

Gemi Akustik İz Analizi Ship Acoustic Signature Analysis

Umut Firat¹, Tayfun Akgül²

¹Bilişim Teknolojileri Enstitüsü
TÜBİTAK BİLGEM
umut.firat@tubitak.gov.tr

²Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi
tayfunakgul@itu.edu.tr

Öz

Pervane ve makine kaynaklı gemi gürültülerinden çıkarılan frekans hatları su altı hedef sınıflandırmada kullanılan en önemli verilerdir. Kaviteleme sonucu ortaya çıkan genlik modülasyonlu geniş bant pervane gürültüsü zımnen pervane tonellerini içerirken gemi itki sistemi ve yardımcı makinelerinin su altına yayılan dar bant bileşenleri makine tonellerini oluşturur. Zarf tespitine dayalı Demon ve alçak frekans analizine dayalı Lofar yöntemleri sırasıyla pervane ve makine tonellerinin tespiti için başvurulan temel yöntemlerdir. Bu çalışmada, bu iki yöntemin hedef sınıfını belirlemede nasıl kullanılabileceği İstanbul Boğazı'nda kaydedilmiş gerçek gemi gürültülerinden yararlanılarak tartışılmaktadır. Farklı tipte gemilerin farklı frekanslarda pervane ve makine tonelleri ürettiği gösterilmiştir. Yaşanan başlıca zorluklar arasında, durağan olmayan sinyallere yol açan çevresel şartlar ve gemi gürültülerinin kontrollü deneylerle kaydedilmemiş olması sayılabilir. Gelecek çalışmalarda bu zorlukları aşmak için farklı yöntemler denenmelidir.

Anahtar kelimeler: Gemi gürültüsü, Demon, Lofar

Abstract

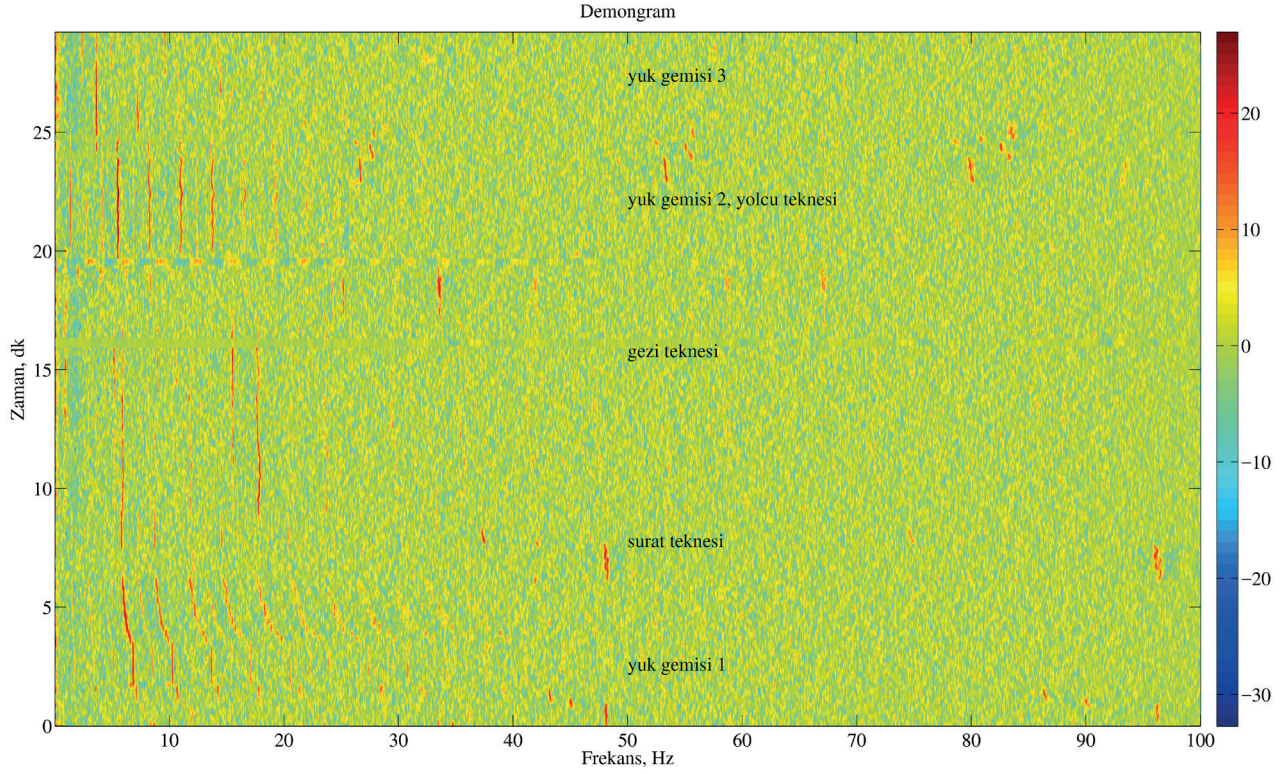
The frequency lines extracted from ship-radiated propeller and machinery noise give the essential information for underwater target classification. Amplitude modulated broadband propeller noise imposed by cavitation contains the implicit propeller tonals while underwater-radiated narrowband propulsion and auxiliary machinery noise gives rise to machinery tonals. Detection of these propeller and machinery tonals are mainly handled by an envelope detection method, Demon and by a low frequency analysis method, Lofar, respectively. In this paper we discuss the utilization of these methods on the identification of targets employing real-world ship noise recorded in the Strait of Istanbul. We showed that different ship types yield different propeller and machinery tonal frequencies. Main challenges are environmental conditions causing nonstationary signals as well as lack of data from controlled experiments. Thus, future work should include the investigation of suitable methods to cope these challenges.

