

ELE 515 - 2019/20 BAHAR DÖNEMİ - ÖDEV 2

Aşağıdaki soruları çözerek en geç **3 Mart 2020 Salı** günü saat **23:59a** kadar bana ve dersin asistanına ilgili dosyaları eposta ile gönderin. Ödev gönderimi ve değerlendirmesinde sıkıntı yaşanmaması için lütfen aşağıdaki noktalara dikkat edin:

- Ödevde yer alacak dosya türleri şu şekildedir: i) .m uzantılı MATLAB kodları ve fonksiyonları, ii) .mdl/.slx uzantılı Simulink modelleri, iii) Yaptığınız işleri anlattığınız ve sonuçları yorumladığınız .doc/.docx uzantılı bir rapor, iv) Raporun PDF versiyonu (.pdf uzantılı)
- Kod ve model dosyaları çalışmaya hazır olmalıdır. Dosyalar açılıp **Run** denildiği zaman hatasız çalışmalı ve sonuç vermelidir. Ödevler okunurken dosyaların üzerinde bizler tarafından değişiklik yapılması (bir yerlere ekstra kod eklenmesi, kodun bir bölümünün kapatılarak sadece bir bölümünün çalıştırılması, değişken değerlerinin değiştirilmesi, Simulink modelindeki bağlantıların değiştirilmesi vs.) mümkün değildir. Örneğin *"Senaryo X için Senaryo Ydeki Simulink modelinin aynısı kullanılacak ama çalıştırmadan önce parametreleri şöyle değiştirmeniz gerekli, bir de şu bloğun girişi şuradan alınacak."* şeklinde yorumlar geçersizdir. Böyle bir durum varsa bu değişiklikleri kendiniz yaparak farklı bir model olarak kaydediniz ve **Run** tuşuna basıldığında istenilen sonuçları verdiğinizden emin olunuz.
- Ödevde verilen sistemleri bilmiyorsanız veya unuttuysanız veya modellerini çıkarmakta zorlanıyorsanız ekstra araştırma yapmaktan, kitaplardan, makalelerden, internet sitelerinden faydalanmaktan çekinmeyin. Ancak bunun sonucunda sistemin çalışmasını ve model çıkarımını anladığınızdan emin olun ve raporunuzda bunları kendi cümlelerinizle anlatın. Doğrudan kopyala-yapıştır yapılan sonuç ve yorumların tespit edileceğini ve düşük puan almanıza neden olacağını unutmayın. Kullandığınız bu tür kaynakları mutlaka raporunuzun sonunda *Referanslar* bölümünde numaralandırarak verin. Bir kaynağı rapor içinde kullandığınız nokta neresi ise tam oradan ilgili kaynağa atıf yapmayı ihmal etmeyin.
- Ödevde istenilen çizimlerinizi güzelleştirmek için lütfen başlık koymak, eksenleri isimlendirmek, lejant koymak vb. araçlardan faydalanın.
- Kodlarınızın içine bolca yorum (comment) ekleyin. Yapılan işler raporda ne kadar detaylı açıklanmış olursa olsun bizzat kodların içine de detaylı yorum yazılmalıdır. Yorum içermeyen kodların kötü kod olarak kabul gördüğünü ve düşük puan alacağını unutmayın.
- Ödevlerdeki dosyalar zaman zaman yüksek boyutlara ulaşabiliyor ve okulun eposta kotaları çok düşük olduğu için bizim kotalarımızın dolmasına sebep olabiliyor. Onun için lütfen tüm dosyalarınızı tek bir zip veya rar dosyasında topladıktan sonra okul eposta adreslerimize değil gmail adreslerimize (kasnakoglu@gmail.com ve ele515artunsel@gmail.com) **tek epostada** gönderin; ayrı ayrı iki eposta atmayın, tek epostada ikimize de gönderin.
- rar veya zip dosyalarınızı Ad-Soyad-Numara şeklinde isimlendirin. Dosya isimlerinde Türkçe karakter kullanmayın. Örneğin 111211102 numaralı Coşku Kasnaoğlu isimli

öğrenci, Cosku-Kasnakoglu-111211102.rar veya Cosku-Kasnakoglu-111211102.zip isimli tek bir dosyayı tek epostada yukarıdaki iki adrese göndermelidir.

- İstenen dosyayı **tek epostada** göndermelisiniz, hocaya ve asistana iki ayrı eposta atılması halinde koordinasyon sorunları oluşabilir, ödeviniz kabul edilmeyebilir veya geç gönderilmiş gibi değerlendirilebilir.
- Ödevle ilgili sorularınızı da yine tek epostada hem hocaya hem dersin asistanına gönderin; sadece hocaya gönderilen veya ayrı ayrı gönderilen epostalar cevapsız kalabilir.
- Eğer ödevle ilgili epostanın ötesinde bir desteğe ihtiyacınız varsa dersin asistanından (hocasından değil) randevu talep ederek ofisine (Teknoloji Merkezi No: 112) gidebilirsiniz.

SORU 1

Bu soru, telefon tuşlara basılması ile elde edilen ses sinyallerin frekans bileşenlerinin incelenmesi ve bu sayede hangi tuşa basıldığıнын belirlenmesi ile ilgilidir.

Telefonlarda her tuşa basılması sonucunda bir ses meydana gelir. Bu sesler iki adet frekans bileşeninden oluşmaktadır. Bunlara çift tonlu çoklu frekans (**dual tone multi frequency –DTMF**) denir. Bu anahtar sözcüklerle arama yaparak bu konuyu araştırın. Kısaca (bir iki paragraf) kendi cümlelerinizle (kopyala-yapıştır değil) özetleyerek raporunuza koyun.

