



Jeofizikte Veri İşlem

[1]

Doç. Dr. Onur TAN

İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Nezihi Canitez anısına



Nezihi Canitez 27 Aralık 1931 tarihinde Denizli'de doğdu. 1954 Şubat döneminde İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeofizik Enstitüsü'ne kaydoldu ve 1958 Şubat döneminde mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Kürsüsü'nde asistan olarak Prof. Dr. Kazım Ergin gözetiminde doktora çalışmasına başladı. 1962 yılında "Gravite Anomalileri ve Sismolojiye göre Kuzey Anadolu'da arz kabuğunun yapısı" adlı çalışmasıyla Bilim Doktoru derecesini aldı. Bu ilk çalışmasında yer kabuğunun Orta Anadolu'dan Karadeniz'e doğru incelendiğini gösterdi. 1968 yılında Doçent, 1974 yılında Profesör ünvanını aldı. 15 Ocak 1988 yılında yarı-zamanlı statüye geçerek Belirti Mühendislik-Danışmanlık Ticaret A.Ş.'ni kurdu, 1994 yılında aramızdan ayrılan Canitez, bilimsel yaşamı boyunca jeofiziğin hemen hemen her konusuna ilgi duymuş; gravite çalışmaları ile başlayan araştırmaları sismoloji, neotektonik, ısı akısı ve veri işlem konularında devam etmiştir. Türkiye Jeofizik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesinin kuruluşunu tamamlamıştır. Yerbilimlerinin dışında Osmanlı kaligrafisine ilgi duyan maharetli bir hattat olan Nezihi Canitez Klasik Türk Müziğine de özel bir ilgi duyardı.

İdari Görevleri:

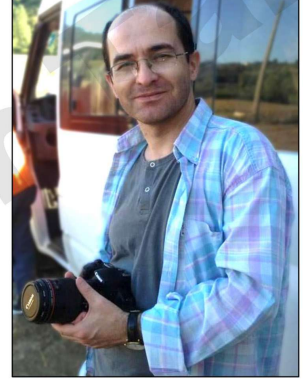
1974-1975:İ.T.Ü. Maden Fakültesi Dekanlığı
1977-1978:K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi Dekanlığı
1977-1978:K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi Dekanlığı
K.T.Ü. Temel Bilimler Fakültesi Dekan Vekilliği
K.T.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
1978-1979:M.T.A. Genel Direktörlüğü
1979-1980:Mass. Inst. of Tech., A.B.D.-Misafir Araştırmacı
1980-1987:İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeofizik Müh. Bölüm Başkanlığı
1984-1987:TÜBİTAK-MAM Yer Bilimleri Bölüm Kuruculuğu ve Başkanı

Ödülleri:

1962:PİYALE, "En iyi Doktora Tezi" ödülü.
1986:Türkiye Jeoloji Kurumu, "Hamit Nafiz Pamir" ödülü

Doç. Dr. Onur Tan

- 1997-2005 Araş. Gör.
(İTÜ Jeofizik Müh.)
- 2006-2018 Başuzman Araştırmacı
(TÜBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü)
- Mayıs 2018 Öğretim Üyesi
(İÜ-Cerrahpaşa Jeofizik Müh.)



 onur.tan@iuc.edu.tr

 avesis.iuc.edu.tr/onur.tan/

 sites.google.com/site/xonurtan/

Ders

Jeofizikte Veri İşlem (JFMU2926) [3. yy] %30 İngilizce
Jeofizikte Veri İşlem-1 (JFMU2007) [3. yy] Türkçe

Ders Saati : 2+1
Kredi : 2.5
AKTS : 4

Değerlendirme
Ara Sınav : %
Final Sınavı : %50

Amaç:

.

Ders İçeriği

Hafta	Konu
1.	Veri türleri ve analiz yöntemleri
2.	Bazı basit fonksiyonların tanımı, Öz ve çapraz ilişki
3.	Doğrusal düzenekler, evrişim ve özellikleri
4.	Veri ortamları ve ortam dönüşümleri
5.	Ayrık Fourier serileri, Fourier dönüşümü
6.	Parseval Teoremi, Aliasing olayı
7.	Ara Sınav
8.	Kompleks Fourier serileri
9.	Fourier integrali, Güç Spektrumu
10.	Hızlı Fourier Dönüşümü
11.	Laplace dönüşümü, Z-dönüşümü
12.	Örnekleme kuramı , Sayısal Filtreler
13.	Spektral Pencereleler
14.	Transfer Fonksiyonu, Tepki Fonksiyonu

MATLAB

MATLAB yüklemek için:

<https://bilgiislem.iuc.edu.tr/tr/lisansli-yazilimlar/Matlab/>



İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Bilgi İşlem Daire Başkanlığı



ARAŞTIRMA
ÜNİVERSİTESİ

en iyi olmak için...



[Başkanlık](#)[Yönetim](#)[Hizmetler](#)[Kullanıcı Destek](#)[Projelerimiz](#)[İletişim](#)

Matlab



Üniversitemize ait e-posta adresinizin kullanıcı adını yazarak açılan kutudan e-posta uzantısını seçiniz.

Matlab 64 Bit Windows

Üniversitemize ait e-posta adresinizin kullanıcı adını yazarak açılan kutudan e-posta uzantısını seçiniz. NOT: Web sayfası üzerinden @iuc.edu.tr veya @ogr.iuc.edu.tr e-posta hesabı oturumu açılması gerekmektedir.

Matlab 64 Bit MAC

Üniversitemize ait e-posta adresinizin kullanıcı adını yazarak açılan kutudan e-posta uzantısını seçiniz. NOT: Web sayfası üzerinden @iuc.edu.tr veya @ogr.iuc.edu.tr e-posta hesabı oturumu açılması gerekmektedir.

Veri İşlemin Faydaları

Veri işlemin sağlayacağı bazı faydalar:

- Verilerin düzenli veya düzensiz gürültülerden ayıklanması.
- Veri toplama ortamının (örn. zaman) dönüşüm yöntemleriyle boyutları değiştirilerek verilerin içerdiği bilgilere başka ortamlarda (örn. frekans) bakılması sağlanır.
- Günümüzde veri toplama teknikleri son derece gelişmiş olduklarından çok yüksek hacimde elde edilen verilerin daha anlamlı ve daha küçük hacimli veri topluluklarına indirgenmesi sağlanır.
- Veri işlemlerin en yoğun olarak uygulandığı sismik yöntemlerde değişik tekniklerle aynı veriden çok farklı nitelikte bilgi çıkarılır.
- Verilerin alındığı ortamlarda çözülebilmesi güç olan problemlerin dönüşüm yöntemleri yardımıyla çözülmesi sağlanır.

Sinyal ve Veri

Sinyal:

Fiziksel değişkenlerin durumu hakkında bilgi taşıyan ve matematiksel olarak fonksiyon biçiminde gösterilen kavrama denir.

Sinyal terimi yerine, jeofizikte veri işlem analizleri içerisinde genel olarak ***dalga*** ifadesi de kullanılır (sismik dalga, elektromanyetik dalga vb).