Keywords: Ship-radiated noise, Demon, Lofar

1. Giriş

Gemilerin su altında yayılan gürültülerinin baskın bileşeni pervane kaviteleme sonucu ortaya çıkan geniş bant gürültüdür [1]. Kaviteleme, pervane kanatları üzerinde oluşan hava kabarcıklarının, pervane kanatlarının dikey ekseninde dönüşü sonucu azalan statik basınç nedeniyle patlamasıdır [2, Bl. 7]. Pervane şaftının dönüş hızı belirli bir değeri aştığında görülen bu olgu, pervanenin periyodik dönüşü sonucu geniş bant gürültünün genliğinin modülasyonuna yol açar [2, Bl. 8]. Modüle eden sinyal frekans uzayında pervane (ya da kaviteleme) tonelleri adıyla anılır. Farklı gemi sınıfları için belirli frekans aralıklarında beliren bu tonellerin tespiti sonar hedef sınıflandırmadaki en önemli aşamalardan biridir [3-6]. Pervane tonelleri hidrodinamik süreçlerin sonucudur. Ancak gemilerin su altında yayılan gürültüleri mekanik kaynaklı da olabilir. Gemilerin akustik izlerine katkı sağlayan gemi makineleri dar bant karakteristiğe sahip mekanik kaynaklı gürültülerdir ve temelde iki çeşittir. Biri, geminin itki sisteminden kaynaklanan, diğeri ise yardımcı makinelerin ürettiği gürültüdür.

İtki sisteminden kaynaklanan gürültünün ana bileşeni pervaneyi tahrik eden ana makine gürültüsüdür. Günümüzde gemi ana makineleri çoğunlukla dizel tabanlı olmakla birlikte gaz türbini kullanan gemiler de mevcuttur. İtki sisteminden kaynaklı bir diğer gürültü de aktarma sisteminin sebebiyet verdiği gürültüdür. Gerekli torku üretmek için, ana makine şaftının dönüş hızını azaltarak pervane şaftına ileten dişli çark sistemleri bu türden gürültü kaynaklarıdır. Bunun dışında gemi içerisinde servis ve yardım amaçlı kullanılan makineler de gürültü üretmektedir. Gemi makineleri kaynaklı tüm bu bileşenler, 100 kHz'e kadar [2, Bl. 8] yayılabilen pervane gürültüsünün aksine temelde 1 kHz'e [7] kadar görülen düşük frekans bölgesinde yer alır ve makine tonelleri adıyla anılır. Bu bileşenlerin pervane tonelleri ile birlikte tespiti durumunda gemi sınıfı hatta ilgili sınıfa ait belirli bir gemi teşhis edilebilir. Pervane tonellerinin çıkarımı amacıyla literatürde ve pratik sonar uygulamalarında en çok kullanılan yaklaşım Gürültüde Genlik Modülasyonu Tespiti (Detection of envelope modulation on noise – Demon) adıyla anılan yöntemdir [8]-[15]. Bu yöntem, kabaca, işaretin karesinin alınması ve sonrasında alçak geçiren bir süzgeçten geçirilmesi ile zarf



Şekil 1 – BANAS ile Beykoz açıklarında kaydedilmiş gemi gürültülerine ait Demongram. Kayıt uzunluğu yaklaşık 29 dk, frekans çözünürlüğü yaklaşık 0,05 Hz.

sinyalini kestirir. Bu sinyalin izgesi de, pervane tonellerini verir.

Makine tonellerinin çıkarımı için kullanılan standart yöntem ise, Düşük Frekans Analizi ve Kaydı (Low frequency analysis and recording – Lofar)’dır [16]. Adından da anlaşılacağı gibi düşük frekansta Fourier analizine dayanmaktadır.

Pervane ve makine tonellerinin zamanla değişen frekans ve güçlerini takip edebilmek için Kısa Zaman Fourier Dönüşümü (KZFD)’ndeki gibi uzun bir sinyalin kısa pencerelerde analizi gerekir. Bu analiz sonucu elde edilen pervane ve makine tonelleri zaman-frekans temsilleri, sonar literatüründe, sırasıyla Demongram ve Lofargram olarak adlandırılır.

Bu çalışmanın amacı, İstanbul Boğazı’ndan transit geçen ya da iki yaka arasında çalışan gemilerin akustik izlerinin çıkarılması, izlenmesi ve sınıflandırılması için Demon ve Lofar yöntemlerinin nasıl kullanılabileceğini tartışmaktır. Bunu için, Boğaziçi Ortam Gürültüsü Kayıt Sistemi (Bosporus Ambient Noise Acquisition System – BANAS [17]) ile kaydedilmiş ve farklı tipte gemilerin gürültülerini içeren verilerin Demongram ve Lofargram temsilleri verilmektedir.

Makalenin ikinci bölümünde Demon ve Lofar yöntemleri tanıtılmaktadır. Üçüncü bölümde, BANAS ile kaydedilmiş verilerin Demongram ve Lofargram örnekleri verilmekte ve analiz sonuçları tartışılmaktadır. Dördüncü bölümde genel sonuçlar irdelenmekte ve gelecek çalışmalar verilmektedir.

