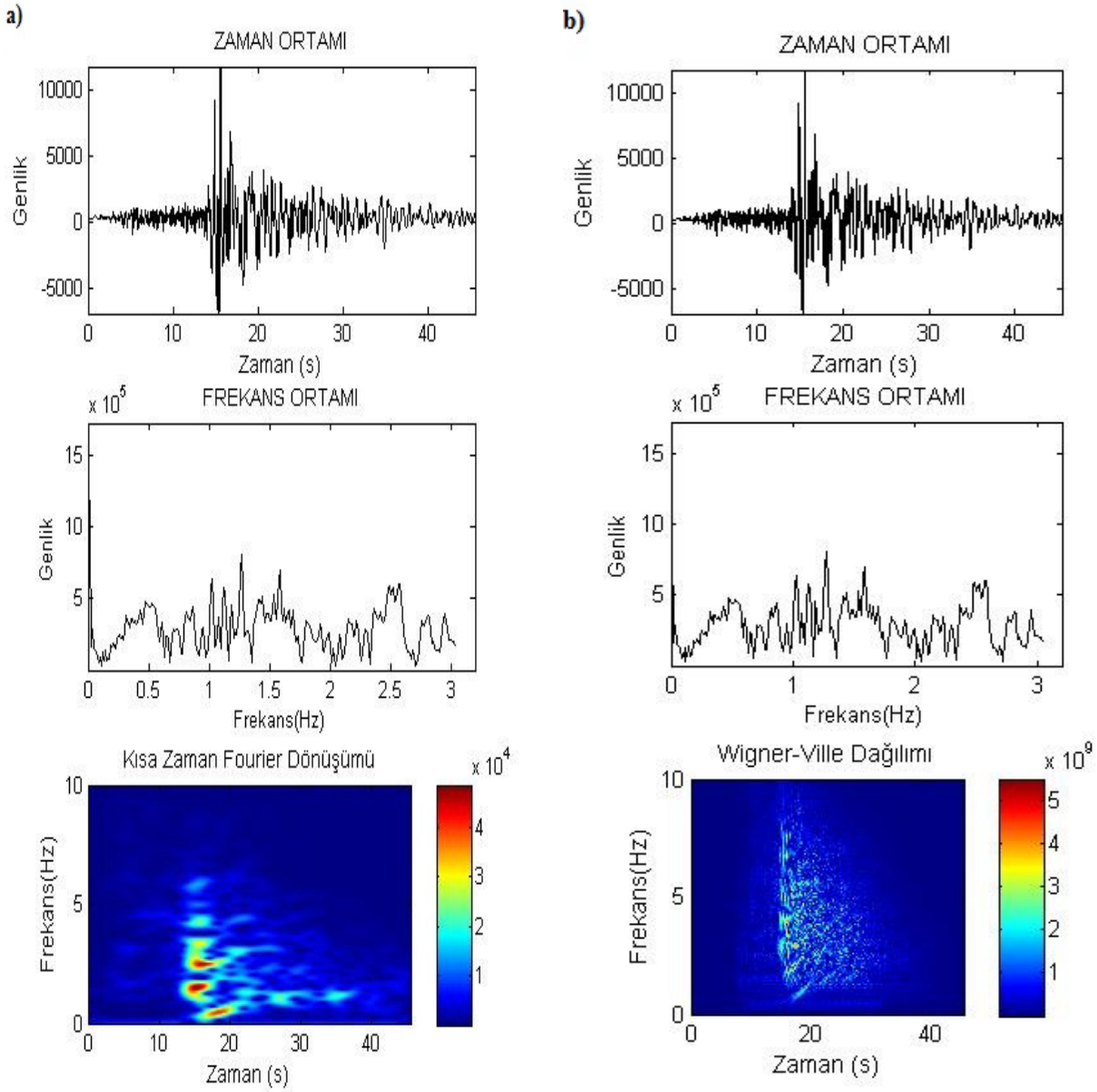
Tablo 1. Wigner Dağılımı ile KZFD Karşılaştırılması

ÖZELLİK	WV DAĞILIMI	STFT
Pozitiflik	Yok	Var
Toplam Enerji	Var	Var
Marjinaller	Var	Yok
t,w kaydırma ile değişmezlik	Var	Var
Sonluluk -zayıf form	Var	Yok
-kuvvetli form	Yok	Yok
Bütünsel ortalama	Yok	Yok
Yerel Ortalama	Var	Yok

