

Maksimum Doğrultucu Moment Kolu Analizinin Bulanık Mantık ve Sinirsel Bulanık Mantık Kullanılarak Yapılması

Ahmet Turan DEĞERLİ¹

¹Deniz Eğitim ve Öğretim Komutanlığı Altınova, Yalova, Türkiye

Özet: Normal bir teknenin meyil yapması esnasında, kendi ağırlığı, üzerindeki yükler ve sancak-iskele sarnıçlarının sıvı doluluk yüzdelerine göre, tekne üzerinde oluşan ve teknenin tekrar önceki denge konumuna gelmesini sağlamada bir etken olan maksimum doğrultucu moment kolu (maksGZ) değerinin klasik yöntemlerle hesap edilmesi işlemleri, uzun sürmekte ve hassas hesaplar gerektirmektedir. Bu karmaşık işlemlerde, tekne üzerinde yer alan sarnıçların doluluk yüzdeleri ve içlerindeki sıvıların yer değiştirmelerinden kaynaklanan serbest yüzey etkisi de hesap edilmelidir. Bu çalışma süresince, gerçek veriler kullanılarak, Bulanık Mantık ve Sinirsel Bulanık Mantık yaklaşımlarıyla modeller oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak, kısa sürede, maksimum doğrultucu moment kolu değeri, gerçek değerlere çok yakın bir şekilde hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Maksimum/Maksimum Doğrultucu Moment Kolu, GZ, Serbest Yüzey Etkisi, Bulanık Mantık, Sinirsel Bulanık Mantık.

Reference to this paper should be made as follows (bu makaleye aşağıdaki şekilde atıfta bulunulmalı):
A.T.DEĞERLİ 'Maksimum Doğrultucu Moment Kolu Analizinin Bulanık Mantık ve Sinirsel Bulanık Mantık Kullanılarak Yapılması', Elec Lett Sci Eng , vol. 4(2) , (2008), 1-10

1 Giriş

Belirli bir denge hali üzerine yüzen cisimlerin herhangi bir sebeple meyil yapmaları sonucunda, yüzen cisim üzerinde, onun tekrar önceki denge haline gelmesini sağlayacak bir doğrultucu moment oluşmaktadır.[1,2,3] Tekne tasarımlarında ve yük alma-verme işlemlerinde göz önünde bulundurulması gereken bu Maksimum Doğrultucu Moment ve Maksimum Doğrultucu Moment Kolu değerlerinin klasik yöntemlerle hesap edilmesi çok uzun sürmekte veya ancak gelişmiş bilgisayar programları yardımıyla hesap edilebilmektedir.

Söz konusu analizlerin klasik yöntemlerle yapılabilmesi için, 0 ile 180 derece arasındaki meyil açılarında oluşan doğrultucu moment kolu değerlerinin en büyüğünün (MaksGZ) bulunması gerekmektedir. Bu işlemler, tekne üzerinde yer alan sarnıçların (sıvı tanklarının) doluluk yüzdelerine ve içlerindeki sıvıların yer değiştirmelerinden kaynaklanan serbest yüzey etkisine göre yapılmaktadır. Bu çalışma süresince, gerçek veriler kullanılarak Bulanık Mantık ve Sinirsel Bulanık Mantık yaklaşımlarıyla modeller oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak gerçeğe çok yakın sonuçlar elde edilmiştir.

2 Bulanık Mantık

Bulanık (mantık) kavramı ilk olarak, Jan Lukasiewicz'in çok değerlikli mantık teorisinin Prof.Lotfi Zadeh tarafından geliştirilmesi ve "Bulanık Kümeler-Fuzz Sets" ismiyle 1965 yılında yayınlanması ile ortaya çıkmıştır. Zadeh'in ardından 1970'lerde London Queen Mary College'den Prof.Edrahim Mamdani bulanık tabanlı çalışan ilk buhar makinesi denetleyicisini ve ilk bulanık mantık tabanlı trafik ışıklarını geliştirmiştir. Sonraki yıllarda, dilsel değişkenlere göre tanımlanabilen kural tabanlı yapısı sebebiyle, çeşitli bilim adamları tarafından geliştirilerek, başta kontrol sistemleri olmak üzere, uzay, havacılık ve savunma sanayii gibi birçok endüstri alanında kullanılmıştır.[5]

