

**YOLCU GEMİLERİNİN ATIKSULARININ DENİZDEKİ
SEYRELMELERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
İNCELENMESİ**

¹Volkan ŞAHİN, ²Levent BİLGİLİ, ³Nurten VARDAR

ÖZET

Turizm sektörünün yüzen şehirleri olarak bilinen kruvaziyerler (yolcu gemileri), binlerce yolcuya ev sahipliği yapacak kapasitededirler. Gemi boyutları büyüdükçe artan yolcu sayısı, beraberinde gemide çok miktarda evsel atıksu oluşmasına sebep olmaktadır. Evsel atıksu, gemilerde ‘blackwater (siyah su)’ ve ‘graywater (gri su)’ olarak ikiye ayrılmaktadır. Tuvaletlerden, revirden ve hayvan yaşam mahallinden gelen kirletici konsantrasyonu yüksek olan atıksu blackwater olarak adlandırılırken, lavabo, banyo, çamaşırhane, mutfak ve restoranlardan gelen ve daha düşük kirletici konsantrasyonuna sahip atıksular graywater olarak adlandırılmaktadır. Oluşan atıksuların arıtımı, denize boşaltılması ve denize boşaltıldıktan sonra karşılaşılması gereken kirletici konsantrasyon standartları, MARPOL (Gemilerden Oluşan Deniz Kirliliğinin Önlenmesi için Uluslararası Konvansiyon) ve EPA (Amerika Çevre Koruma Kuruluşu) gibi kuruluşlarca kurallara bağlanmıştır. Atıksu denize boşaltılmasından sonra, gemi hızı, genişliği ve draftı gibi parametreler sebebiyle gemi izinde oluşan türbülans sayesinde ikinci bir doğal arıtım olan seyrelmeye maruz kalmaktadır. Bu seyrelme, EPA’nın yapmış olduğu çalışmalar sonucunda belirlediği, gemi hızı, genişliği, draftı ve atıksu boşaltma debisi parametreleri kullanılarak bulunan “seyrelme faktörü” formülü ile yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, seyrelme faktörü formülündeki parametrelerden bağımsız olarak, dünyadaki bütün büyük yolcu gemilerinin, seyrelme faktörüne etki edecek olan gemi gros tonajı, detveyt tonajı, yolcu sayısı, freeboard yüksekliği, makine gücü, pervane sayısı ve narinlik katsayısı verileri yapay sinir ağlarına girdi olarak verilip, çıktı olarak seyrelme faktörü elde edilmiştir. Elde edilen çıktılar, EPA’nın “seyrelme faktörü” formülüyle hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Deniz kirliliği, Yapay sinir ağları, Yolcu gemisi

¹Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İstanbul vsahin@yildiz.edu.tr

²Arş.Gör., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Van
²Dr.Öğr. Üyesi., Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi,
Balıkesir lbilgili@bandirma.edu.tr

³Prof.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi,
İstanbul vardar@yildiz.edu.tr

1.GİRİŞ

'Kruvaziyer' olarak bilinen yolcu gemileri, deniz turizminde oldukça önemli bir paya sahiptir. Yolcu gemisi turizminin gelişimine paralel olarak, deniz kirliliği tehdidi de artmaktadır. Yolcu gemilerinin boyutları büyüdükçe, taşıdıkları insan sayısı ve buna bağlı olarak da üretilen atık miktarı artış göstermektedir. (Şahin ve Vardar, 2015:25-31).

Gemi boyutları büyüdükçe artan yolcu sayısı, beraberinde gemide çok miktarda evsel atıksu oluşmasına sebep olmaktadır. Evsel atıksu, gemilerde 'blackwater (siyah su)' ve 'graywater (gri su)' olarak ikiye ayrılmaktadır. Tuvaletlerden, revirden ve hayvan yaşam mahallinden gelen kirlenici konsantrasyonu yüksek olan atıksu blackwater olarak adlandırılırken, lavabo, banyo, çamaşırhane, mutfak ve restoranlardan gelen ve daha düşük kirlenici konsantrasyonuna sahip atıksular graywater olarak adlandırılmaktadır. Oluşan atıksuların arıtımı, denize boşaltılması ve denize boşaltıldıktan sonra karşılaşılması gereken kirlenici konsantrasyon standartları, MARPOL (Gemilerden Oluşan Deniz Kirliliğinin Önlenmesi için Uluslararası Konvansiyon) ve EPA (Amerika Çevre Koruma Kuruluşu) gibi kuruluşlarca kurallara bağlanmıştır (Şahin ve Vardar, 2017:853-860).