Veri:

Bilgi taşıyan ve üzerinde işlem yapılabilen her türlü değer ya da değerler grubudur.

Ham veri:

İstatistik yöntemlerin uygulanacağı karışık, işlenmemiş ver kümesidir.

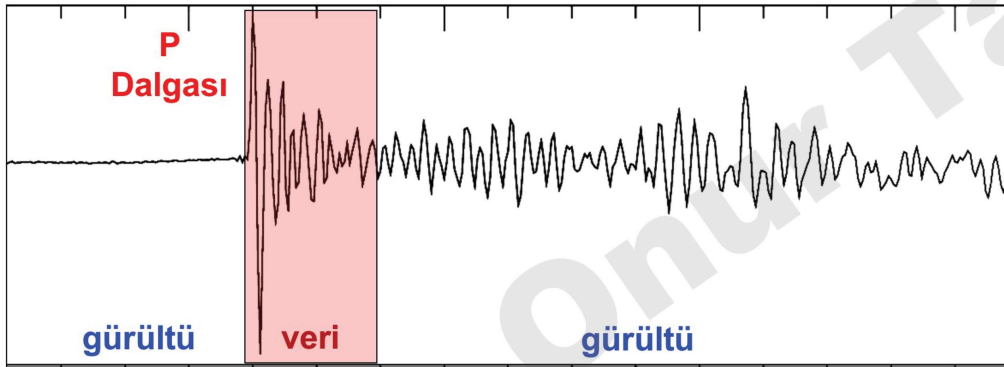
Gürültü:

Elde edilen sinyallerin bilgi taşımayan ya da aranan bilgileri taşımayan kısmıdır.

Gözlemsel veri, bilgi içeren sinyal ve gürültünün toplamı olarak ifade edilebilir:

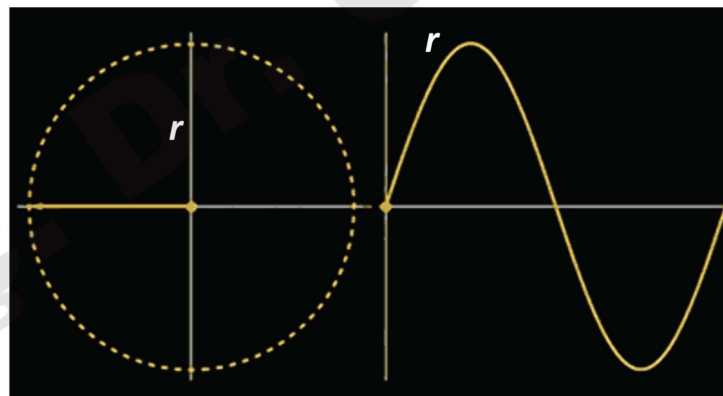
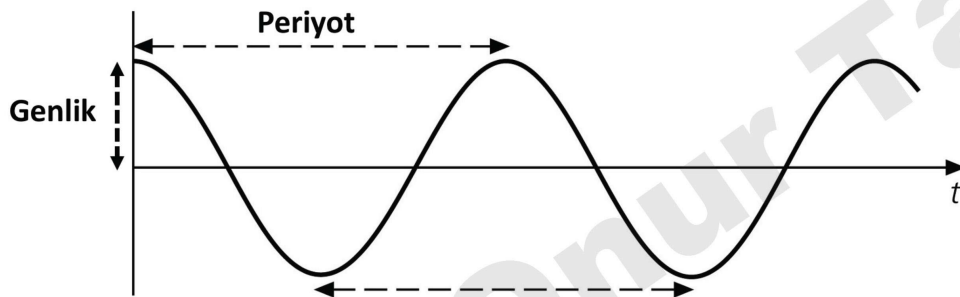
$$x(t) = s(t) + n(t)$$

Sinyal ve Veri

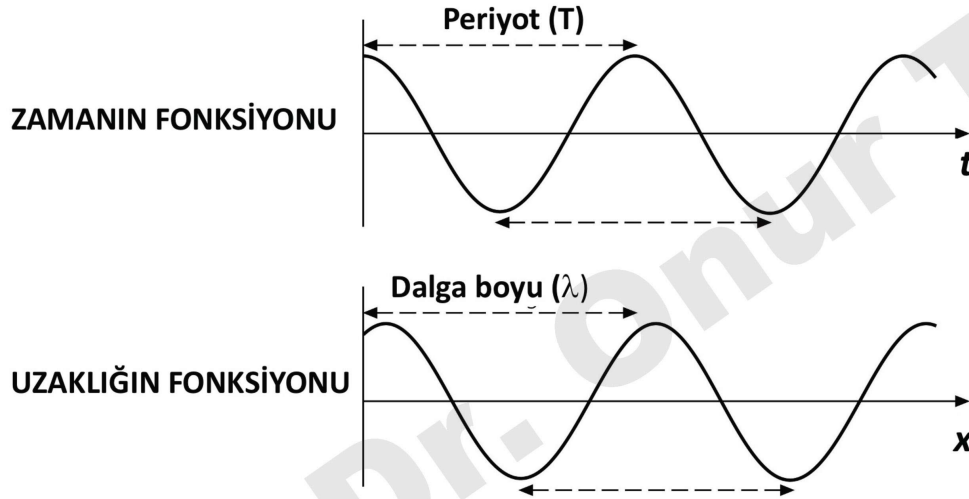


P dalgası ile çalışıyorsak, dalganın olduğu kısım "veri", diğer kısımlar ise "gürültü" olarak ifade edilir.

Sinyal ve Veri



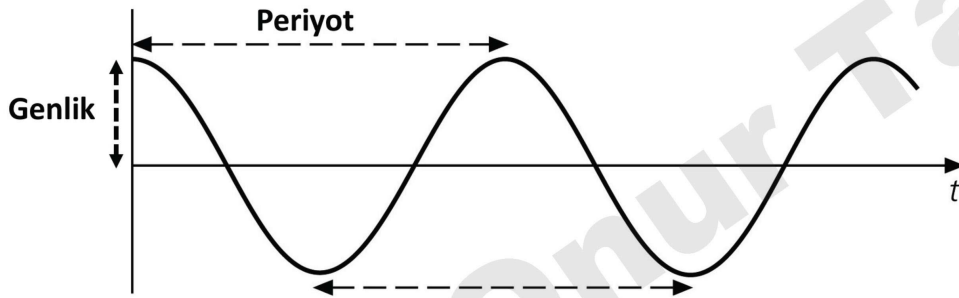
Sinyal ve Veri



Zaman ortamındaki sinyalin (örn. sismik veri) aynı genlikli ardışık iki noktası arasındaki mesafeye **periyot** denir. Birimi "**saniye**"dir. Sinyal uzaklığa bağlı ise (örn. gravite verisi) bu mesafe "**dalga boyu**" olarak adlandırılır.