Mesela sıfırdan dokuzaya olan tuşları ele alalım. Her bir tuş (rakam) ve bu tuşa basıldığında oluşan sesin frekans bileşenleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

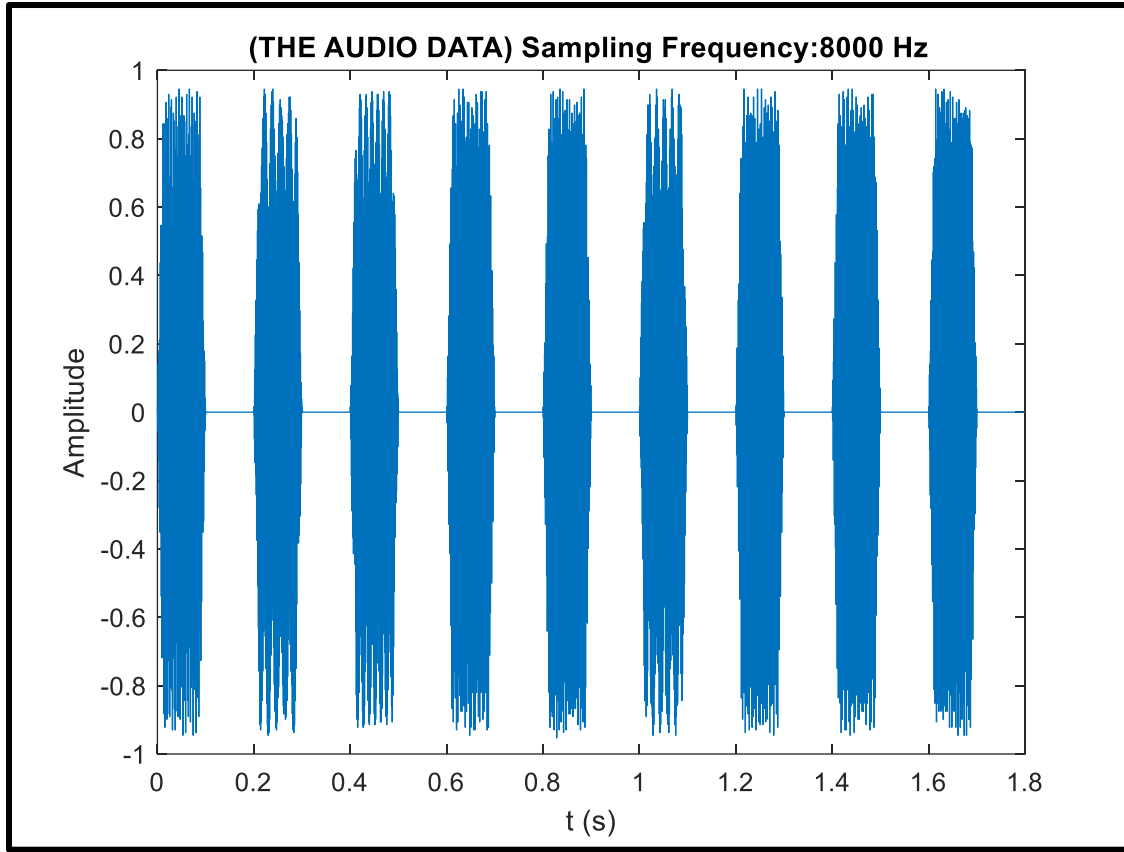
Tablo 1: Rakamlar ve frekans bileşenleri

Rakam	Frekans 1	Frekans 2
0	941	1336
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1477
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1477
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1477

ADIM 1:

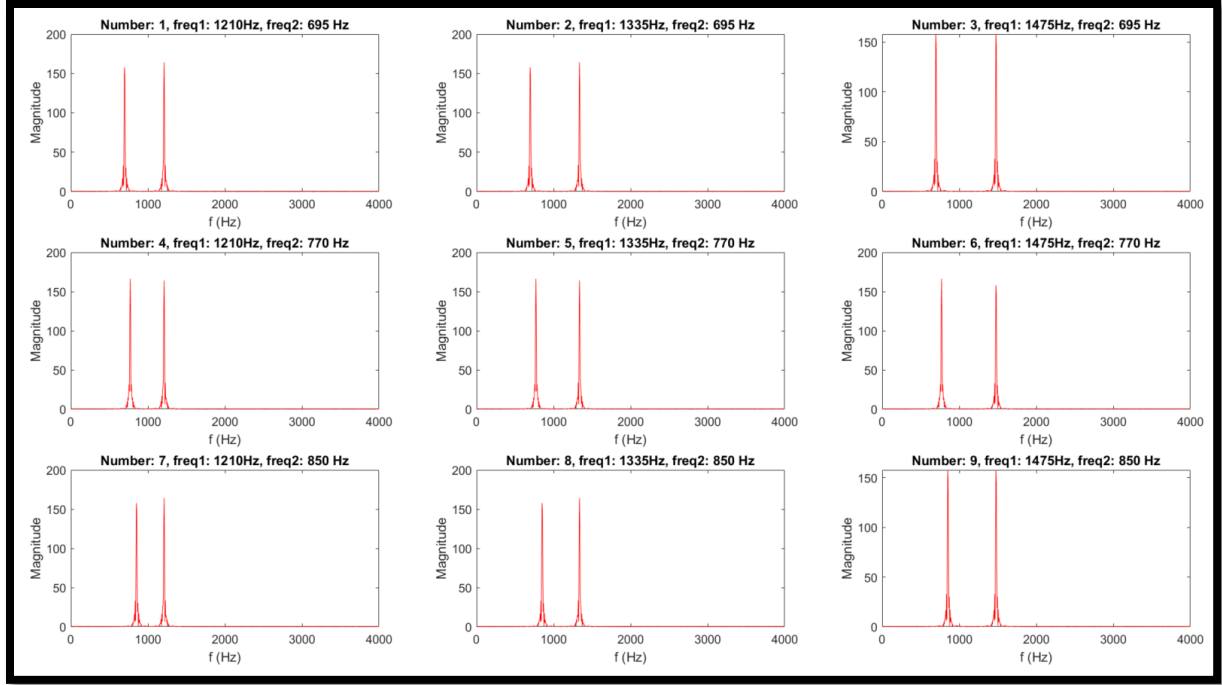
Sitede **sound01.wav** şeklinde örnek bir ses dosyası verilmiştir. Bunu indiriniz ve dinleyiniz. Bu sesin telefonda dokuz adet tuşa basılması sonucunda meydana geldiğini fark edeceksiniz.

audioread MATLAB komutunu dokümantasyonunu okuyun ve öğrenin. Bu komut ile ses dosyasını okuyun, örnekleme frekansını (fs) elde edin ve sinyali çizdirin. Örnek dosya için aşağıdaki gibi bir grafik elde etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafiği raporunuza koyun ve yorumlayın.