* Corresponding author; Tel.: +(90) 226 462 83 10-1113, E-mail: aturandegerli@gmail.com

Karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin matematiksel modelleme ihtiyacının ortadan kaldırılması, insanlar tarafından kullanılan dilsel değişkenlerin bilgisayarlara aktarılması ve kesin olmayan dilsel bilgilere bağlı olarak etkin sonuçlar çıkarılması bulanık kümelerin kullanılmasıyla mümkün olmaktadır.[5,6]

İki değerli geleneksel mantık anlayışının tersine, bulanık mantıkta çok değerlilik kavramı mevcuttur. Klasik mantık anlayışında bir kümeye üyelik vardır veya yoktur. Bulanık mantık ise tam üyeliğin yanında kısmi üyeliğe de izin vermekte ve bir kümeye üyelik derecesi(μ) 1 ile 0 arasında değişen değerlerle ifade edilmektedir. 1 kümeye tam üyeliği, 0 ise kümeye hiç üye olmamayı ve 0-1 arasındaki değerlerde kümeye kısmi üyeliği ifade etmektedir.[4,5]

2.1 Mamdani Bulanık Mantık Yaklaşımı

Mamdani bulanık çıkarım yöntemi en çok kullanılan bulanık çıkarım metodolojisidir ve ilk bulanık tabanlı kontrol sistemlerinde kullanılmıştır. Mamdani bulanık modelinde toplama (aggregation) işlemi sonrasında, veriler "eğer-öyle ise" şeklinde değerlendirmelerin yapıldığı kural işleme birimlerinde değerlendirilir. Sonrasında elde edilen çıktılar bulanık tabanlı olmasından dolayı, sonuçlar çeşitli yöntemlerle durulaştırılır. Durulaştırma(defuzzfication) işlemi sonucunda gerçek değerler elde edilir.[6,11]

Sezgiye dayalı olması, yaygın olarak kabul görmesi ve insani terimlere yakınlığı Mamdani bulanık mantık yaklaşımının avantajları olarak sıralanabilir.[11]

2.2 Sugeno Bulanık Mantık Yaklaşımı

Sugeno bulanık çıkarım yöntemi de Mamdani bulanık mantık yaklaşımı gibidir. Her iki yöntemde de girişler ve bulanıklaştırma işlemleri aynıdır. Ancak söz konusu iki bulanık çıkarım sistemi arasındaki ana fark, Sugeno bulanık mantık yaklaşımında üyelik fonksiyonlarının çıkışı sabit veya doğrusaldır. [6,11]

Sayısal sonuç çıkarma ve matematiksel analizlerde ki etkinliği, optimizasyon ve uyarılma işlemlerindeki başarısı Sugeno bulanık mantık yaklaşımının avantajları olarak sıralanabilir. [11]

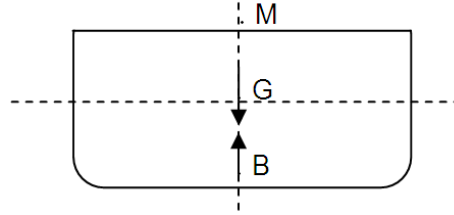
2.3 Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı

Yapay sinir ağları insan beyninin problem çözme şeklini ve matematiksel işleyişini makinelerle kazandırılması için geliştirilmişlerdir. Yapay sinir ağlarında öğrenme, ilişkilendirme, genelleme ve sınıflandırma gibi işlemler, beyin paralel ve yüksek yoğunluklu ara bağlantılı yapısını modellenmesi sonucunda gerçekleştirilmektedir. Öğrenme yolu ile kazanılan bilgi, snaptik ağırlıklar olarak bilinen sınırlar arası bağlantılarda saklanır. Problemlerin en uygun çözümünü bulmak amacıyla bahse konu ağırlıkların ve serbest parametrelerin belirlenmesi işlemi sonucunda öğrenme gerçekleşmektedir. [6,11]