2. Gemi Gürültü Analizi

Bu bölümde, gemilerden yayılan modülasyonlu geniş bant ve dar bant akustik izlerin analizinde standart araçlar olarak kullanılan Demon ve Lofar yöntemleri tanıtılmaktadır.

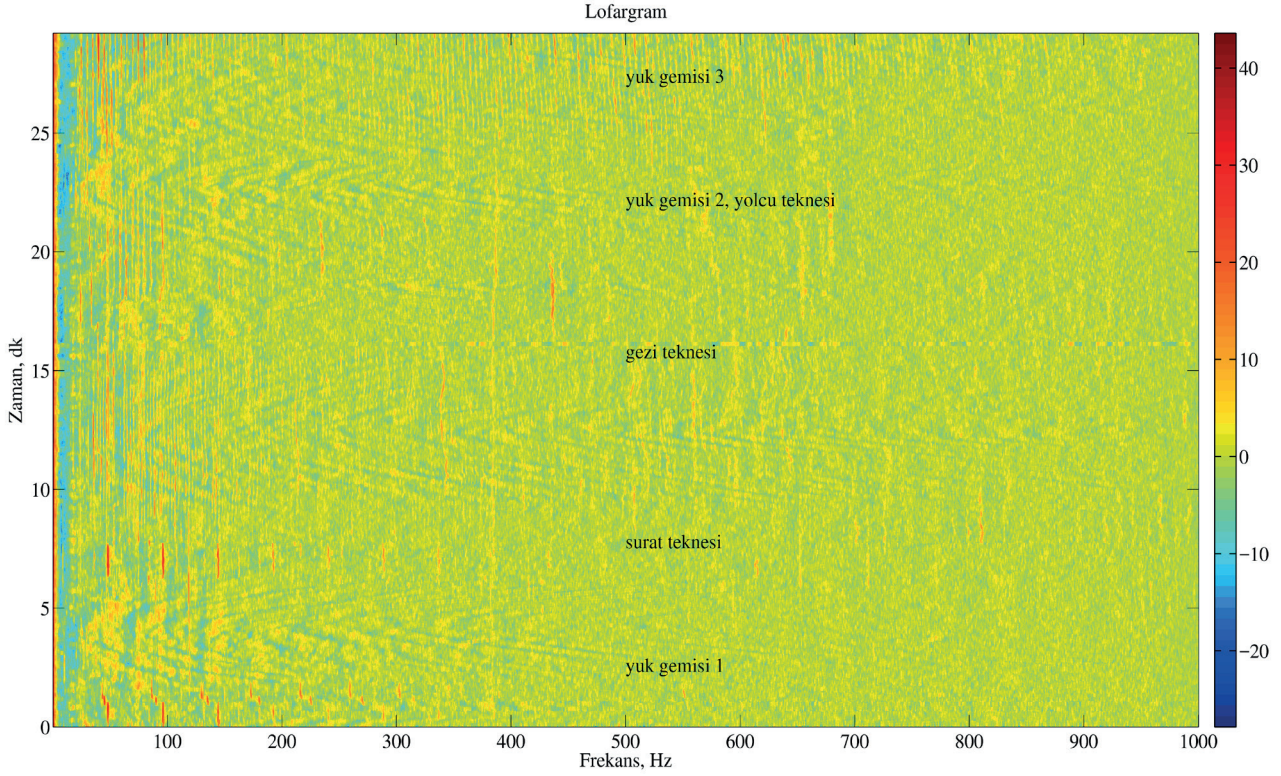
2.1. Demon

Pervane kavitasyonu sonucu meydana gelen patlamalar, her bir pervane kanadı düşük basınç bölgesinden geçerken gerçekleşir. Dolayısıyla, modüle eden sinyal, Pervane Şaftı Dönüş Hızı (Propeller Shaft Rate – PSR) ile Pervane Kanat Sayısı (Number of Blades – NOB)’nın çarpımı ile elde edilen Kanat Dönüş Hızı (Blade Rate – BR) olarak bilinen frekansta bileşenler içerir; $(BR) = (PSR) * (NOB)$.

Kanatlardan biri fiziksel olarak diğerlerinden farklılaşmışsa daha fazla kavitasyona sebebiyet verebilir. Herhangi bir kanadın dönüş hızı pervane şaftınınkiyle aynı olduğundan bu farklılaşmış kanat PSR frekansında ve harmoniklerinde bileşenler üretebilir.

Geminin birden fazla pervaneye sahip olması ve bu pervanelerin çevresel/yapısal etkenlerden dolayı farklı hızlarda dönmesi sonucu birden fazla PSR ve BR belirebilir. Böylece frekans analizinde geminin Şaft Sayısı (Number of Shafts – NOS) da tespit edilebilir. Bunun için farklı pervane tonellerinin frekans uzayında ayrılabilmesi gerekir. Frekans çözünürlüğünün farklı PSR’lerin ayrılmasına yetmediği durumda her bir pervanenin ürettiği BR ya da daha yüksek frekanslardaki harmoniklerinin ayrılabilmesi daha olasıdır.