Hız	: $v = \lambda/T$	Açısal frekans	: $\omega = 2\pi f$
Periyot	: $T = \lambda/v$	Dalga boyu	: $\lambda = vT$
Frekans	: $f = 1/T$	Dalga sayısı	: $k = 2\pi/\lambda$

Sinyal ve Veri



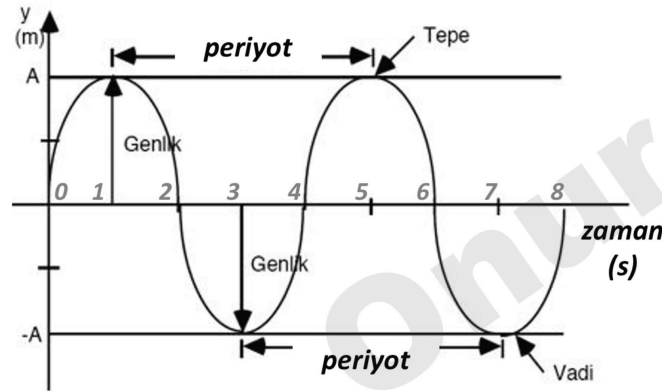
Frekans:

Sinyalin 1 s'deki salınım sayısıdır. Periyodun tersi olarak da ifade edilir.

$$f = 1/T$$

Birimi Hertz (Hz) dir. $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$

Sinyal ve Veri



Sinyalin ardaşık iki tepesi (veya vadisi) arasındaki zaman **periyot**'dur. Birimi saniye'dir.

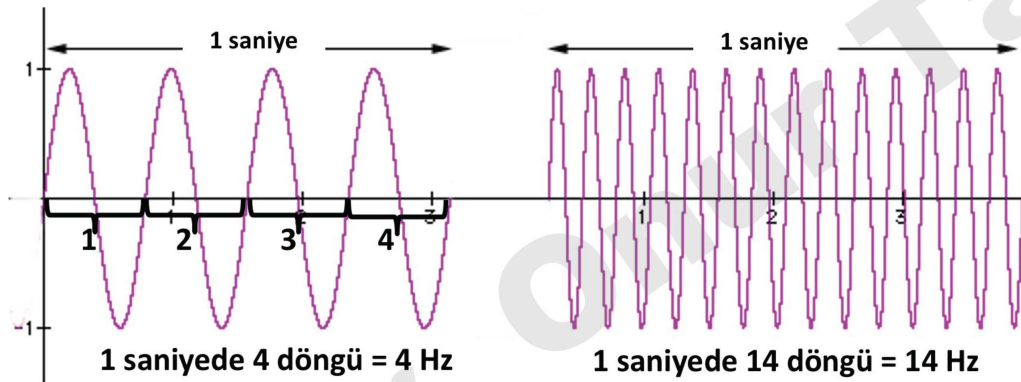
Frekans, dalganın 1 saniye'de yaptığı salınımdır (döngü). Periyodun tersidir.

$$f = 1 / T$$

Birimi: Hertz (Hz) = 1/saniye (s^{-1})

! Frekans yerine açısal frekans da sıklıkla kullanılır: $\omega = 2\pi f$ (birimi rad/s)

Sinyal ve Veri



! Döngü [cycle], aynı genlik değerine sahip ardaşık iki nokta arası dikkate alınarak sayılır.

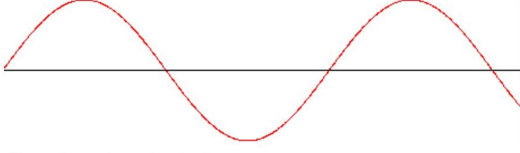
Küçük patlatma	100 Hz
Trafik	10 Hz
P dalgası	1 Hz
S dalgası	0.1 Hz
Yüzey dalgası	0.01 Hz
Serbest salınım	0.001 Hz

Canlı Türü	İşitme Aralığı Frekansı (Hz)	Ses Üretme Aralığı Frekansı (Hz)
Köpek	15–50.000	450–1080
Kedi	60–65.000	760–1520
Yunus	150–150.000	7000–120.000
Yarasa	1000–120.000	10.000–120.000
İnsan	20–20.000	85–1100

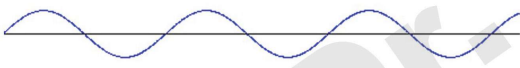
Sinyal ve Veri

Sinüzoidallerin her bir frekanstaki ve genlik değerlerinin grafiksel gösterimine **spektrum** denir.

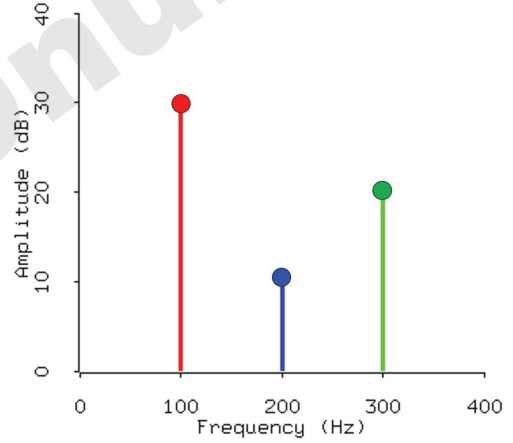
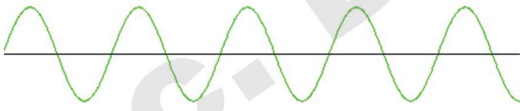
$f=100\text{ Hz}$, $A=30$



$f=200\text{ Hz}$, $A=10$



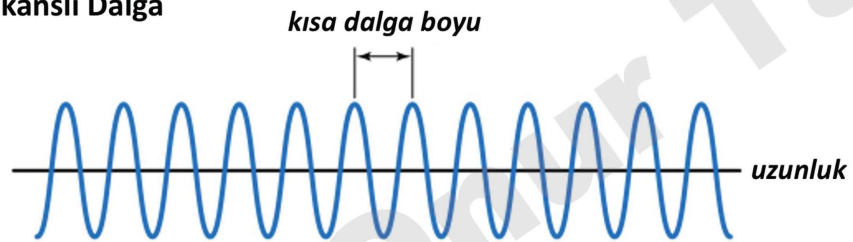
$f=300\text{ Hz}$, $A=20$



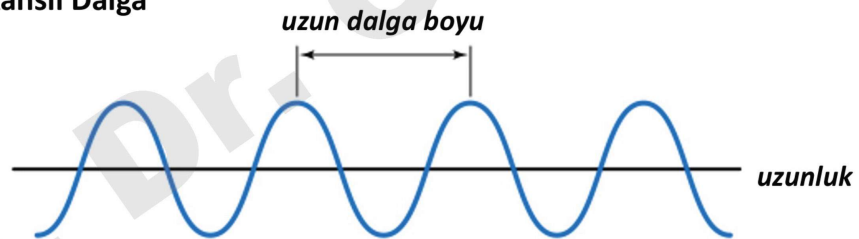
Genlik Spektrumu
[Amplitude Spectrum]

Sinyal ve Veri

Yüksek Frekanslı Dalga



Düşük Frekanslı Dalga



Sinyal ve Veri

Jeofizikte frekans, hız ve dalga boyu ifadeleri çok önemli yer tutar ve tüm araştırma yöntemlerinde bunların ilişkilerinden yararlanılır.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

dalga hızı
dalga boyu
frekans
(f=1/T)
periyot

Vs	100 m/s	600 m/s
f	10 Hz	10 Hz
T	0.1 s	0.1 s
λ	10 m	60 m

$\lambda/4 = V_P/4f$		
V_P (m/s)	f (Hz)	$\lambda/4$ (m)
400	100	1
800	80	2.5
1200	60	5
1600	40	10
2000	20	25

Yılmaz, 2015

Düşey sismik çözünürlük, (çok) genel anlamda dalga boyunun 1/4'ü kadardır. Diğer bir deyişle $\lambda/4$ 'den daha ince tabakalar görülemez.