2. EPA ÇALIŞMALARI

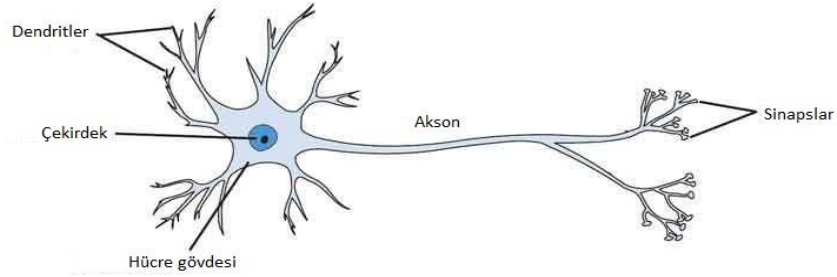
Yolcu gemilerinde açığa çıkan blackwater, arıtma sistemlerinden arıtıldıktan sonra denize boşaltılsa da, yapısında bulundurduğu kirleniciler, deniz canlıları için büyük tehlike oluşturmaktadır. Gemiden denize boşaltılan blackwater atığının denize en az zararı vermesi için mümkün olan en kısa zamanda deniz suyunda seyrelmesi önemlidir. Seyreltme işlemi, atıksuyun denize boşaltılmasından sonra, gemi parametrelerine bağlı olarak oluşan gemi izindeki türbülansa, kirlenici konsantrasyonlarının azalması olayıdır. Meydana gelen seyreltme işlemi ikinci bir doğal arıtma sistemi gibi çalışmaktadır.

Yapılan teorik ve deneysel çalışmalar, atıksuyun seyrelmesinin, deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu gibi etmenlerin yanında, gemi genişliği, draftı, hızı ve atıksu boşaltım debisine bağlı olarak, gemi pervanesi ile gemi hareketinin oluşturduğu karıştırma olayının, gemiden boşaltımı yapılan atıksuyun seyrelmesinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. EPA tarafından yapılan deneysel çalışmalarda, gemilerin iz bölgesinden alınan numuneler incelenerek, atık su kirlenici konsantrasyonunun, bu seyrelmeye bağlı olarak, önemli ölçüde azaldığı görülerek, 500 yolcu kapasiteli ve daha büyük yolcu gemileri için bir seyreltme faktörü denklemi geliştirilmiştir (EPA 2008, Sahin ve Vardar 2015:25-31, Loehr vd. 2006:681:688, Loehr vd. 2003:390-393).

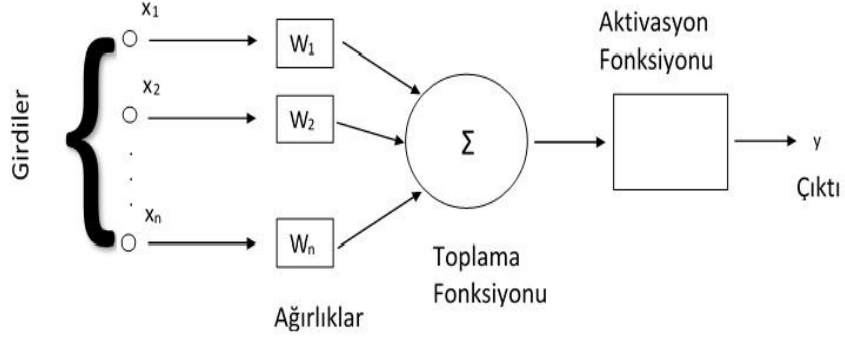
$$SF = 4 \times (B \times T \times V) / Q \quad (1)$$