Yapay sinir ağları içeren sistemler günümüzde, savunma, bankacılık, tıp endüstrisi, ulaşım, iletişim, sanayi ve uzay-havacılık gibi birçok faaliyet alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. [11]

3 Gemi Stabilitesi

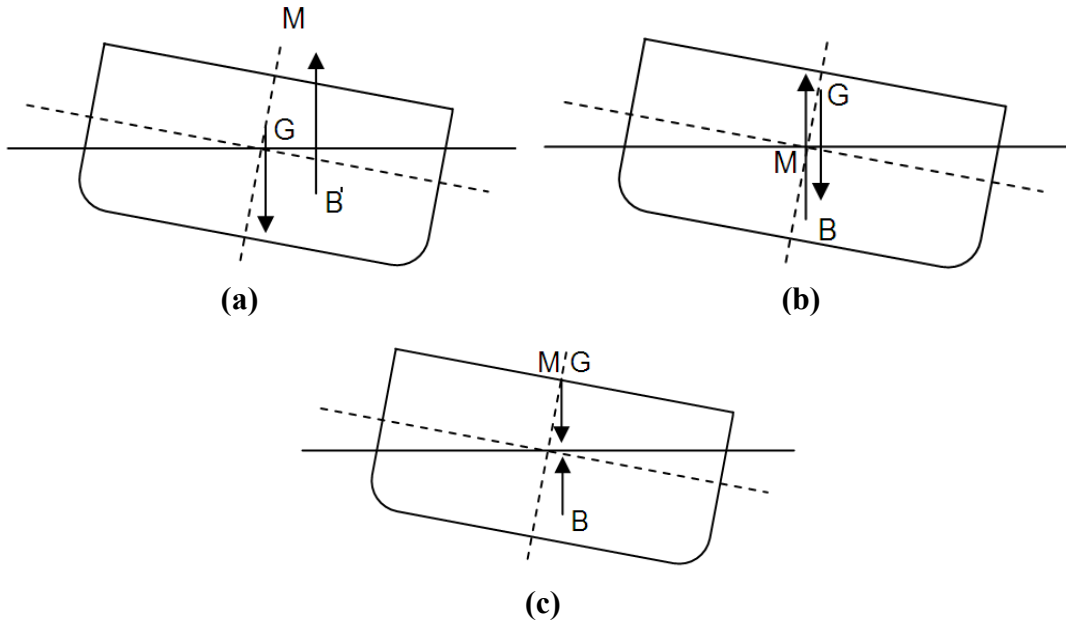
3.1 Geminin Statik Başlangıç Stabilitelerini Etkileyen Kuvvetler



Şekil 1. Tekneye Etkiyen Kuvvetler

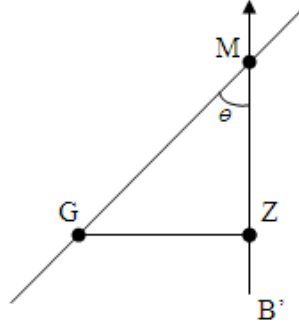
G (Gravity) geminin ağırlık merkezini, B (Buoyancy) geminin yüzdürme yeteneği merkezini ve M (Metacentre) noktası ise B noktasından geçen kuvvet çizgisinin geminin orta hattını kestiği noktayı ifade etmektedir. [1,3]

Normal bir gemide G noktası, B noktasının üzerinde olup bu noktalardan gemiye dik olarak etkiyen kuvvetler ters yönde ve birbirine eşittir. Bir geminin dik olarak yüzebilmesi için G ve B noktalarının geminin merkez hattı üzerinde bulunması gerekir. (Şekil 1) Dik durumda yüzen bir gemi rüzgar ve dalga tesiri gibi sebeplerle bir tarafına yatarsa, eğer teknedeki yükler yer değiştirmemiş ise G noktası sabit kalır. B noktası ise bu yatmadan dolayı değişen sualtı yapısının yeni geometrik merkezi oluncaya kadar yer değiştirerek B' noktasına gelir. Bu durumda geminin dengesini, G ve B' noktalarından etkiyen kuvvetler belirleyecektir. (Şekil 2a-c) [1,2,3]