Pervane tonellerinin frekans analizinde kullanılan temel yöntem Demon’dur. Bu yöntem haberleşme literatüründen borç alınan bir kavram olan zarf işaretini kestirir. Bunun için öncelikle geniş bant kavitasyon gürültüsünün baskın olduğu frekans bandında bir bant geçiren süzgeç sinyale uygulanır. Böylece, kavitasyon görülmeyen bantlardaki istenmeyen gürültü azaltılır. Sonraki aşamada süzülen işaretin karesi alınarak işaret zarfı elde edilir. Tipik PSR ve BR değerleri çok düşük frekanslarda olduğundan zarf işaretleri alt örneklenir. Son aşamada ise, izge kestirimi yapılarak Demon izgesi elde edilir.



Şekil 2 – BANAS ile Beykoz açıklarında kaydedilmiş gemi gürültülerine ait Lofargram. Kayıt uzunluğu yaklaşık 29 dk, frekans çözünürlüğü yaklaşık 0,5 Hz.

Bu işlem her bir sinyal penceresinde gerçekleştirilerek Demogram oluşturulur.

2.2. Lofar

Giriş bölümünde bahsedildiği gibi günümüzde gemiler genellikle dizel ana makinelerine sahiptir. Dizel gürültüsünü üreten en önemli etken silindirlereki piston vuruşlarıdır. Bu vuruşlar darbe tipi bir titreşim üretir ve tekne üzerinden su altına yayılır. Belirli bir silindirde gerçekleşen vuruşların frekansı Silindir Ateşleme Hızı (Cylinder Firing Rate – CFR) olarak adlandırılır. Bütün silindirlere gerçekleşen vuruşların frekansı ise Makine Ateşleme Hızı (Engine Firing Rate – EFR) adıyla bilinir ve Silindir Sayısı (Number of Cylinders – NOC) ile CFR'nin çarpımıyla bulunur, $(EFR) = (CFR) * (NOC)$. Dizel makine iki zamanlı ise, Krank Mili Hızı (Crankshaft Rate – CSR) CFR'ye eşit; dört zamanlı ise CFR'nin iki katıdır, $(CSR) = 2 * (CFR)$. Tüm bu bileşenler darbe tipi periyodik gürültüler sonucu olduğundan frekans analizinde çok sayıda harmonik görülebilir.

Gemilerde, itki sistemi kaynaklı bir diğer gürültü dişli gürültüsüdür. Dişli aktarım sistemi farklı devirlerdeki itki sistemlerinin arasındaki geçişi sağlar. Dişli üretim hataları, dişli hizalama hataları, dişli sertliği, dişli adımı ve en önemlisi dişlerin birbirlerine temasından kaynaklanan vuruşlar dişli gürültüsünü meydana getirir. Dişli gürültüsü izgesi incelendiğinde dişli çarkının hızına ve çark üzerindeki diş sayısına bağlı frekans bileşenleri gözlenebilir.

İtki sistemi dışında gemilerin akustik izlerine katkı yapan diğer bir mekanik kaynak yardımcı makinelerdir. Jeneratörler, tulumalar, fanlar, pompalar, klima üniteleri ve kompresörler gibi destek sistemleri makina gürültüsünde önemli rol oynamaktadırlar.

Makine gürültüleri düşük frekanslarda görülür ve dar bant bileşenler içerir. Makine tonelleri adıyla da adlandırılan bu bileşenler Lofar yöntemi ile kestirilir. Lofar, kısaca, sinyalin alt örneklenmiş halinin güç izgesini verir. Bu işlem her bir sinyal penceresinde gerçekleştirilerek Lofargram oluşturulur. Gelecek bölümde, gerçek dünya kayıtlarından elde edilmiş Demogram ve Lofargram örnekleri ve bunların gemi sınıflandırmada kullanım biçimleri verilmektedir.