Sinyal ve Veri

Hız

Uzaklık/Zaman

$$v = \frac{\omega}{k} = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$$

Periyot

Zaman

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v}$$

Açısal frekans

Zaman⁻¹

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = kv$$

Frekans (çizgisel)

Zaman⁻¹

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T} = \frac{v}{\lambda}$$

Dalga boyu

Uzaklık

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{v}{f} = vT$$

Dalga sayısı

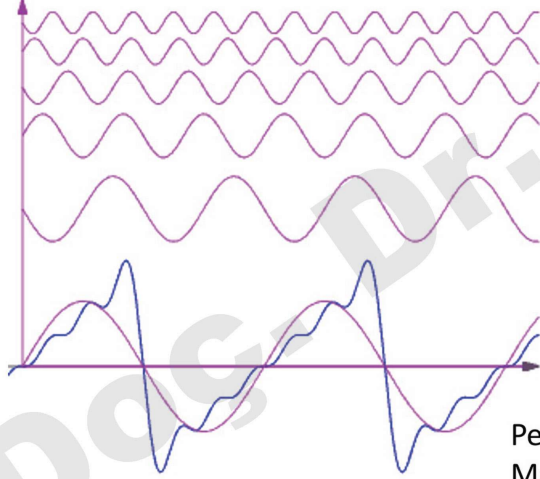
Uzaklık⁻¹

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{v}$$

Sinyal ve Veri

Buraya kadar hep bir sinüs dalgası üzerinden tanımlamalar yaptık. Sinüs dalgası bir sinyal için temel bileşen olarak düşünülür. Örneğin kosinüs dalgası sinüs dalgasının ötelenmiş bir şeklidir.

Ancak doğada sinyaller (dalgalar) çok daha karmaşıktır. Veri toplayarak elde ettiğimiz bu karmaşık sinyalleri analiz ederken daha basit yapılara indirgemek gereklidir.

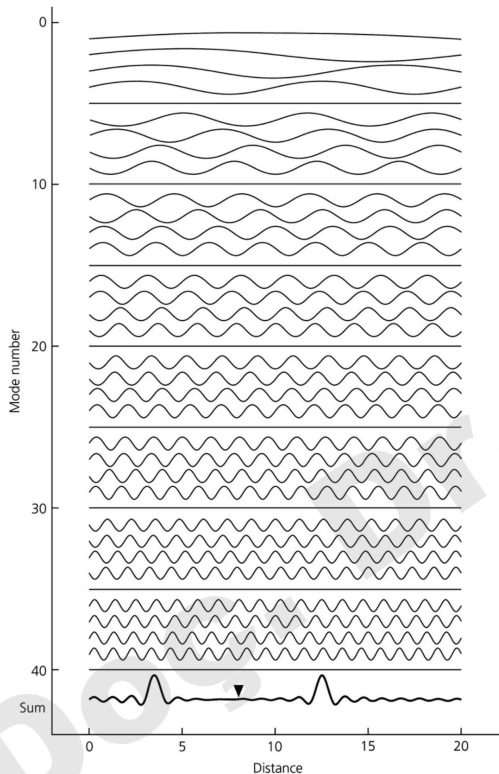


Karmaşık bir sinyal bir çok sinüs dalgasının (sinüzoidaller) toplamından oluşturulabilir. Böylece ayrılmış sinüs dalgaları üzerinde veri işlem yöntemlerini kullanmak çok daha kolaydır.

Bir sinyali sinüzoidallerine ayırma işlemini **Fourier Analizi** ile yapabiliriz.

Pembe: Sinüzoidaller
Mavi: Toplam sinyal

Sinyal ve Veri



Bir sinyal, Fourier Serisi yardımıyla sin ve cos paraçlarından oluşan sinyallerin toplamı olarak ifade edilebilir.

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi f_n t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(2\pi f_n t)$$

Stein & Wysession, An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure,

Sinyal ve Veri

Verilerin Sınıflandırılması

Toplanış Biçimlerine Göre

1) Sürekli (Analog) Veri [Continuous Data]: Bağımsız bir ya da daha fazla değişkenin sürekli fonksiyonudur.

Örneğin bir cihaz aracılığıyla algılanıp, bir kayıtçıda sürekli olarak kaydedilen her türlü büyüklük bir sürekli veri durumundadır.

2) Ayırık Veri [Discrete Data]: Birbirinden bağımsız ayırık gözlemler ya da örnekleme yoluyla elde edilen verilerdir.

Örneğin, değişik kaya örneklerinin jeokimyasal analiz sonuçları, bir alanda yapılan sondaj verileri, arazide bir çok noktada ölçülen gravite veya manyetik verileri.

a) Sıralı Ayırık Veriler: Düzenli ve ardaşık olarak zamanda veya uzayda toplanan verilerdir. Eşit aralıklı ve eşit aralıklı olmayan şekilde ikiye ayrılırlar.

b) Sırasız Ayırık Veriler: Zaman veya uzayda gelişi güzel toplanmış verilerdir.

Sinyal ve Veri

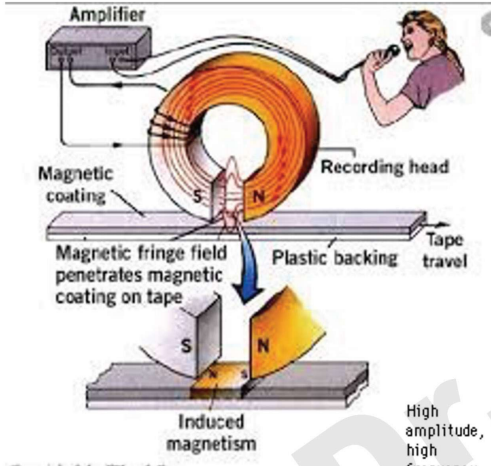
Analog Veri



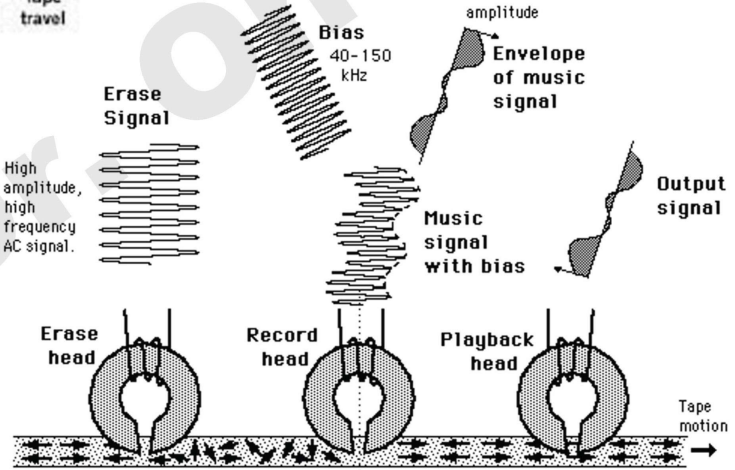
Analog veri, kayıt alanı içinde her yerde kesintisiz olarak bulunur. Manyetik kaset veya film negatiflerinde veri atom düzeyinde kayıtlıdır.