Şekil 2a-c. Meyil yapan bir tekneye etkiyen kuvvetler [2]

Doğrultucu moment kolu değeri (GZ), gemi tiplerine göre (boyut, form ve tonajlarına göre) farklılık göstermektedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi B'den geçen kuvvet çizgisine G noktasından bir dik çizilmiş ve bu dik çizginin B' noktasını kestiği yere Z noktası denilmiştir. İşte bu G noktası ile Z noktası arasındaki GZ mesafesine "Doğrultucu Kol", geminin ağırlığı ve yüzdürme merkezi tarafından etkiyen kuvvetler sebebiyle oluşan $\Delta \cdot GZ$ 'ye ise "Doğrultucu Kol Momenti" veya "Statik Stabilité Momenti" denilmiştir. [1]



Şekil 3. GZ doğrultucu kolunun gösterimi.

3.3 Doğrultucu Moment ve GZ-GM İlişkisi

Ağırlık merkezi G ile metasantr M noktası arasındaki mesafeye Metasantr Yüksekliği denir ve GM ile gösterilir. Metasantr Yüksekliği GM, GZ'nin bir fonksiyonu olup 15 derecelik yatma açılara kadar gemi dengesinin hesap edilmesinde kullanılmaktadır. G noktası M noktasının altında ise GM pozitif, aksi halde negatif olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 3'den de anlaşılacağı gibi GM değeri büyüdükçe GZ de büyüyecek, GM küçüldükçe GZ de küçülecektir. Ayrıca GM'nin pozitif ve negatif değerlerine göre GZ kolu gemiyi doğrultucu veya meyil ettirici yönde hareket edecektir. θ açısının geminin meyil açısı olduğu göz önüne alınırsa GZ-GM arasındaki ilişki aşağıdaki matematiksel ifade ile izah edilmektedir. [1] (1-3)

$$\sin\theta = GM / GZ \quad (1)$$

$$GZ = GM \times \sin\theta \quad (2)$$

Bir geminin dik durumuna dönme yeteneği olan doğrultucu moment değeri ise,

$$\text{Doğrultucu Moment} = \Delta \cdot GZ \quad (3)$$

ile hesap edilmektedir.

3.3 Büyük Yatma Açılarında Doğrultucu Moment

Büyük yatma açılarında B noktası meyil yapılan yöne doğru kayarak gemi orta hattından uzaklaştığından bu noktadan etkiyen kuvvetler artık M noktasından geçmeyecektir. Bu durumda doğrultucu moment kolu $GZ = GM \times \sin\theta$ 'ya eşit olmayacaktır.[1]

$$GZ = (GM + (1/2BM) \times \tan^2\theta) \sin\theta \quad (4)$$

ile hesaplanacaktır. Bu durumda,

$$\text{Doğrultucu Moment} = \Delta (GM + (1/2BM) \times \tan^2\theta) \sin\theta \quad (5)$$

olacaktır.