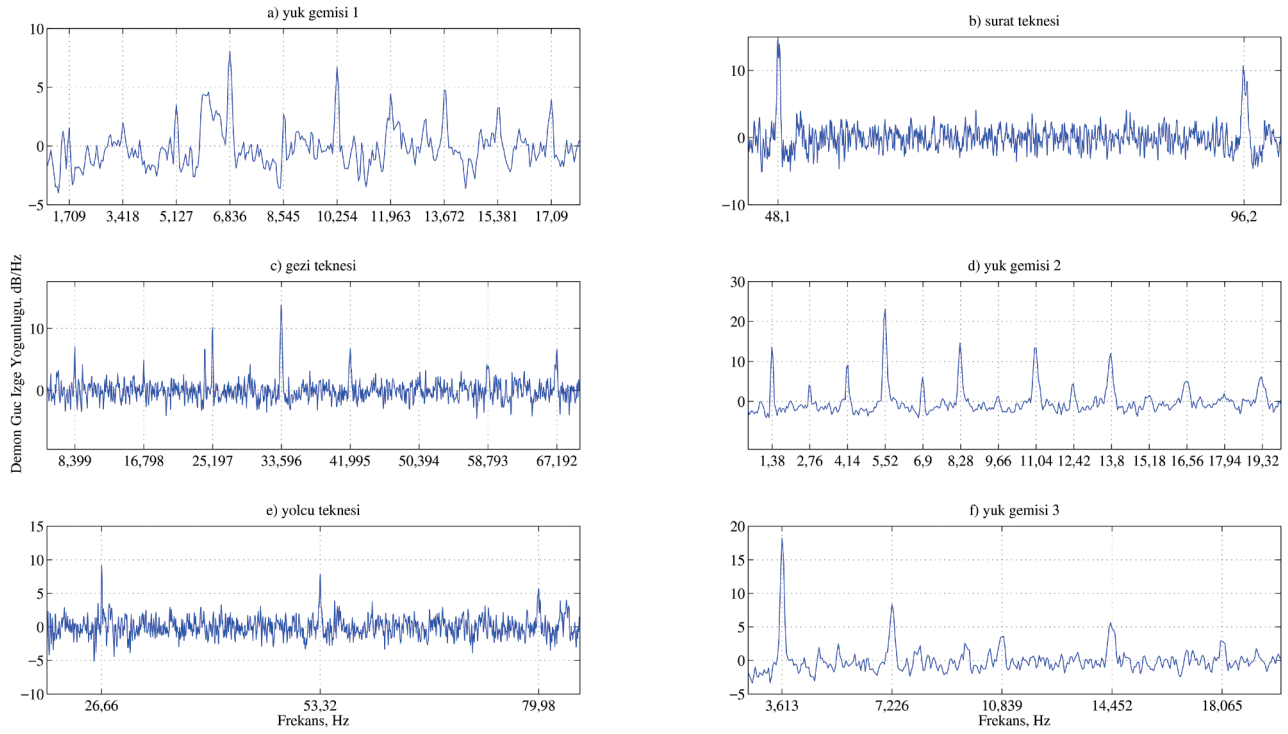
3. Nümerik Örnekler

İstanbul Boğazı yoğun ticari denizcilik faaliyetlerinin yapıldığı önemli bir rota üzerinde yer alır. Boğazı transit geçen çeşitli tipte yük gemilerinin yanında iki yaka arasında çalışan yolcu, sürat ve gezi tekneleri gibi deniz araçları yoğun bir trafik oluşturur.

Bu çalışmada, gemi akustik iz analizi için BANAS ile Beykoz açıklarında kaydedilmiş veriler¹ kullanılmıştır. Bu veriler, literatürde fırsat gemileri (ship of opportunity) olarak bilinen gemilere ait gürültüleri içermektedir. Bir geminin akustik izinin kontrollü deneylerle ölçülmesi pahalı bir süreçtir. Hali hazırda ölçüm sahasından geçen fırsat gemileri bu amaçla tercih edilmektedir. Bu durumun getirdiği dezavantaj ise, gemilerin ayrıntılı pervane ve makine bilgilerinin bilinmemesi, dolayısıyla iz analizinin doğrulamasındaki zorluklardır.

Bu sebeple, yukarıda sayılan gemi sınıflarının Demon ve Lofar analizleriyle sınıflandırılabilmesi için pervane ve makine tonellerinin frekansları kabaca bilinmelidir. Örneğin, modern yük gemilerinin tipik PSR değerleri 1,25-2,25 Hz arasındadır [2, Bl. 8]. Yine tipik olarak 4 ila 6 kanatlı

¹BANAS verileri tüm ilgili araştırmacıların kullanımına açıktır. İletişim: Tayfun Akgül, tayfunakgul@itu.edu.tr



Şekil 3 – BANAS ile Beykoz açıklarında kaydedilmiş gemi gürültülerine ait ortalama Demon izgeleri. Frekans çözünürlüğü yaklaşık 0,05 Hz.

pervanelere sahiptirler. Dolayısıyla, Demon izgesinde 5 ila 13,5 Hz arasında BR bileşenleri beklenir.

Literatürde yük gemileri dışındaki gemi tiplerinin beklenen pervane tonel frekansları hakkında yeterli nicelik ve nitelikte çalışma yoktur. Kayda değer çalışmalardan birinde [18], farklı yolcu gemileri için 13 Hz civarı ve harmoniklerinde toneller kaydedilmiştir. Yine aynı çalışmada, farklı tipte sürat teknelerinin 25-50 Hz temel frekanslarında ve bu frekansların harmoniklerinde toneller ürettiği gözlenmiştir.

Demon analizi, pervane tonelleri arasındaki ilişki tek bir denklemle ifade edildiği için, çok sayıda makinenin (ana makine, dişli aktarım sistemi, yardımcı makineler) birbirleriyle ilişkisi sonucu oluşan makine tonellerinin analizinden çok daha kolaydır. Makine tonellerinin anlaşılabilmesi için ise Lofar analizi sonucu elde edilen çok sayıda dar bant bileşenin birbirleri arasındaki ilişkinin tespiti şarttır.

Bu çalışmada kullanılan verilere ait kısıtlı gözlem bilgileri mevcuttur. Ölçüm sistemine, kabaca en yakın yaklaşma noktasından (Closest Point of Approach – CPA) geçen gemilerin geçiş zamanları kaydedilmiştir. Şekil 1 ve 2'de sırasıyla Demongram ve Lofargram'ı görülen yaklaşık 29 dakikalık veri için ilgili gözlem notları gözlemin yapıldığı zamana denk gelecek şekilde gramlarda gösterilmiştir.

Demongram incelendiğinde tüm gemi tiplerine ait pervane tonelleri açıkça görülmektedir. Örneğin, "yuk gemisi 1" için 2-8 dk aralığında yaklaşık 1,71 Hz'ten 1,46 Hz'e doğru azalan PSR bileşeni ve yaklaşık 6,84 Hz'ten 5,81 Hz'e doğru azalan BR bileşeni gözlenmektedir. Bu bilgilerden, ilgili geminin 4 kanatlı pervaneye sahip bir yük gemisi olduğunu söylemek mümkündür.