Sinyal ve Veri

Analog Veri

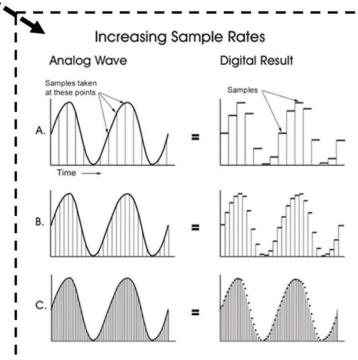


Manyetik kayıt alanı üzerinde veri sürekli.



Sinyal ve Veri

Analog Veri

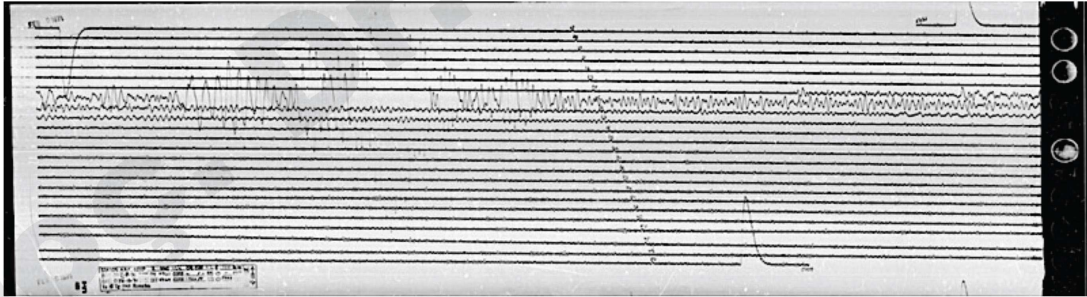
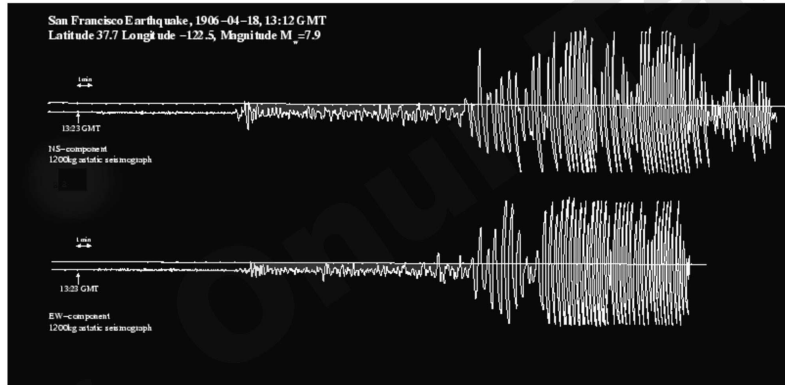


Sinyal ve Veri

Analog Veri

Analog deprem kayıtları.

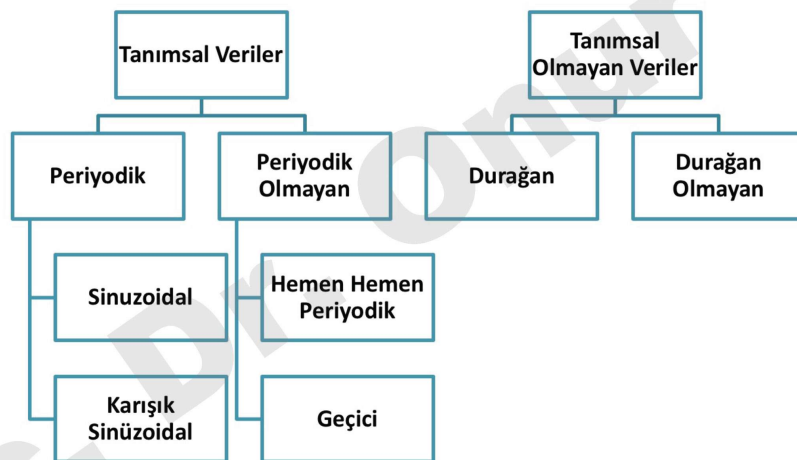
Bir kalemle kağıt üzerine çizilmiş sürekli sismik sinyallerdir.



Sinyal ve Veri

Verilerin Sınıflandırılması

Tanıma Göre Veriler



Sinyal ve Veri

Verilerin Sınıflandırılması

Tanımsal Veriler [Deterministic Data]

Bağılı bulundukları fiziksel düzeneğin matematiksel benzeşiminden oluşan bir bağıntı ile tanımlanan verilerdir.

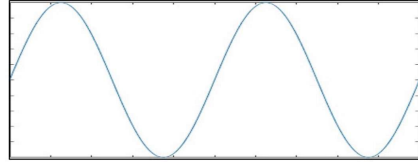
1) Periyodik Veriler: Belirli aralıklarla kendini tekrarlayan verilerdir.

$$x(t) = x(t+T), \quad T: \text{periyot}$$

Bir sinüzoidal ilk akla gelen periyodik sinyaldir. Periyodu $T = 2\pi/\omega$ olan sinüs dalgası

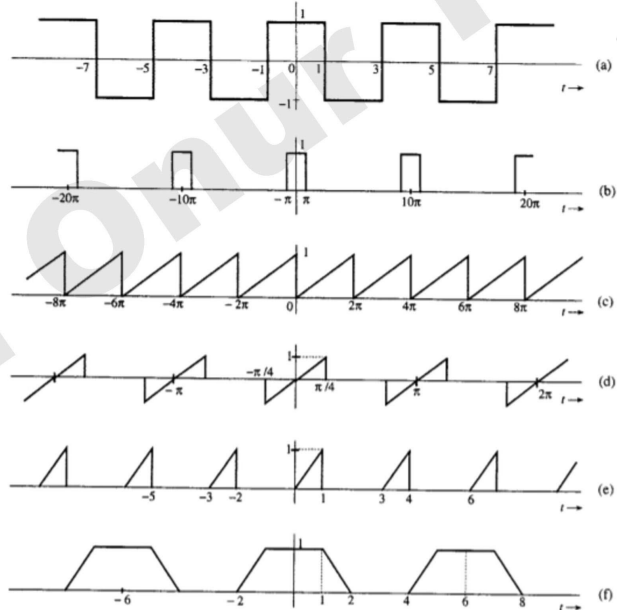
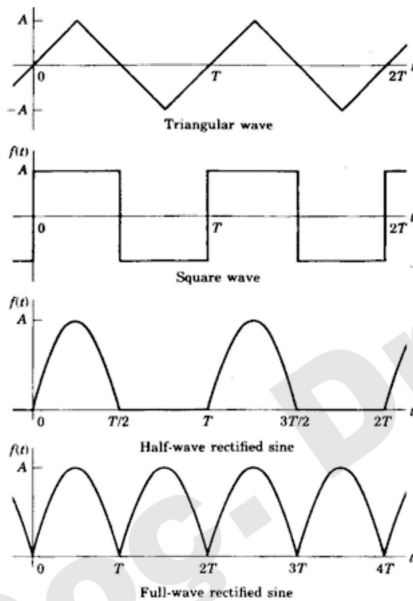
$$x(t) = A \sin(\omega t)$$

Bu sinyal tek bir frekansa sahip olduğundan mono-kromatik sinyal olarak adlandırılır.