3. YAPAY SİNİR AĞI ÇALIŞMALARI

Yapay sinir ağları (YSA), en temel tanımıyla öğrenme sürecinde insan beynini taklit eden yapay öğrenme sistemleridir. Dendritler hücreye gelen bilgileri toplayan; aksonlar bu bilgileri diğer sinir hücrelerine ileten; sinapslar ise bilgileri ağırlıklandırıp bir sonraki sinir hücresinin dendritlerine ileten elemanlardır. Bütün bu sistem nöron olarak adlandırılır ve öğrenmenin kalitesi, sürekliliği ve hızı nöronların birbirleriyle sağlıklı ve güçlü iletişim kurmalarına bağlıdır. Birbirleriyle sürekli iletişim halinde bulunan nöronlar, dış dünyadan gelen bilgiyi birbirlerine aktararak öğrenme sürecini gerçekleştirirler ve bu verileri girdi olarak kullanıp sonuçta öğrenme işlemini çıktı olarak elde ederler. İnsan sinir sistemindeki sinir sistemi, sinir, sinaps, dendrit, hücre gövdesi ve akson yapay sinir ağlarında sırasıyla sinirsel hesaplama sistemi, düğüm, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve sinir çıkışına tekabül etmektedir (Bilgili 2018). İnsan sinir hücresi ile yapay sinir ağı hücresinin genel yapısı ve çalışma prensibi sırasıyla Şekil 1 ve 2' de gösterilmiştir.

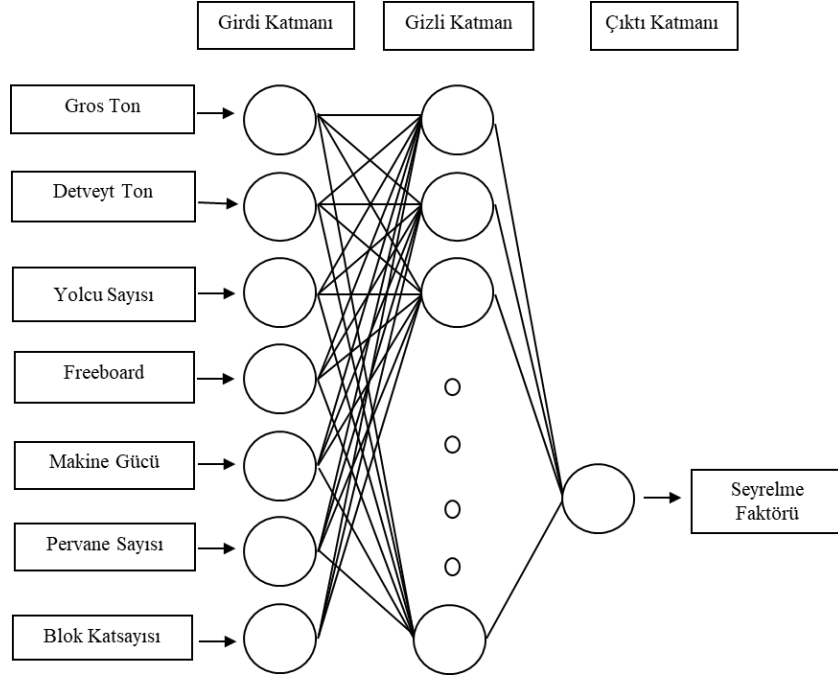


Şekil 1: İnsan sinir hücresi genel yapısı



Şekil 2: Yapay sinir ağı hücresi genel yapısı

Bu çalışmada; EPA tarafından verilen seyrelme faktörü formülü kullanılarak 1041 tane yolcu gemisinin seyrelme faktörü hesaplanmıştır. Hesaplanan seyrelme faktörü değerleri, gerçek değerler olarak kabul edilmiştir. Gemi gros tonajı, detveyt tonajı, yolcu sayısı, freeboard değeri, makine gücü, pervane sayısı, blok katsayısı değerleri yapay sinir ağlarına Şekil 3'te gösterildiği gibi girdi olarak, EPA formülüne göre (denk.1) hesaplanan seyrelme faktörü değerleri de çıktı olarak verilmiştir. EPA formülasyonunda kullanılan gemi genişliği, draftı, hızı ve atık su boşaltım debisi değerlerinden bağımsız olarak, yapay sinir ağlarında kullanılan farklı girdilerle seyrelme faktörünün tahmin edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3: Yapay sinir ağına girdi ve çıktı olarak tanıtılan değerler