ADIM 2:

Sinyali analiz ederek tuş seslerine karşılık gelen parçaları tespit edin. Her parçanın frekans cevabını **fft** komutu ile elde edin. Sinyalin frekans bileşenlerini **subplot** komutunu kullanarak tek bir **figure** içinde çizin. Alt şekillerin her birinin üzerine başlık olarak, ilgili alt sinyali oluşturan iki frekans bileşenini ve karşılık gelen tuşu (rakamı) yazın. Örnek ses dosyası için aşağıdaki gibi bir grafik etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafikleri raporunuza koyun ve yorumlayın.



NOTLAR:

- Örnek ses dosyasında sinyalin örnekleme frekansı 8000 Hz'tir. Dolayısıyla maksimum frekans $8000/2=4000$ Hz olup grafiklerde de frekans eksenini 0-4000 Hz aralığında olmalıdır.
- Kodunuz mümkün olduğunca genel olmalıdır. Sadece verilen örnek ses dosyasını değil, telefon tuş seslerinden oluşan başka dosyalar için de çalışmalıdır. Bununla ilgili bazı bilgiler:
 - Dosyada en fazla dokuz tuş sesi olacağını varsayabilirsiniz. Ama daha az da olabilir.
 - Tuşlara basma süreleri sabit olmayabilir. İki tuşun arasındaki sessizlik süreleri de sabit olmayabilir. Bunlar dosyadan dosyaya da değişebilir.
 - Dosyanın en başında veya sonunda sessiz bir parça olabilir veya olmayabilir.
 - Dolayısıyla nerelerde tuşa basıldığını, nerelerde sessizlik olduğunu programınız otomatik bulabilmelidir.
- Sadece 0-9 rakamlarına karşılık gelen sesleri tanımanız yeterlidir. # ve * tuşları için olan sesleri tanımanız gerekmiyor. Tuş sesleri için Tablo 1'de verilen frekanslar evrenseldir. Ses dosyası bunlardan başka frekans içermeyecektir.
- Kodunuzu denemek için telefonunuzun tuşlarına basarak bilgisayardan kayıt yaparak farklı ses dosyaları üretebilirsiniz. Ya da belli tuş dizileri için DTMF ses dosyaları oluşturup indirebileceğiniz internet sitelerini araştırarak bunları kullanabilirsiniz. Direkt MATLAB altında DTMF sinyalleri oluşturan kodlar da bulup kullanabilirsiniz. Ancak bunları sadece

ses dosyaları oluşturmak için kullanabilirsiniz; tersini yapan (ses dosyasından içindeki tuşları tespit eden) kodları doğrudan kullanmanız elbette yasaktır.

- Yukarıdaki açıklamaların da ışığında, sorudan verilen örnek dosyanın haricinde iki tane daha ses dosyası oluşturun. Bu dosyaları da ödevler beraber gönderin. Programınızı bunlar için de çalıştırarak sonuçlar elde edin, raporunuza koyun ve yorumlayın. NOT: Kodunuzun içinde bizim değişiklik yapamayacağımızı, “*Aynı kod çalıştırılacak, sadece şu satırdaki dosya ismi değişecek*” gibi açıklamaların geçersiz olduğunu unutmayın. Farklı ses dosyaları için farklı .m dosyaları oluşturup o şekilde gönderebilirsiniz.

SORU 2

Bu soru, **fir1** komutu ile **FIR** (Finite Impulse Response) filtre tasarımı ve **butter** komutu ile **IIR** (Butterworth Infinite Impulse Response) filtre tasarımı ile ilgilidir. Soruda yapılacak adımlar aşağıda sıralanmıştır.

ADIM 1:

Özellikleri aşağıda belirtilen beş adet FIR filtreyi **fir1** komutu ile tasarlayınız.

f_s (örnekleme frekansı)	1024 Hz
Filtre tipi	Bant geçiren filtre
$[f_{c1}, f_{c2}]$ (kesim frekansları)	[20,45] Hz
Filtre derecesi	Filtre1 için 60.derece Filtre2 için 90.derece Filtre3 için 120.derece Filtre4 için 150.derece Filtre5 için 180.derece

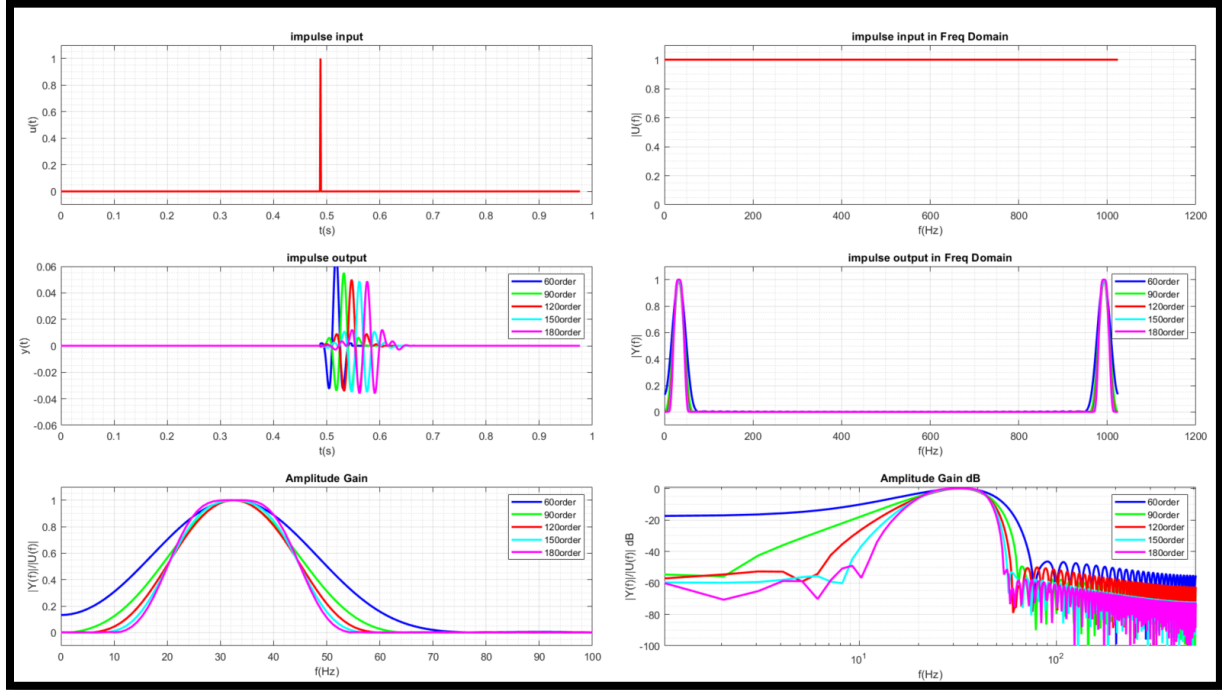
ADIM 2:

- Belli bir zaman anında verilecek şekilde bir dürtü (impulse) sinyali üretin. (Örneğin, [zeros(1,500) , 1 , zeros(1,500)] şeklinde bu sinyali oluşturabilirsiniz.) Oluşturulan sinyali çiziniz (**subplot** komutu ile).
- Bu dürtü sinyalinin frekans bileşenlerini **fft** komutu ile elde ediniz. Oluşturulan frekans bileşenlerini çiziniz (**subplot** komutu ile).
- Oluşturulan dürtü sinyalini, **filter** komutu ile ADIM-1de oluşturduğunuz filtrelere giriş olarak veriniz. Çıkış sinyalleriniz çiziniz. (**subplot** komutu ile) Ek olarak **legend** ile hangi çıkışın, hangi filtreye ait olduğunu belirtiniz.
- Her bir çıkış sinyalinin frekans bileşenlerini, **fft** komutu ile elde ediniz, ve çiziniz. (**subplot** komutu ile ve **legend** ile frekans bileşenlerinin hangi filtrelere karşılık geldiğini belirtiniz)
- Çıkış sinyallerinin frekans bileşenlerini kullanarak, filtrelerin frekans-kazanç grafiklerini elde ediniz. (Frekans ve kazanç eksenleri **linear** olmalı (yani **mutlak** yani **absolute** yani

dB değil) ve **legend** komutu ile hangi kazanç sinyalinin hangi filtreye karşılık geldiği belirtilmelidir.)

- Çıkış sinyallerinin frekans bileşenlerini kullanarak, filtrelerin frekans-kazanç grafiklerini elde ediniz. (Bu sefer frekans eksenini logaritmik olarak çizilmeli ve kazanç eksenleri **desibel (dB)** olarak belirtilmelidir. **legend** komutu ile hangi kazanç sinyalinin hangi filtreye karşılık geldiği belirtilmelidir.)

Bu kısım sonunda aşağıdaki grafiği elde etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafikleri raporunuza koyun ve yorumlayın.



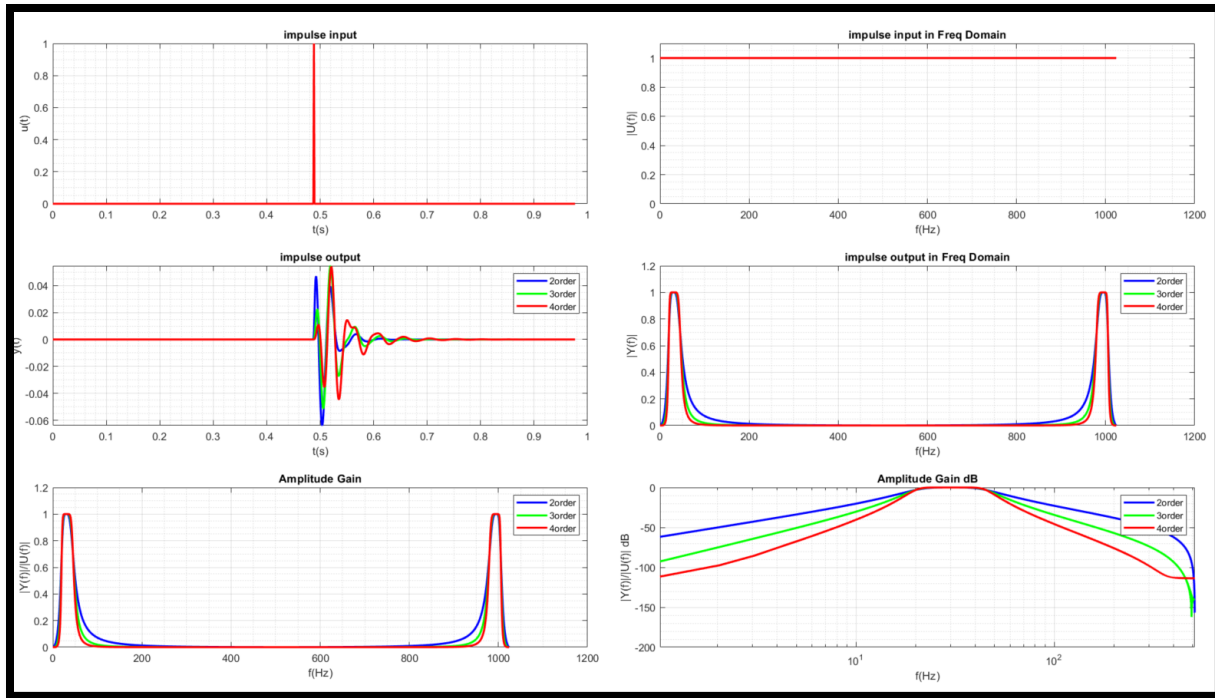
ADIM 3: Özellikleri aşağıda belirtilen beş adet IIR filtreyi **butter** komutu ile tasarlayınız.

f_s (örnekleme frekansı)	1024 Hz
Filtre tipi	Bant geçiren filtre
$[f_{c1}, f_{c2}]$ (kesim frekansları)	[20,45] Hz
Filtre derecesi	Filtre1 için 2.derece Filtre2 için 3. derece Filtre3 için 4. derece

ADIM 4:

- Belli bir zaman anında verilecek şekilde bir dürtü (impulse) sinyali üretin. Mesela (`[zeros(1,500), 1, zeros(1,500)]`) şeklinde bu sinyali oluşturabilirsiniz. Oluşturulan sinyali çiziniz (**subplot** komutu ile).
- Bu dürtü sinyalinin frekans bileşenlerini **fft** komutu ile elde ediniz. Oluşturulan frekans bileşenlerini çiziniz (**subplot** komutu ile).
- Oluşturulan dürtü sinyalini, **filter** komutu ile ADIM-3'te oluşturduğunuz filtreler giriş olarak veriniz. Çıkış sinyallerini çiziniz. (**subplot** komutu ile) Ek olarak **legend** ile hangi çıkışın, hangi filtreye ait olduğunu belirtiniz.
- Her bir çıkış sinyalinin frekans bileşenlerini, **fft** komutu ile elde ediniz ve çiziniz. (**subplot** komutu ile ve **legend** ile frekans bileşenlerinin hangi filtreler karşılık geldiğini belirtiniz)
- Çıkış sinyallerinin frekans bileşenlerini kullanarak, filtrelerin frekans-Kazanç grafiklerini elde ediniz. (frekans ve kazanç eksenleri **linear** olmalı ve **legend** komutu ile hangi kazanç sinyalinin hangi filtreye karşılık geldiği belirtilmelidir.)
- Çıkış sinyallerinin frekans bileşenlerini kullanarak, filtrelerin frekans-Kazanç grafiklerini elde ediniz. (frekans eksenini logaritmik olarak çizilmeli ve kazanç eksenleri **dB** olarak belirtilmelidir. **Legend** komutu ile hangi kazanç sinyalinin hangi filtreye karşılık geldiği belirtilmelidir.)

Bu kısım sonunda aşağıdaki gibi bir grafik elde etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafikleri raporunuza koyun ve yorumlayın.

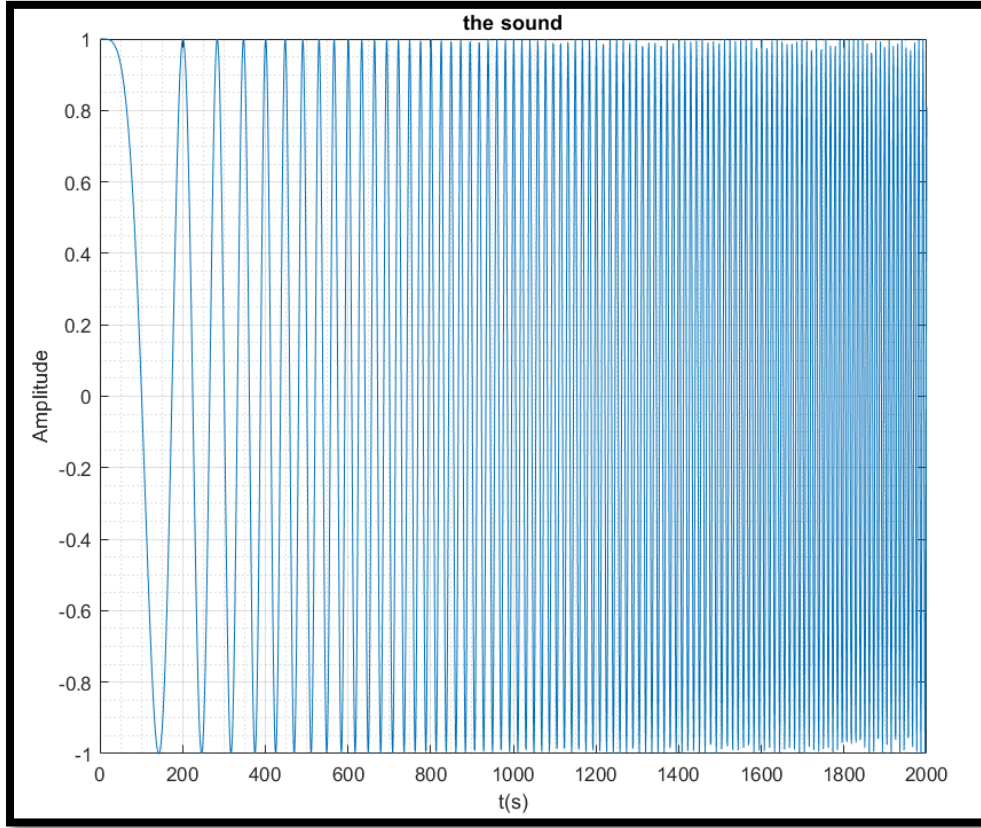


SORU 3

Bu soru, bir sinyalin zaman-frekans karakteristiklerinin analizi ile ilgilidir. Soruda yapılacak adımlar aşağıda sıralanmıştır.

ADIM 1:

$f_s = 1000 \text{ Hz}$ ile örneklenmiş, başlangıç frekansı 0 Hz olan ve $t=2 \text{ s}$ anındaki frekansı 100 Hz olan bir **chirp** sinyali oluşturunuz. Sinyal 2000 örnekten oluşmaktadır: $(2\text{s})(1000\text{Hz})=2000$ örnek. (2001 çıkarsa son örneği atın). Oluşturulan chirp sinyalini çiziniz.



Şekildeki gibi bir grafik elde etmeniz beklenmektedir.

ADIM 2:

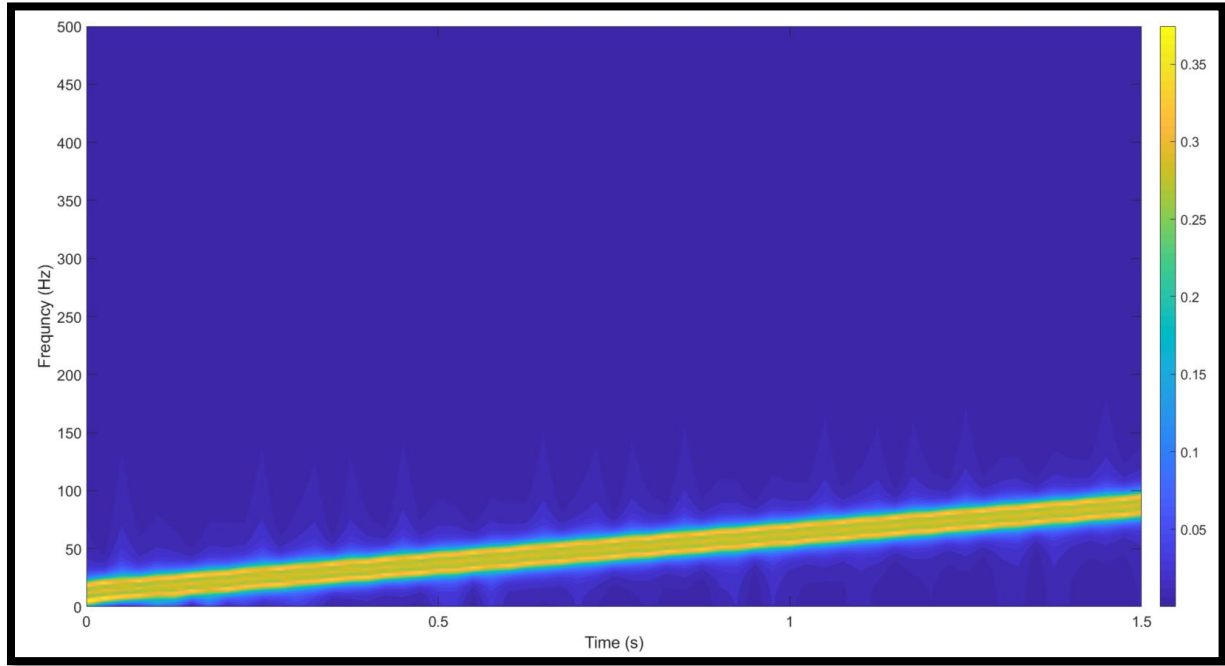
Oluşturulan bu sinyalin, ilk 500 örneğini içeren bir sinyal oluşturunuz. (Bu 500 örnekli sinyallere, bu noktadan sonra, **pencere (window)** denecektir.) Bu pencerenin frekans bileşenlerini **fft** komutu ile elde ediniz. Ardından bu pencereyi **25 örnek ilerletiniz** ve tekrar bu **500 örnek uzunluğundaki pencerenin** frekans bileşenlerini elde etmek için **fft** komutunu kullanınız. Bu işlemi sinyalin sonuna kadar gerçekleştiriniz. Elde ettiğiniz frekans bileşenlerini, karşılık gelen pencere (yani zaman aralığı) değerleri ile birlikte kaydediniz.