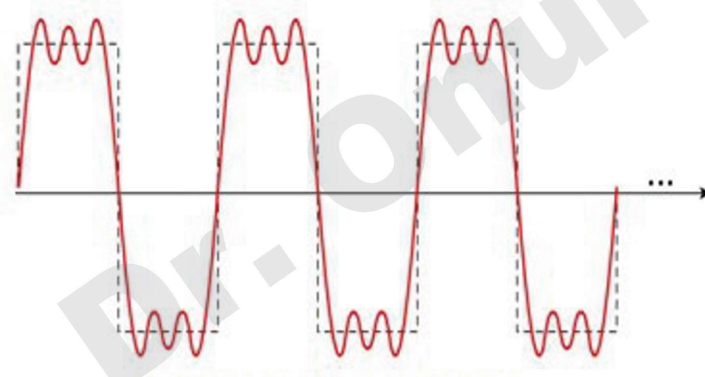
Sinyal ve Veri

Periyodik sinyal örnekleri:

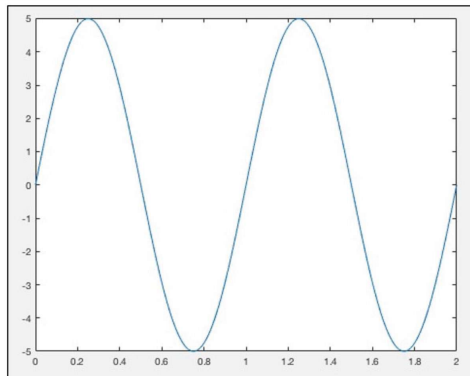


Sinyal ve Veri

Karışık sinüzoidal veriler ise bir çok sinüzoidal sinyalin toplamıdır.

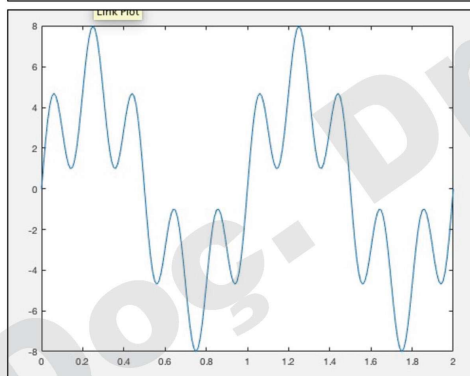


Sinyal ve Veri



```
% Jeofizikte Veri Islem, Onur Tan, 2023
t = (0:0.01:2); % zaman araligi, ornekleme 0.01s
A1 = 5; % genlik
f1 = 1; % frekans Hz
x = A1 * sin(2*pi*f1*t);

plot(t,x) % cizim
```

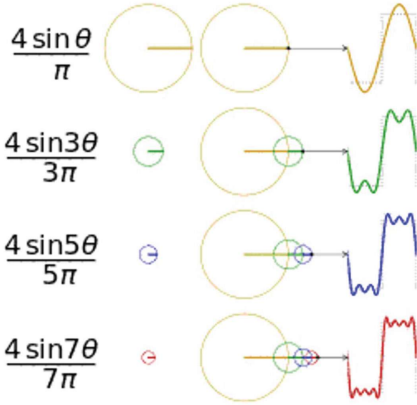


```
% Jeofizikte Veri Islem, Onur Tan, 2023
t = (0:0.01:2); % zaman araligi, ornekleme 0.01s
A1 = 5; % genlik
f1 = 1; % frekans Hz

A2 = 3; f2 = 5; % Hz
x = A1 * sin(2*pi*f1*t) + A2 * sin(2*pi*f2*t); %
Kompleks sinyal

plot(t,x) % cizim
```

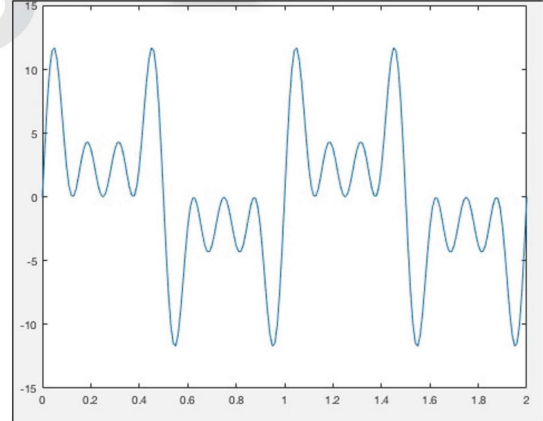
Sinyal ve Veri



Farklı frekastaki harmoniklerin eklenmesiyle oluşturulan toplam sinyal (kırmızı)

```
% Jeofizikte Veri İşlem, Onur Tan, 2023
% Dort bileşenli kompleks sinyal
t = (0:0.01:2); % zaman aralığı, örnekleme 0.01s
A1 = 4; f1 = 1 ; x1 = A1*sin(2*pi*f1*t);
A2 = 4; f2 = 3 ; x2 = A2*sin(2*pi*f2*t);
A3 = 4; f3 = 5 ; x3 = A3*sin(2*pi*f3*t);
A4 = 4; f4 = 7 ; x4 = A4*sin(2*pi*f4*t);
x = x1 + x2 + x3 + x4 ;

plot(t,x) % çizim
```



Sinyal ve Veri

Verilerin Sınıflandırılması

Periyodik Olmayan (aperyodik) Geçici Veriler

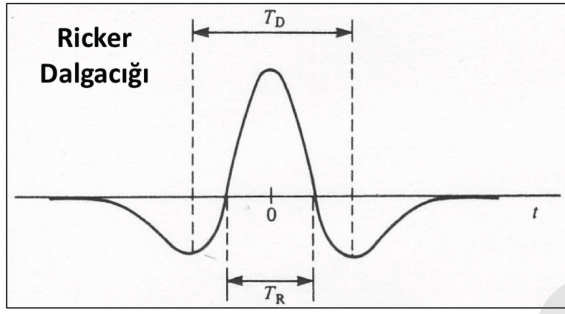
Zaman içerisinde tekrarlanma özelliği göstermeyen verilerdir. Bunlar içinde t=0 zamanında başlayıp, belirli bir süre devam eden ve sonlanan verilere **geçici [transient] veri** denir.

Bir deprem kaydı (yer içindeki gürültüler hariç) geçici bir veridir.