Toplamda 1041 tane büyük yolcu gemisinin verileri ; %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde yapay sinir ağlarına tanıtılmıştır. %70'lik datanın sisteme gemi grostonajı, detveyt tonajı, yolcu sayısı, freeboard değeri, makine gücü, pervane sayısı, blok katsayısı değerleri 'girdi' olarak verilerek, 'seyrelme faktörü' formülüne göre hesaplanarak verilen 'çıktı' değerlerine göre kendini eğitmesi istenmiştir.

Sistem eğitimi tamamlandıktan sonra sisteme daha önce hiç tanıtılmayan %30'luk kısmın gros tonajı, detveyt tonajı, yolcu sayısı, freeboard değeri, makine gücü, pervane sayısı, blok katsayısı değerleri sisteme girdi olarak tanıtılarak, yapay sinir ağları tarafından çıktı olarak seyrelme faktörü değeri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, formülle elde edilen değerlerle kıyaslanarak, en iyi yapay sinir ağı yöntemi belirlenmiştir.

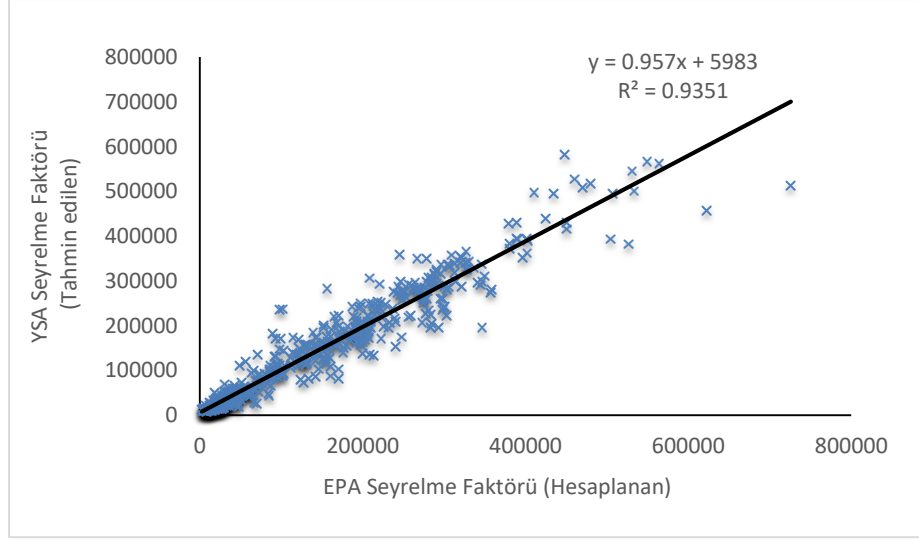
Tablo 1: Çalışmada kullanılan YSA Algoritmaları

Girdiler	-Gros Ton	
	-Detveyt Ton	
	-Yolcu Sayısı	
	-Freeboard	
	-Makine gücü	
	-Pervane Sayısı	
	- Blok Katsayısı	
Ağ Tipleri	-Feed-forward backpropagation	
	-Cascade-forward backpropagation	
Eğitim Fonksiyonları	-TRAINBFG	-TRAINGDA
	-TRAINBR	-TRAINGDX
	-TRAINCGB	-TRAINLM
	-TRAINCGF	-TRAINOSS
	-TRAINCGP	-TRAINR
	-TRAINGD	-TRAINRP
	-TRAINGDM	-TRAINSCG
Öğrenme Fonksiyonları	-LEARNGD	
	-LEARNGDM	
Performans ve Hata Fonksiyonları	-MSE	
	-SSE	
Nöronlar	-8	
	-10	
	-12	
Aktivasyon Fonksiyonları	-LOGSIG	
	-TANSIG	
	-PURELIN	
Çıktı	-Seyrelme Faktörü	

En iyi YSA yöntemini belirlemek için kullanılan algoritmalar Tablo 1’de gösterilmektedir.