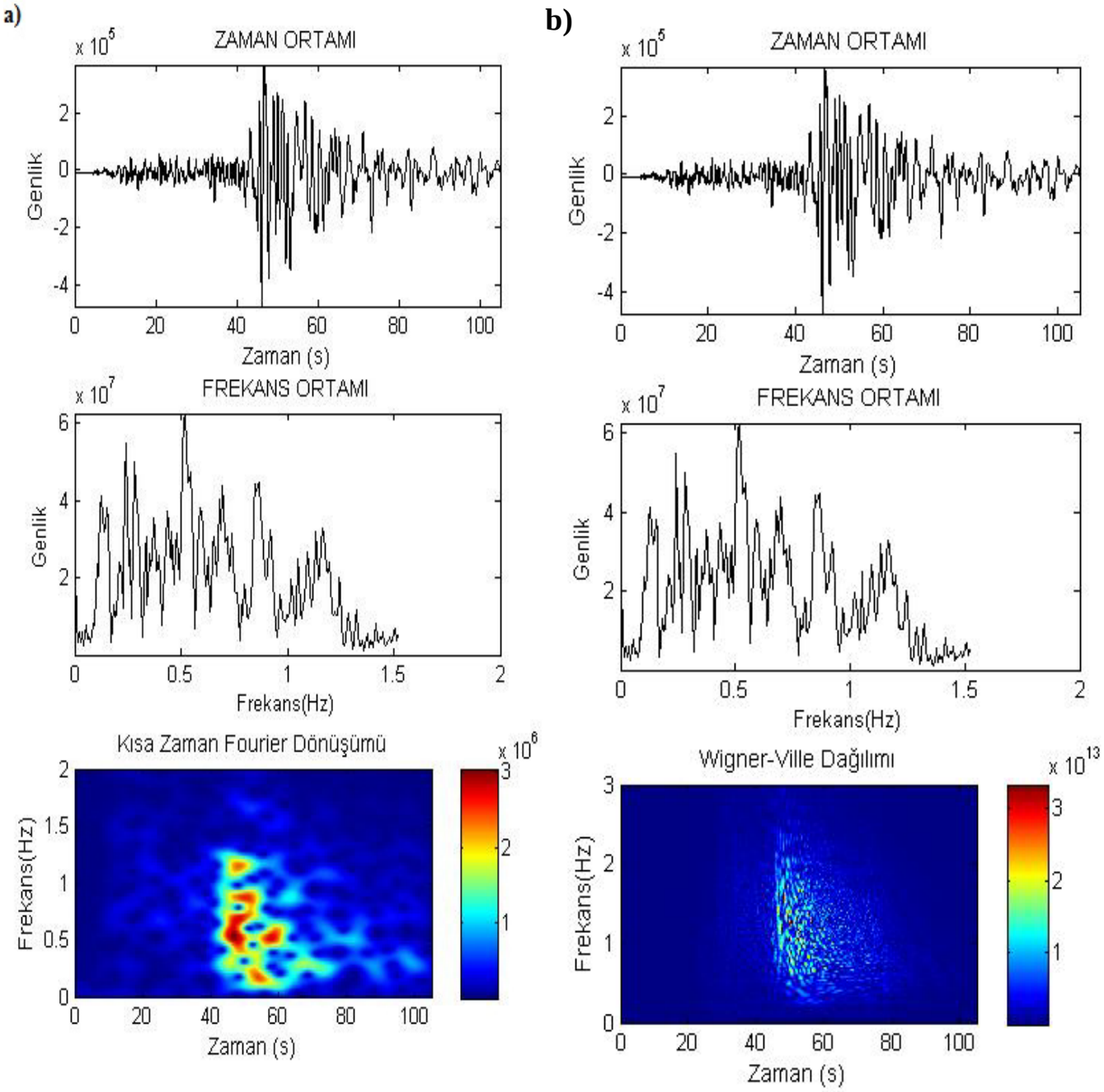
3. YAPILAN ÇALIŞMA

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünden alınan örnek verilerle deprem kayıtlarının zaman ortamında frekans ortamında ve zaman-frekans ortamındaki durumları incelenmiştir. Aynı deprem kayıtlarında KZFD ve WV dağılımları karşılaştırılmıştır. Bu analizler için kullanılan program matlab programlama dilinde yazılmıştır (Auger, 1996). Şekil 2'de ve Şekil 3'de M=4.7 olan iki farklı

deprem kaydına KZFD ve WV dağılımı uygulanmıştır. KZFD maksimum genliklerin yerlerini zaman ortamında da görüldüğü gibi 10-20 sn. arasında vermiştir. WV dağılımına bakıldığında genliklerin yoğunlaştığı zaman aralığı belirlenebilir ama maksimum genlik hakkında bilgi sağlanmamaktadır.