3.4 Serbest Yüzey Etkisi

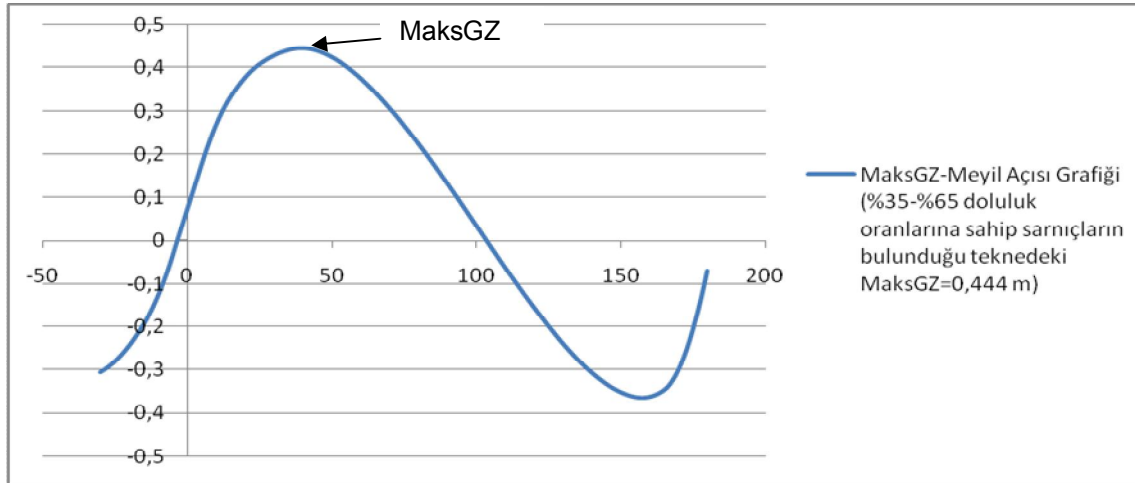
Tekneler içerisinde yer alan sarnıçlar tam dolu olduklarında, geminin meyil yapması karşısında içlerindeki sıvılar yer değiştirmeyecek ve tekne dengesinin değişiminde bir etkide bulunmayacaklardır. Bu durumda doğrultucu kol $GZ = GM \times \sin\theta$ 'ya ve doğrultucu kol momenti de $\Delta.GZ$ 'a eşit olacaktır.[1] (1-5)

Sarnıçların tam dolu olmaması durumunda ise meyil yapan geminin sarnıçlarındaki sıvı, eğim açısına göre yer değiştirecek, sıvıların ağırlık merkezinin ve dolayısıyla geminin ağırlık merkezinin değişmesine sebep olacaktır. Bu durumda teknenin yeni ağırlık merkezi G' ve yeni Z' noktasına göre G'Z' değerinin hesap edilmesi gerekecektir. [1]

Bu çalışmanın birinci aşamasındaki Mamdani bulanık mantık modelinin tasarlanmasında ve ikinci aşamasında oluşturulan yapay sinir ağının eğitilmesinde serbest yüzey etkisi hesaplanmış veriler kullanılmıştır.[10] Böylece söz konusu iki modele de uygulanan girişler sonucunda elde edilen çıkış değerleri, serbest yüzey etkisi hesaplanmış değerler olmaktadır.

3.5 Maksimum Doğrultucu Moment Kolu Analiz Örneği

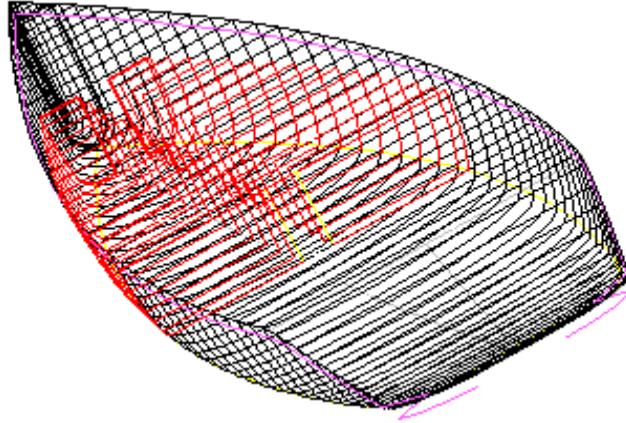
Sarnıçlarının doluluk oranları %35 ve %65 olan teknenin (-30) ile (180) dereceler arasındaki Doğrultucu Moment Kolu değerleri Şekil 4'te görülmektedir. Maksimum Doğrultucu Moment Kolu değeri 40 derecede 0,444 metre uzunluğa (maksimum değerine) ulaşmıştır. Teknenin meyil açısının artmasıyla birlikte küçülmeye başlayan GZ değeri 103 derecede 0 metre olmuş, bu noktadan itibaren tekneyi devirici moment kolu olarak etki etmeye başlamıştır. [9,10]



Şekil 4. GZ doğrultucu kolunun değişiminin grafiksel gösterimi. [10]

4 Çalışmanın İçeriği

Bu çalışmada, örnek olarak seçilen standart bir tekne tasarımı üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Perspektif görünüşü Şekil 5'de ve genel özellikleri Tablo 1'de yer alan teknenin sancak ve iskele taraflarında iki adet sıvı yük sarnıcı yer almaktadır. Sarnıçların sıvı doluluk oranına göre teknenin yan yattığı zaman oluşan maksimum doğrultucu moment kolu (MaksGZ) değeri bulanık mantık ve sinirsel bulanık mantık yaklaşımlarıyla hesap edilmektedir.