Demongram'ın 6-7,5 dk aralığında yaklaşık 48,14 Hz ve 96,28 Hz'te iki adet pervane toneli mevcuttur. Bu kadar yüksek

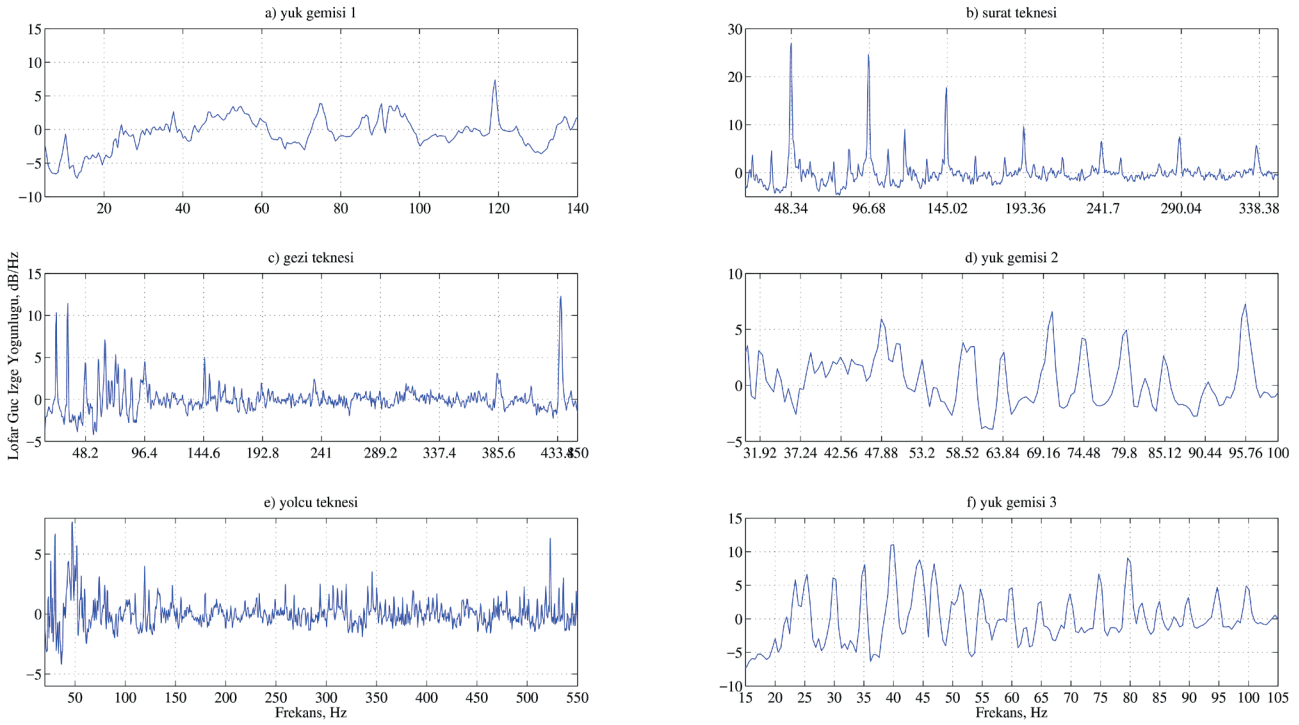
frekanslı bileşenler tipik olarak sürat tekneleri tarafından üretilir. İlgili zaman aralığındaki gözlem bu tespiti doğrulamaktadır.

13,5-16,5 dk aralığında yapılan "gezi teknesi" gözlemi Demongram'da 8,4 Hz ve harmoniklerinde görülen tonellerle ilişkili olabilir. Dördüncü harmonik frekansı 33,6 Hz ile birlikte düşünüldüğünde bu iki frekans sırasıyla PSR ve BR'yi vermektedir. Dolayısıyla "gezi teknesi" 4 kanatlı bir pervaneye sahiptir.

Bir diğer yük gemisinin tonelleri 20-25 dk aralığında açıkça görülmektedir. Yaklaşık 1,37 Hz'lik PSR ve 5,52 Hz'lik BR bileşenleri yine 4 kanatlı pervaneye sahip bir yük gemisine işaret etmektedir. Yine aynı zamanda gözlenen bir gemi 26,66 Hz'ten 27,83 Hz'e doğru artan bir tonel ve iki harmoniğe sahiptir. Bu tonellerin ilgili gözlem zamanından hareketle "yolcu teknesi" etiketli gemiye ait olduğu düşünülmektedir. Son olarak, "yuk gemisi 3" etiketli geminin 3,61 Hz'te BR bileşeni ve birkaç harmoniği gözlenmektedir.

Dikkat edilirse, Demongram'da gözlenen birbiriyle ilgili harmonikler birbirinin tam katı değildir. Ayrıca, bazı toneller belirli bir merkez frekans etrafında gezen değişken frekans bileşenlerine yol açmaktadır. Unutulmamalıdır ki, su altı ortamı karmaşık süreçler barındırır; ses hızı profilinin değişkenliği, çok yollu yayılım, yüzey dalgaları vb. etkenler durağan olmayan sinyaller üretebilir. Bu durum, frekans tespitlerinde yukarıda saydığımız etkilere yol açabilir.