Şekil 2. 01.02.2010 tarihinde Sivas'ın Divriği İlçesinde meydana gelen M=4.7 büyüklüğündeki depremin ANTO istasyonundaki kaydı **a)** Kaydın KZFD **b)** Kaydın WV Dağılımı



Şekil 3. 04.12.2009 tarihinde Aydın'ın Buharkent İlçesinde meydana gelen M=4.9 büyüklüğündeki depremin KTUT istasyonundaki kaydı **a)** Kaydın KZFD **b)** Kaydın WV dağılımı

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, deprem kayıtlarında kısa-zaman fourier dönüşümü (KZFD) ve wigner-ville dağılımlarını (WVD) karşılaştırmak için iki yöntem ele alınarak zaman-frekans analizi yapılmıştır. Çalışmada Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi deprem verilerinden yararlanılmıştır. Analizler sırasında sismogramın zaman ortamındaki genlik dağılımı, sismogramın frekans içeriği ve zaman-frekans dağılımı kullanılmıştır.

Sinyalleri sadece zaman ortamında incelenmek sinyali tam olarak tanımlayabilmemiz için yetersiz kalmaktadır, bu yetersizlik sinyalleri zaman ve frekans düzleminde inceleeye olanak sağlayan wigner- ville ve KZFD gibi iki boyutlu zaman-frekans dağılımları gibi dönüşümlerle çözülmüştür. Bu dağılımların birbirlerine göre üstünlük ve zayıflıkları bulunmaktadır. Çalışmada deprem verilerinin zaman-frekans analizinde Kısa Zaman Fourier Dönüşümü(KZFD) ve Wigner-Ville Dağılımı(WVD) kullanılmıştır.

Zaman-frekans analizi sinyal işleme tekniğinin yüksek çözünürlük özelliği ile sismik dalgaların zaman ve frekans içeriklerinin karakterize edilmesi mümkündür. Analizler sonucunda zaman ortamındaki maksimum genliğin frekans ortamında iyi bir şekilde ayırt edilemediği ve farklı zaman frekans dağılımları kullanıldığında bu sorunun ortadan kalktığı gözlenmiştir. Bu ayrımı yapabilmek için Fouier Dönüşümü 'nden yararlanılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında KZFD 'nin WV Dağılımı 'na göre daha iyi sonuçlar verdiği ortaya koyulmuştur. KZFD zaman ortamıyla uyum göstererek maksimum ve minimum genlik değerlerinin belirlenmesinde iyi bir rol oynarken, WV Dağılımı' nda bazı sorunlar çıkmıştır. WV Dağılımı genlik değerlerinin yerlerini tam olarak gösterememekle beraber zaman kaymasına, değer olmayan yerlerde dağılım göstermesine ve genliklerin maksimum ve minimumunu ayırt edememesine neden olmuştur. Yani KZFD WV Dağılımı 'na göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

KAYNAKLAR

Auger, F., Flandrin, P., Goncalves, P. ve Lemoine, O. (1996). Time-Frequency Toolbox, CNRS France, Rice University.

Cohen, L. (1995). Time Frequency Analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

Cohen, L. (1989). Time-Frequency Distributions-A Review. Proceedings of the IEEE, 77, 941–981.

Demetriu, S. and Trandafir, R. (2003). Time-Frequency Representations of Earthquake Motion Records. An. St. Univ. Ovidius Constanta, 11, 57-68.

Fan, J. ve Dong, P. (2009). Time- frequency analysis of Earthquake Record Based on S Transform and Its Effect on Structural Seismic Response. International Conference on Engineering Computation.

Gabor, D., 1946. Theory of communication, Journal of IEEE, 93, 429-457.

Huerta-Lopez,C., Shin,Y., Powers,E.J. ve Roësset, J.M. (2000). Time-frequency analysis of earthquake records. 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland, 1724,4.

Keeton, P. I. J., Schlindwein, F. S. (1998). Spectral Broadening of Clinical Doppler Signals Using FFT and Autoregressive Modelling. European Journal of Ultrasound, 7, 209- 218.