Şekil 5. Analizi yapılan teknenin perspektif görüntüsü [9,10]

Sarnıçların sıvı doluluk oranına göre teknenin yan yattığı zaman oluşan maksimum doğrultucu moment kolu (MaksGZ) değeri bulanık mantık ve sinirsel bulanık mantık yaklaşımlarıyla hesap edilmektedir.

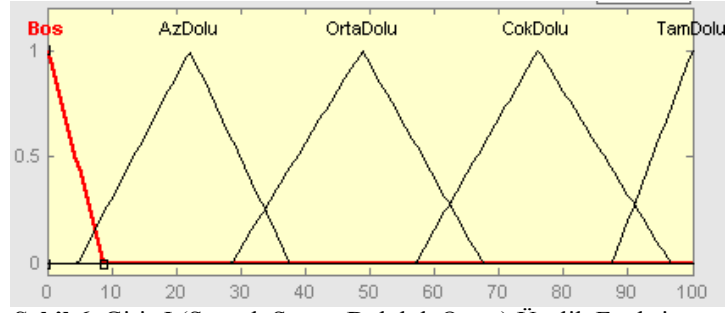
Tablo 1. Analizi yapılan teknenin özellikleri [9,10]

Birim	Miktar	Ağırlık
Teknenin Öz Yüğü	1	0,7000
Personel	2	0,1400
Sancak Sarnıç	%100 dolu iken	0,9808
İskele Sarnıç	%100 dolu iken	0,9808
Serbest Yüzey Moment Katsayısı (ton.metre)		0,123
Toplam Ağırlık		2,942

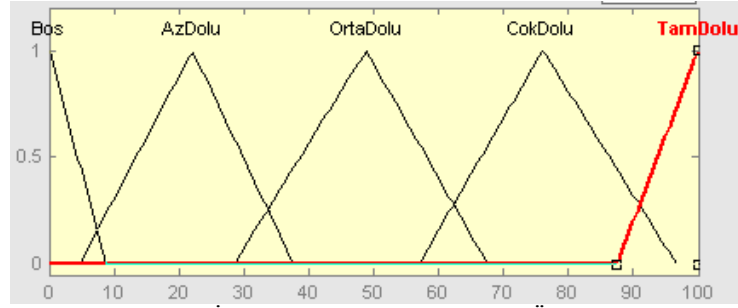
4.1 Mamdani Tipi Bulanık Yaklaşımla Maksimum Doğrultucu Moment Kolu Analizinin Yapılması

Çalışmanın birinci aşamasında, farklı doluluk oranlarındaki sarnıçlara (sancak ve iskele sarnıçlar) sahip teknenin, sancak tarafına aşırı miktarda yük bindirilmesi sonucunda oluşacak maksimum doğrultucu moment kolunun (MaksGZ) boyutu, Mamdani bulanık yaklaşımı ile hesaplanmıştır.

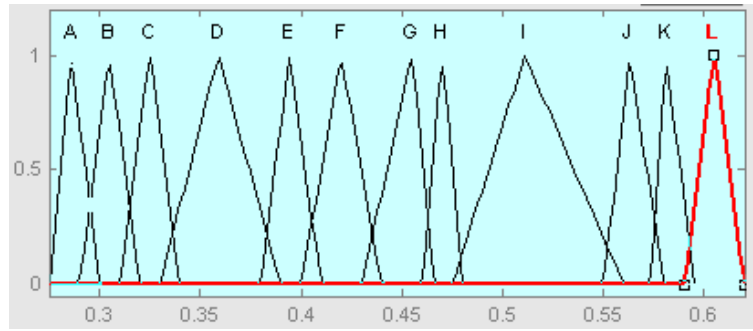
Uygulama için, iki girdi değişkeni olarak 'Sancak Sarnıç Doluluk Oranı (%)' ve 'İskele Sarnıç Doluluk Oranı (%)', çıkış olarak da her bir doluluk oranında oluşabilecek 'Maksimum Doğrultucu Moment Kolu (m)' ele alınmıştır. Giriş ve çıkışların sahip oldukları üyelik fonksiyonları Şekil 6-7-8'de gösterilmiş olup hem girişler hem de çıkışlar için üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmıştır.