Jeofizikte geçici veri olarak **dalgacık [wavelet]** çok önemli bir yer tutar. Özellikle sismoloji ve sismik prospeksiyonda kullanılır. Dalgacık, sınırlı bir enerjiye sahiptir ve belirli bir zamanda başlar ve biter.

Jeofizikte en çok kullanılan dalgacık türü **Ricker Dalgacı**'dır.

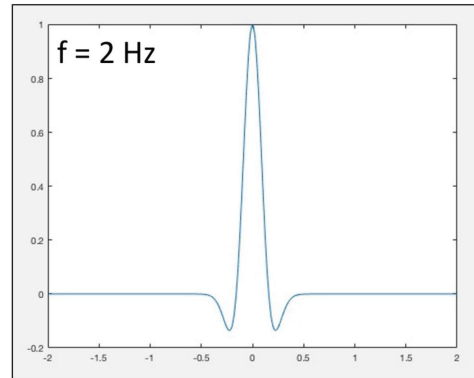
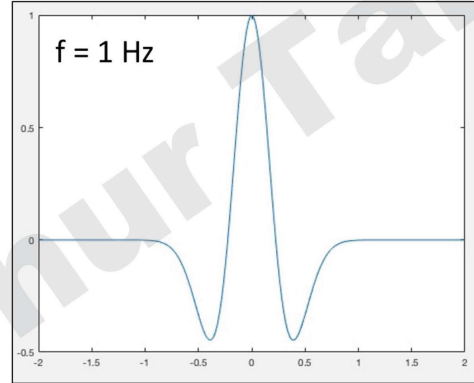
Sinyal ve Veri



```
% Jeofizikte Veri İşlem, Onur Tan, 2023
% Ricker Dalgacığı
t = (-2:0.01:2); % zaman aralığı,
ornekleme 0.01s
t2 = t.^2; % t^2
f = 1.0 ; % merkez frekans
R = (1-2*pi^2*f*t2).*exp(-pi^2*f^2*t2);
TD = (6/pi)^0.5*f % Nefes Aralığı
TR = 3^-0.5*TD
plot (t,R)
```

Sismik prospeksiyonda kullanılan Ricker Dalgacığında T_D nefes aralığını küçültme işlemine **iğnecikleştirme** denir.

Jeofizikte Veri İşlem ☞ Doç. Dr. Onur Tan



33

Sinyal ve Veri

Verilerin Sınıflandırılması

Tanımsal Olmayan (Rastgele) Veriler [Stochastic Data]

Belirli bir bağıntıyla ifade edilemeyen, sadece istatistik özellikleri ile tanımlanabilen rastgele tabiatlı verilerdir.

1) **Durağan [Stationary] Veriler:** İstatistik özellikleri zamanla değişmeyen veriler.

2) **Durağan Olmayan [non-Stationary] Veriler:** İstatistik özellikleri (ortalama, varyans vb.) zamanla değişen veriler.

Jeofizikte Veri İşlem ☞ Doç. Dr. Onur Tan

34

Ayrık Veriler

Ayrık Veriler



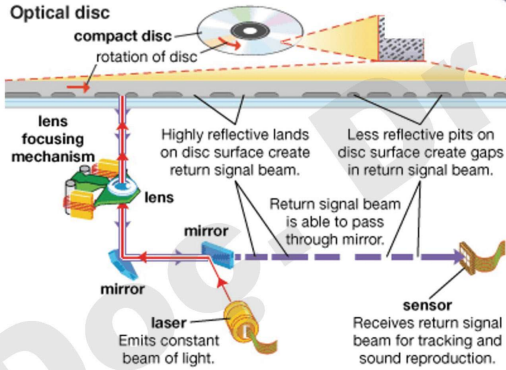
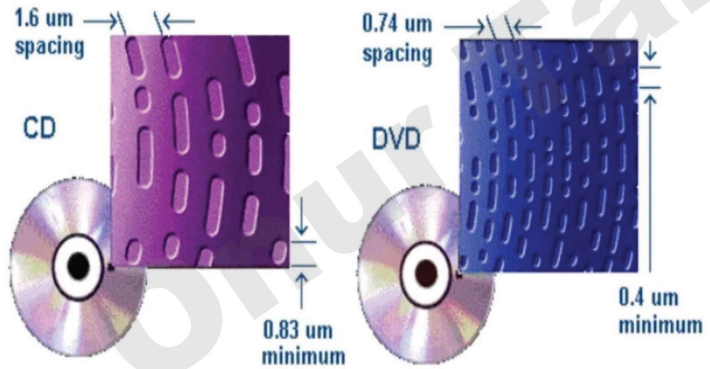
Disket

Analog ?
Sayısal ?



CD/DVD

Ayrık Veriler



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Jeofizikte Veri İşlem ⌘ Doç. Dr. Onur Tan

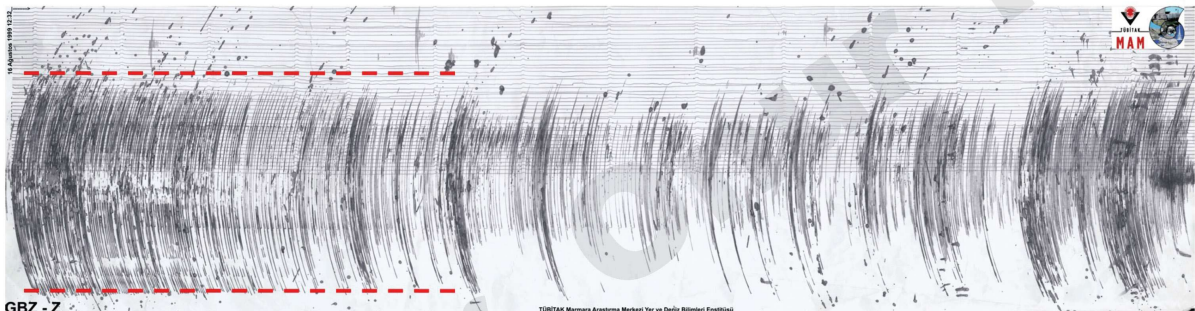
CD/DVD belirli bir optik yüzey üzerine birlik sayı sistemi (bilgisayarlarda olduğu gibi, 0 ve 1) ile işlenmiş ayrık veri barındıran ortamlardır. 0/1 değerleri bir lazer yardımıyla okunur.

37

Ayrık Veriler

Analog Verinin Örneklenmesi ve Ayrık Veriler [Discrete Data]

17 Ağustos 1999 Gebze deprem istasyonu kaydı



← 15 dakika →



Sayısal (dijital) sismometrelerden önce, depremler kağıt veya film üzerine analog olarak kayıt ediliyorlardı. Sayısal sistemlerin gelişmesiyle analog yerine ayrık veri şeklinde kayıt edilmeye başlandılar.