4. SONUÇLAR

Büyük yolcu gemileri için 1041x7 matrisini oluşturan veri YSA modelinde işlenmiştir. Bu matrisin YSA ile işlenmesiyle en iyi sonuç veren YSA kombinasyonuna ulaşılmaya çalışılmıştır. Tanımlanan bu girdi ve çıktılar, 2 ağ tipi, 3 aktivasyon fonksiyonu, 14 eğitim fonksiyonu, 2 öğrenme fonksiyonu, 2 performans ve hata fonksiyonu ile 3 farklı nöron sayısının bütün kombinasyonlarının oluşturduğu farklı YSA modellerinde denenmiştir. Şekil 2’de bulunan en iyi YSA algoritması için, tahmin edilen ve hesaplanan seyrelme faktörleri değerlerinin karşılaştırma grafiği görülmektedir.



Şekil 4: Tahmin edilen ve hesaplanan seyrelme faktörü değerleri

Şekil 4'te de görüldüğü gibi R^2 değeri 0.9351 olarak hesaplanmıştır. R^2 değerinin 1.0'e yaklaşması hata oranının düşmesi anlamına gelmektedir. YSA tarafından tahmin edilen değerlerin, formülle hesaplanarak gerçek kabul edilen değerlere çok yakın olduğu görülmektedir. Buradan, oluşturulan YSA modelinin seyrelme faktörünü tahmin etmede başarılı olduğu anlaşılmıştır. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada yapay sinir ağlarına tanıtılan girdilerden, hangisinin seyrelme faktörüne ne kadar etki ettiğini hesaplayabilmek amaçlanmaktadır. Böylelikle daha az veriyle, gemilerin oluşturacağı atıksu seyrelmesi, kabul edilebilir hata oranlarında tahmin edilebilecektir.

Kısaltmalar

SF	: Seyrelme Faktörü
B	: Geminin Genişliği (m)
T	: Geminin Draftı (m)
V	: Geminin Hızı (m/s)
Q	: Atıksu Boşaltma Debisi (m^3/s)

KAYNAKÇA

- Bilgili L. (2018). Gemilerin Değişken Deniz Ve Operasyon Koşullarında Gaz Emisyonlarının Farklı Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Tahmini Ve Yaşam Döngüsü İçinde Değerlendirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- EPA (2008). United States Environmental Protection Agency, Cruise Ship Discharge Assessment Report, December 29,2008.
- Heinen E., Potts K., Snow L., Trulli W., Redford D. (2003). “Dilution of Wastewater Discharges from Moving Cruise Ships”. OCEAN 2003, Vol. 1, p: 386-389, San Diego, CA, USA.
- Loehr L., Beegle-Krause C.-J., George K., McGee C., Mearns A., Atkinson M. (2006). “The Significance of Dilution in Evaluating Possible Impacts”. Marine Pollution Bulletin Vol. 52. pp. 681 – 688.
- Loehr L., Atkinson M., George K., Beegle-Krause C.-J. (2003). “Using a Simple Dilution Model to Estimate Wastewater Contaminant Concentrations Behind Moving Passenger Vessels” OCEAN 2003, Vol.1. p: 390-393, San Diego, CA, USA
- Sahin V. and Vardar N. (2017). “A Research on The Sewage Problems of Cruise Ships in The Mediterranean”. 17th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM 2017), October 9-11, 2017, Lisbon, Portugal.
- Sahin V. and Vardar N., (2015). “Sewage Treatment Systems of Cruise Ships and The Parameters Effect on Dilution of Effluent at Sea”, Journal of Maritime and Marine Sciences, Vol. 1, No. 1. p: 25-31.