NOT 1: Burada kritik parametreler, sinyal uzunluğu=2000 örnek, pencere uzunluğu=500 örnek, pencere adım uzunluğu=25 örnek, olarak verilmiştir.)

NOT 2: Bu işlem, $\frac{(sinyal\ uzunlugu - pencere\ uzunlugu)}{adım\ uzunlugu} + 1 = \frac{(2000 - 500)}{25} + 1$ defa yapılacaktır.)

Son olarak chirp sinyalinin zaman-frekans grafiğini, **contourf**, **surf**, ya da **imagesc** komutlarını kullanarak çiziniz.

Aşağıda verilen grafiğe benzer bir sonuç elde etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafiği raporunuza koyun ve yorumlayın.



NOT 1: Bu grafik oluşturulurken **contourf** komutu kullanılmıştır, ancak buna benzer bir şekil oluşturabilecek başka komutlar da kullanabilirsiniz)

NOT 2: Bu soru için MATLAB'ın **spectrogram** komutunu **kullanılmamalıdır**.

SORU 4

Bu soru, bir doğrusal olmayan (nonlinear) bir sistemin durumlarının (state) zaman ve frekans karakteristiklerinin analizi ile ilgilidir. Soruda yapılacak adımlar aşağıda sıralanmıştır.

ADIM 1:

Aşağıdaki dinamik denklemleri verilen 3 boyutlu doğrusal olmayan sistemin MATLAB altında **ode45** komutu ile simülasyonunu gerçekleştiriniz.

$$\dot{x} = \sigma(y - x)$$

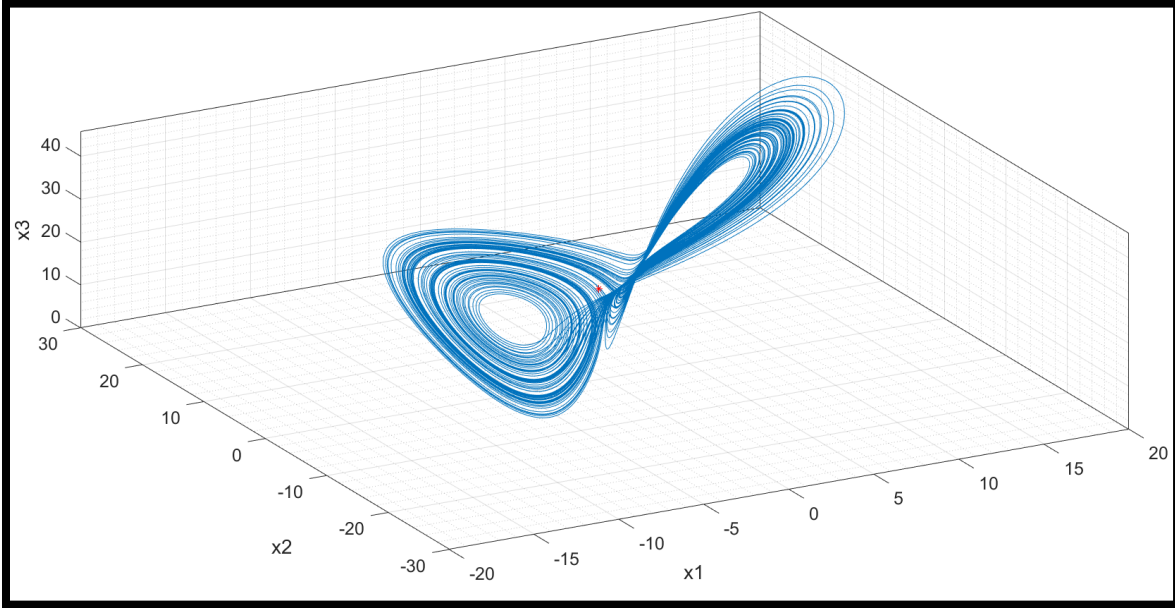
$$\dot{y} = x(\rho - z) - y$$

$$\dot{z} = xy - \beta z$$

Sistem parametrelerini $\sigma = 10, \rho = 28, \beta = \frac{8}{3}$, başlangıç koşulu $x(0) = 0, y(0) = 1, z(0) = 20$ ve simülasyon süresini **100 s** alınız.