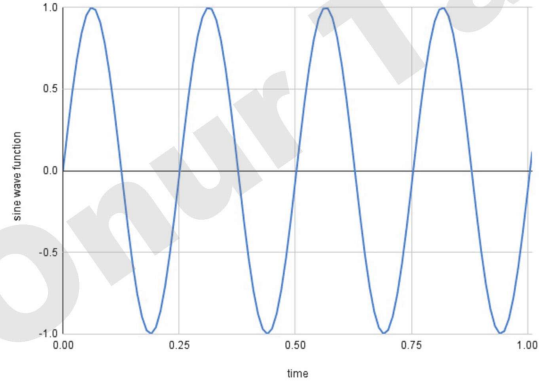
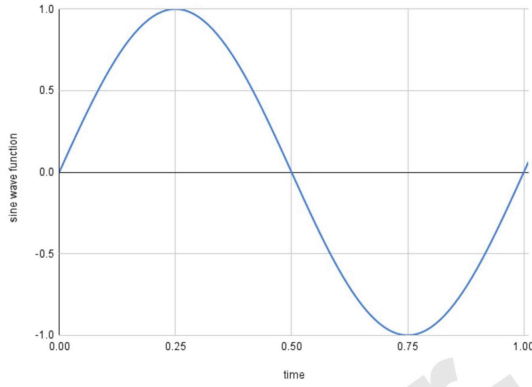


Sayısal Sismometre

38

Jeofizikte Veri İşlem ⌘ Doç. Dr. Onur Tan

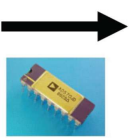
Ayrık Veriler



Analog veri üzerinde seçilen örnek noktaları ile ayrık veri oluşturma işlemine **sayısallaştırma [digitizing]** denir.

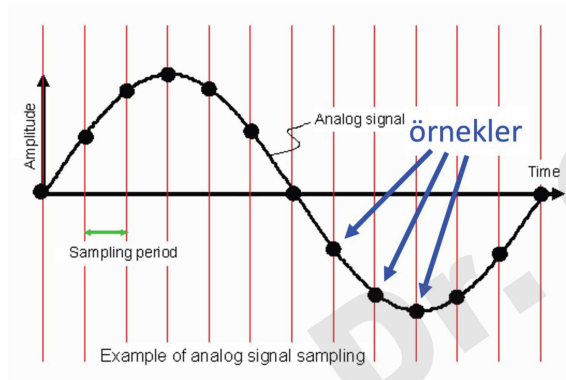
Ayrık Veriler

Analog
Sinyal



Sayısal
Sinyal

Analog verinin ayrık veriye dönüştürülmesi ADC (analog-digital converter) devreler ile yapılır. Bunlar sürekli veri (örn. elektrik akımı) içinde belirli zaman aralıkları ile genlik bilgisi toplar.

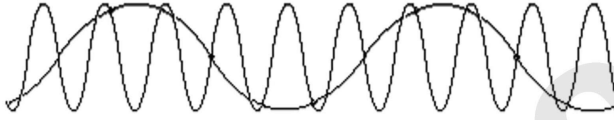


Analog sinyalin özelliğini kaybetmeden yeteri örnekleme aralığı (Δt) ile örnek toplanmalıdır.

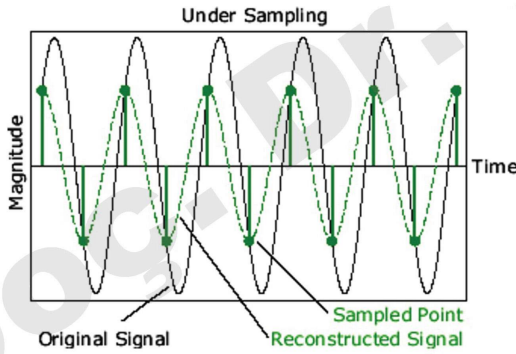
Ayrık Veriler



Yeterli örnekleme



Düşük örnekleme nedeni ile bozulma



Jeofizikte Veri İşlem 88 Doç. Dr. Onur Tan

Yeteri kadar sık örneklenmeyen analog sinyal istenilen çözünürlüğü vermeyecektir ve veri kaybına neden olacaktır.

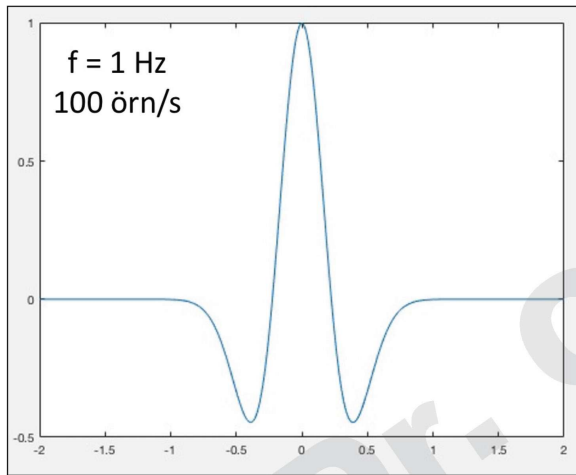
Yanlış örnekleme faz kaymasına neden olabilir. Bu da gerçekten farklı bir sinyalin oluşması anlamına gelir.



Gerçek gözlemsel veri, örnekleme işlemi sonrasında silinir ve örneklemin hatalı olduğu anlaşırsa geriye dönüş olmayacaktır.

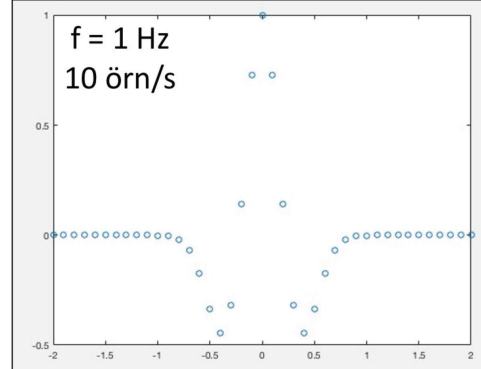
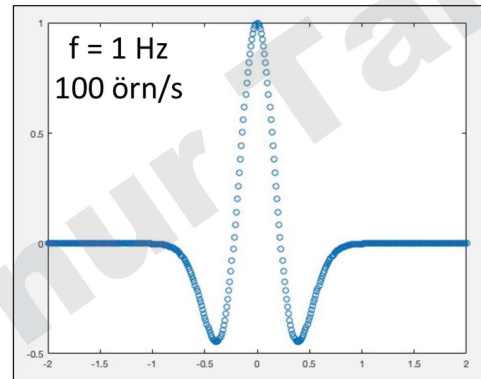
41

Ayrık Veriler



Daha önce oluşturduğumuz Ricker dalgacı gerçekten ayrık veri şeklindedir.

Örnek sayısı çok oldukça analog veri daha iyi temsil edilir. Ancak bu veri hacmini artırır.



Jeofizikte Veri İşlem 88 Doç. Dr. Onur Tan

42

Ayrık Veriler

Ayrık verilerde örnekleme aralığı (Δt), veride gözlenebilecek en yüksek frekans içeriğini belirler.

Örnekleme aralığından hesaplanan en yüksek frekansa Nyquist Frekansı denir.

$$f_{\text{NYQ}} = 1 / (2 * \Delta t)$$

Δt (s)	f_{NYQ} (Hz)	
0.004	125	(sismik)
0.01	50	(sismoloji)
0.1	5	
1.0	0.5	
10	0.05	

Bu haftalık bu kadar ...