Şekil 2'de yukarıda bahsedilen gemilere ait Lofargram görülmektedir. Daha önce de bahsettiğimiz gibi gemi makineleriyle ilgili bilgiler yetersizse Lofar analizi yapmak oldukça zordur. Yine de yukarıda sayılan gemi sınıflarıyla ilgili birkaç yorum yapmak mümkündür. Örneğin, yüksek ihtimalle "yuk gemisi 3" etiketli gemiye ait yaklaşık 40 Hz'te bir EFR bileşeni ve yaklaşık 5 Hz aralıklarla tekrarlayan



Şekil 4 – BANAS ile Beykoz açıklarında kaydedilmiş gemi gürültülerine ait ortalama Lofar izgeleri. Frekans çözünürlüğü yaklaşık 0,5 Hz.

harmonikler gözlenmektedir. Buradan, temel frekans 5 Hz'te belirmese de, harmoniklerin arasındaki frekans farklarından bu bileşenlerin CFR harmoniklerini temsil ettiğini söylemek mümkündür. Bu da, 40 Hz'lik EFR ile birlikte düşünüldüğünde 8 silindirli bir dizel makine tarafından üretildiklerini gösterir. Benzer şekilde “yuk gemisi 2” etiketli geminin yaklaşık 47,88 Hz'te EFR bileşeni ve yaklaşık 5,32 Hz'te CFR bileşeni görülmektedir. Bu değerlerden hareketle, bu geminin 9 silindirli bir dizel ana makine kullandığı söylenebilir. Yine “gezi teknesi” için 48,2 Hz'te bir EFR bileşeni olabileceği değerlendirilmektedir.

Lofargram'daki dikkat çekici bir başka unsur da “surat teknesi” etiketli tekne için 48,2 Hz ve harmoniklerinde bileşenlerin gözlenmesidir. Bunların literatürde [19] mekanik BR adıyla anılan ve çok yakın (çok güçlü) hedeflerin modülasyona uğramamış pervane tonelleri olabileceği düşünülmektedir. Zira, hatırlanacağı üzere bu tekne için Demongram'da yaklaşık 48,14 Hz'lik bir PSR tespit edilmiştir. Lofargram'ın tamamında çeşitli frekanslarda dar bant bileşenler görülmektedir. Bu tonellerin gözlem kaydı yapılmış ve yapılmamış birçok gemiye ait ana makine, dişli aktarım sistemi ve yardımcı makinelerden kaynaklandığı söylenebilir. Şekil 3 ve 4'te, 6 ayrı gemi için sırasıyla pervane ve makine tonellerinin ortalama frekans değerlerinin görülebileceği ortalama Demon ve Lofar izgeleri verilmiştir. Ortalamalar, her bir gemi için ilgili Demongram ve Lofargram tespitleri süresince alınmıştır. Yukarıda değinilen tonel frekansları bu izgelerde de açıkça görülmektedir. Tek fark ortalama alındığı için daha güçlü frekansların baskın gelmesidir. Gözlenen tonellerin frekansları izgelerin yatay ekseninde verilmiş, Demon ve Lofar parametreleri ise Tablo 1'de özetlenmiştir. Dikkat edilirse, hem Demongram'da hem de Demon izgesinde herhangi bir gemi için çoklu (çok yakın frekanslarda) BR tespiti yapılmamıştır. Yani, tespit edildiği kadarıyla gemilerin tek shaftlı (NOS = 1) olduğu söylenebilir.

Tablo 1: BANAS verisi Demon ve Lofar Parametreleri

Gemi Tipi	Demon				Lofar		
	PSR	BR	NOB	NOS	CFR	EFR	NOC
yuk gemisi 1	1,71	6,84	4	1			
surat teknesi		48,10		1			
gezi teknesi	8,4	33,60	4	1		48,2	
yuk gemisi 2	1,38	5,52	4	1	5,32	47,88	9
yolcu teknesi		26,66		1			
yuk gemisi 3		3,61		1	5	40	8

4. Sonuç

Bu çalışmada, gemilerden su altına yayılan pervane ve makine kaynaklı gürültülerin oluşturduğu akustik izlerin gemi sınıflandırma nasıl kullanılabileceği sunulmuştur. Demon ve Lofar yöntemleri tanıtılmış, bu yöntemlerle elde edilen izlerden pervane ve makine tonelleri çıkarılmış, gemi pervane ve makinelerinin özellikleri belirlenmiştir. Bunlar için İstanbul Boğazı gibi zorlayıcı bir akustik ortamda toplanmış çeşitli tipte gemi gürültüleri kullanılmıştır. Başlıca zorluklar arasında, çok sayıda geminin zamanda örtüşen izlerinin analizi zorlaştırması, Boğaz'daki çevresel şartların durağan olmayan sinyallere yol açması ve verilerin kontrolsüz deneylerle elde edilmiş olması sayılabilir. Gelecek çalışmalarda, durağan olmayan sinyallerde daha iyi cevap verecek yöntemler araştırılacak, kontrollü toplanmış verilerle doğrulanabilir bir gemi sınıflandırma çalışması yapılacaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışma İTÜ BAP tarafından 39264 nolu araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