ADIM 2:

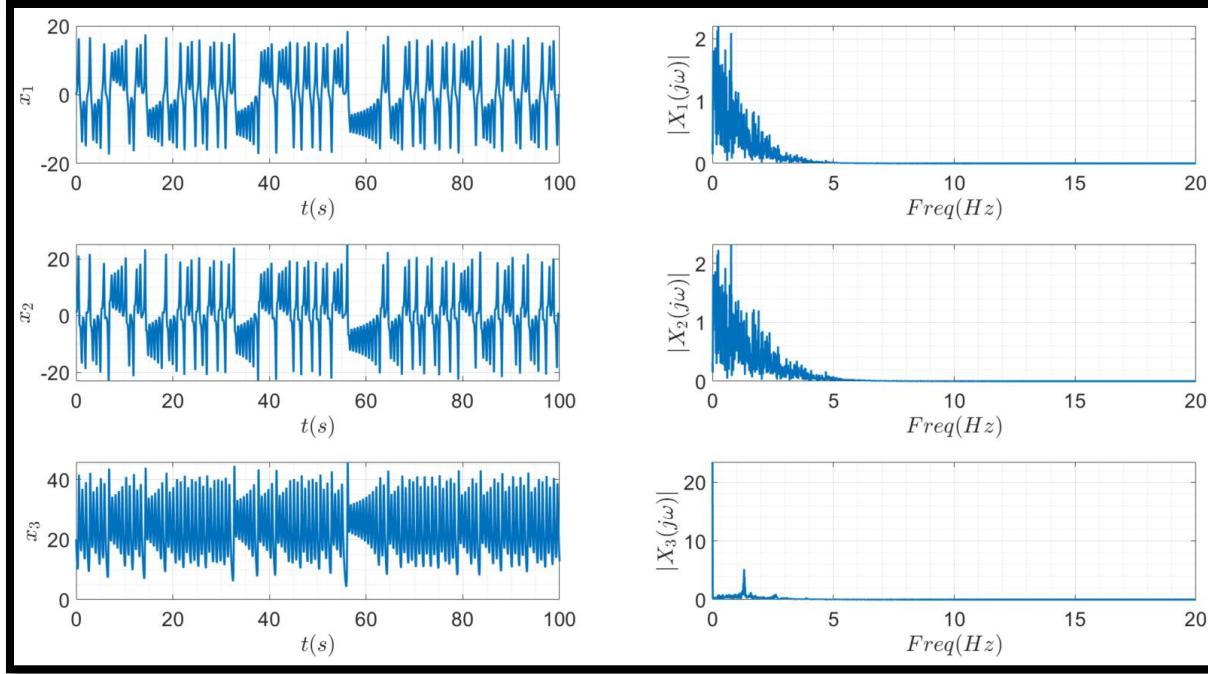
Simülasyon sonucunda elde edilen sistem durumlarını aşağıda gösterildiği gibi üç boyutlu olarak çizin. $t = 0$ anında sistemin başladığı noktayı * ile gösteriniz.



ADIM 3:

Simülasyon sonunda, sistem durumlarının her birinin frekans bileşenlerini MATALB **fft** komutu ile belirleyiniz. Sistem durumlarının her birini önce zaman ekseninde, sonra frekans ekseninde çiziniz. (**subplot** komutları kullanın. Eksenler hep lineer olsun, yani logaritmik eksen, dB kullanmayın.)

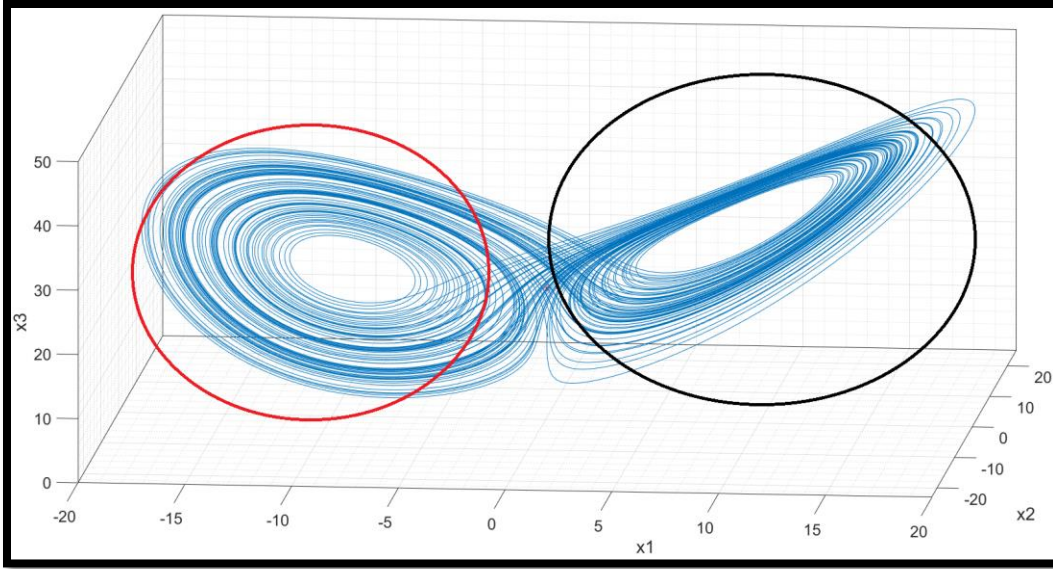
Bu adım sonunda aşağıda verilen grafiğe benzer bir sonuç elde etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafikleri raporunuza koyun ve yorumlayın.



NOT 1: Sistemin ode45 ile simülasyonunda, ode45 fonksiyonuna bir takım argümanlar girilir. ode45 fonksiyonunun nasıl çalıştığı, bu adımdaki belirtilen problemin çözümü için önemlidir.