- [1] R. J. Urick, Principles of underwater sound, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1983.
- [2] D. Ross, Mechanics of underwater noise. Los Altos, California: Peninsula Publishing, 1987.
- [3] J. G. Lourens and M. W. Coetzer, "Detection of mechanical ship features from underwater acoustic sound," in Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP'87., vol. 12. IEEE, 1987, pp. 1700–1703.
- [4] J. Lourens, "Classification of ships using underwater radiated noise," in Underwater Acoustic Data Processing. Springer, 1989, pp. 591–596.
- [5] A. Kummert, "Fuzzy technology implemented in sonar systems," Oceanic Engineering, IEEE Journal of, vol. 18, no. 4, pp. 483–490, 1993.
- [6] H. Amindavar and P. P. Moghaddam, "Estimation of propeller shaft rate and vessel classification in multipath environment," in Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop. 2000. Proceedings of the 2000 IEEE.
- [7] R. Fischer and R. D. Collier, "Noise prediction and prevention on ships," *Handbook of Noise and Vibration Control* (2007): 1216-1232.
- [8] R. O. Nielsen, "Cramer-rao lower bounds for sonar broad-band modulation parameters," Oceanic Engineering, IEEE Journal of, vol. 24, no. 3, pp. 285–290, 1999.
- [9] A. Kudryavtsev, K. Luginets, and A. Mashoshin, "Amplitude modulation of underwater noise produced by seagoing vessels," *Acoustical Physics*, vol. 49, no. 2, pp. 184–188, 2003.
- [10] F. Bao, X. Wang, Z. Tao, Q. Wang, and S. Du, "Adaptive extraction of modulation for cavitation noise," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 126, no. 6, pp. 3106–3113, 2009.
- [11] —, "Emd-based extraction of modulated cavitation noise," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 24, no. 7, pp. 2124–2136, 2010.
- [12] P. Clark, I. Kirsteins, and L. Atlas, "Multiband analysis for colored amplitude-modulated ship noise," in Acoustics Speech and Signal Processing (ICASSP), 2010 IEEE International Conference on. IEEE, 2010, pp. 3970–3973.
- [13] K. W. Chung, A. Sutin, A. Sedunov, and M. Bruno, "Demon acoustic ship signature measurements in an urban harbor," *Advances in Acoustics and Vibration*, vol. 2011, 2011.
- [14] I. Kirsteins, P. Clark, and L. Atlas, "Maximum-likelihood estimation of propeller noise modulation characteristics," *Proc. Underwater Acoustic Measurements*, 2011.
- [15] U. Firat and T. Akgul, "Spectral estimation of cavitation related narrow-band ship radiated noise based on fractional lower order statistics and multiple signal classification," in *Oceans - San Diego*, 2013, Sept 2013, pp. 1–6.
- [16] N. N. De Moura, J. M. De Seixas, and R. Ramos, "Passive sonar signal detection and classification based on independent component analysis," *INTECH Open Access Publisher*, 2011.
- [17] U. Ulug, T. Akgul, and C. Gezer, "Ambient noise measurements in the strait of istanbul," in *Proceedings of the Institute of Acoustics, Conference on Underwater Noise Measurement, Impact and Mitigation*, vol. 30, oct 2008, pp. 35–42.
- [18] K. W. Chung, A. Sutin, A. Sedunov, and M. Bruno, "DEMON acoustic ship signature measurements in an urban harbor," *Advances in Acoustics and Vibration*, 2011.
- [19] P. T. Arveson and D. J. Vendittis, "Radiated noise characteristics of a modern cargo ship," *The Journal of the Acoustical Society of America* 107.1 (2000): 118-129.



Umut FIRAT

Umut Firat, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden 2003 yılında lisans, 2006 yılında yüksek lisans derecelerini almıştır. Şu anda İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde doktora çalışmalarını sürdürmektedir. Aynı zamanda TÜBİTAK BİLGEM Bilişim Teknolojileri Enstitüsü'nde araştırmacı olarak çalışmaktadır. Araştırma ilgi alanları arasında sualtı akustik işaret işleme, örüntü tanıma ve sıkıştırılmalı algılama vardır.



Tayfun AKGÜL

Prof. Dr. Tayfun Akgül lisans ve yüksek lisans derecelerini, sırasıyla 1985 ve 1988 yıllarında İTÜ Elektronik ve Haberleşme Bölümü'nde tamamladı. Doktorasını 1994 yılında Pittsburgh Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde bitirdi. 1986 - 1988 arası TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Enstitüsü'nde, Eylül 1988'den itibaren Çukurova Üniversitesi'nde çalışmaya başladı. 1989-1994 arasında Pittsburgh Üniversitesi'nde doktora çalışması yaptı. 1996'da Çukurova Üniversitesi'nde Doçent oldu. 1997-1999 tarihleri arasında Drexel Üniversitesi'nde bulundu. 1999 - 2002 arasında TÜBİTAK-MAM'da Başuzman Araştırmacı unvanıyla çalıştı. Temmuz 2002'de İTÜ'ye Profesör unvanıyla atandı. Halen İTÜ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. İTÜ ARIS Lab (Advanced Research on Images and Signals – İleri Sinyal ve Görüntü İşleme) adlı araştırma laboratuvarının yöneticisidir.

Sinyal ve görüntü işleme alanında (yakın zamanda özellikle “yüz tanıma” konusunda) araştırmalar yapmakta ve karikatür çizmektedir.