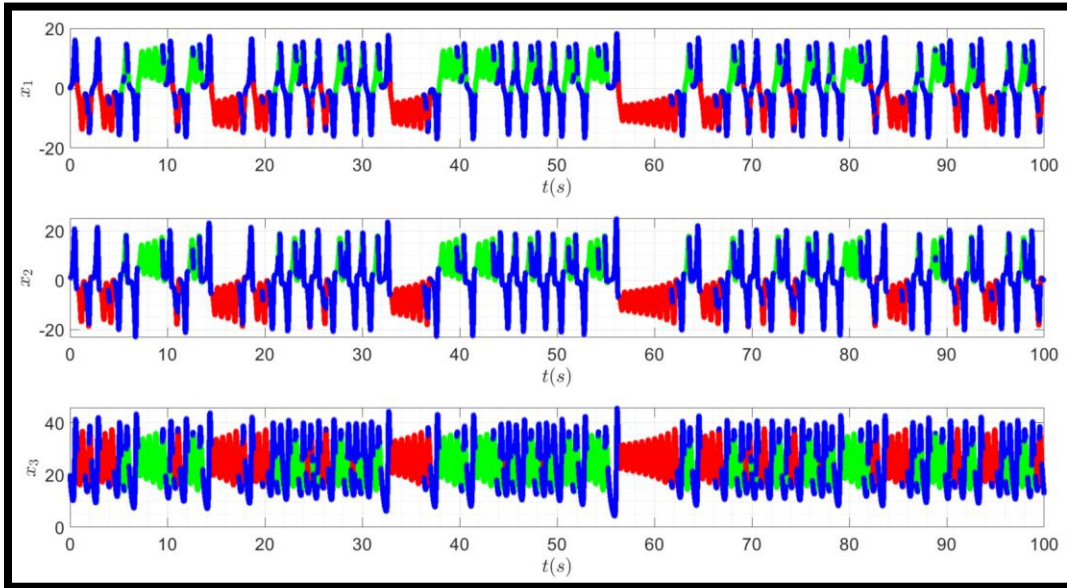
NOT 2: MATALB **fft** komutunun belirli bir örnekleme frekansında elde edilen sinyaller üzerinde kullanıldığını hatırlayın. Bu nedenle **ode45** komutu kullanılırken belirli bir zaman aralığı girmek yerine, bir **örnekleme periyodunda** çıkış verecek şekilde argümanlarını ayarlamak gerekir.

NOT 3: Verilen grafik **ode45** ile sistemin simülasyonundan elde edilen değerler ile oluşturulmuştur. Sistem 100 s suresince simule edilmiş ve örnekleme periyodu olarak $T_s = 1 \text{ ms}$ seçilmiştir. Dolayısı ile sistemde mevcut olabilecek maksimum frekans, örnekleme frekansının yarısı olup, 500 Hz'tir. Ancak verilen grafikte, alçak frekans bileşenlerinin daha yakından incelenmesi amacı ile sadece 0-20 Hz aralığı çizdirilmiştir.

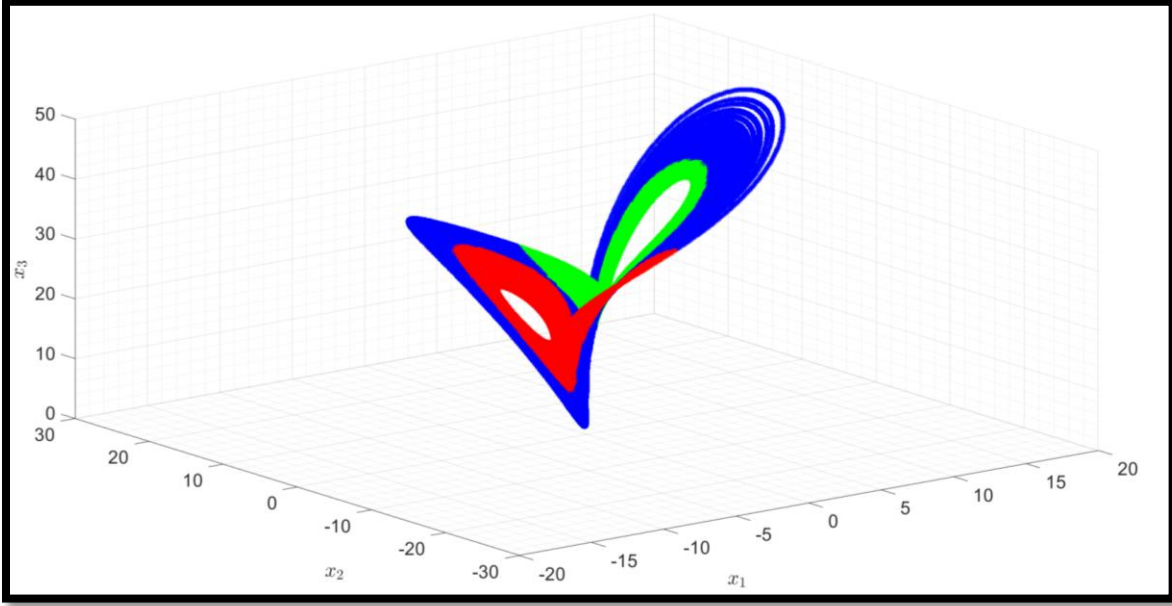


Şekil incelendiğinde dönen yörüngeler göze çarpmaktadır. Bunlar kabaca iki merkez etrafında dönmekte, zaman zaman bir merkezin yörüngesinden diğerine geçmektedir.

- Bu iki merkezi yaklaşık olarak bulun. Bir yarıçap değeri seçin (10-15 civarı olabilir) ve bu merkezler etrafında seçtiğiniz yarıçapta küresel bölgeleri belirten kırmızı ve siyah sınırlar çizerek yukarıdaki gibi bir şekil elde edin.
- Yörüngelerin hangi zamanlarda kırmızı küre içinde, hangi zamanlarda siyah küre içinde, hangi zamanlara da bunların dışında yer aldığını tespit edin.
- x , y ve z durumlarının zamana karşı değişimleri çizdirin. Durumların bu küresel bölgeler içinde ve dışında yer aldıkları kısımları uygun renklerle çizdirerek aşağıdaki gibi bir şekil elde edin. Elde edilen grafikleri raporunuza koyun ve yorumlayın.



- x,y,z durumlarını üç boyutlu olarak çizdirin. Durumların kürelerin içinde veya bunlar dışında yer aldıkları kısımları belirten şekilde çizgileri renklendirin. Aşağıdaki gibi bir çizim elde etmeniz beklenmektedir. Elde edilen grafiği raporunuza koyun ve yorumlayın.



ADIM 4

Bu soruda verilen diferansiyel denklemler aslında matematik ve sistem teorisinde oldukça bilinen ve çeşitli uygulamaları olan bir sistemi temsil etmektedir. Gerekli araştırmaları yaparak bu sistemin ismini ve özellikleri öğrenin. Sistemin neden ilginç olduğundan bahsedin. Parametrelerin ne anlama geldiğini ve sistem davranışını nasıl etkilediğini belirtin. Sistemin uygulamalarından bahsedin.

NOT: Bu açıklamaların çok uzun olmasına gerek yok ancak kendi cümlelerinizle yazmalısınız. İnternette kopyala yapıştır yapılan kısımların artık intihal yazılımları tarafından kolaylıkla tespit edildiğini unutmayın.