Şekil 6. Giriş I (Sancak Sarnıç Doluluk Oranı) Üyelik Fonksiyonu



Şekil 7. Giriş II (İskele Sarnıç Doluluk Oranı) Üyelik Fonksiyonu



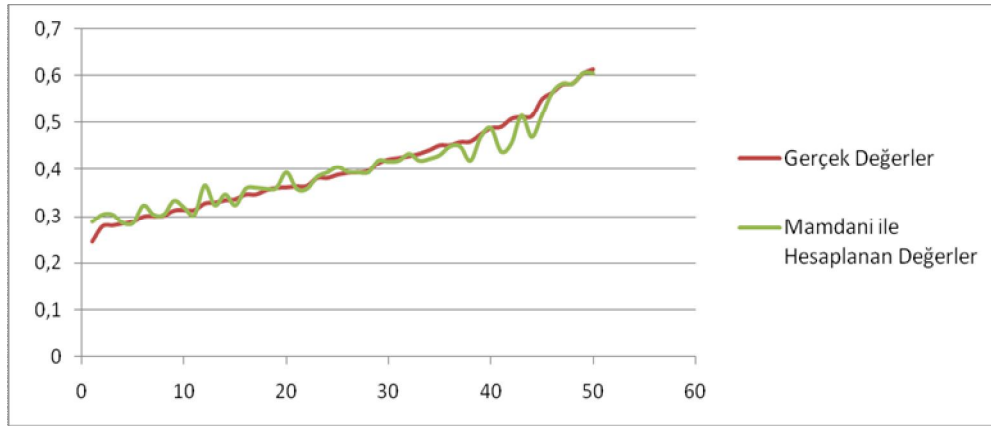
Şekil 8. Çıkış (Maks.GZ) Üyelik Fonksiyonu

Bahse konu çalışmada girişler (%) ile (%100) arasında 5'er aralığa (Boş, Az Dolu, Orta Dolu, Çok Dolu ve Tam Dolu), çıkış ise 0,245-0,612 m arasında 12 aralığa (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K ve L) bölünmüştür. Bunlara karşılık olarak 25 adet kural yazılmıştır. (Tablo 2)

Tablo 2. Mamdani Bulanık Yaklaşımı Kural Tablosu

İskele Sarnıç

		B	AD	OD	ÇD	TD
Sancak Sarnıç	B	L	J	K	K	L
	AD	F	F	G	H	I
	OD	D	E	E	F	G
	ÇD	B	B	C	D	E
	TD	A	A	B	C	D



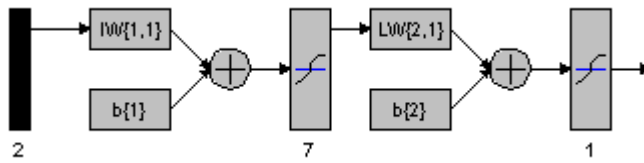
Şekil 9. Gerçek değerler ile Mamdani BM ile hesaplanan değerlerin karşılaştırılması

Mamdani Bulanık Yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilen bu uygulama neticesinde Maksimum Doğrultucu Moment Kolu değerlerinin yüksek oranda doğru olarak hesaplanmış ve 50 farklı girdiye göre yapılan hesaplamalardaki ortalama karesel hatanın % 5.37 olduğu görülmüştür. (Şekil 9)

4.2 Sinirsel Bulanık Yaklaşım ile Maksimum Doğrultucu Moment Kolu Analizinin Yapılması

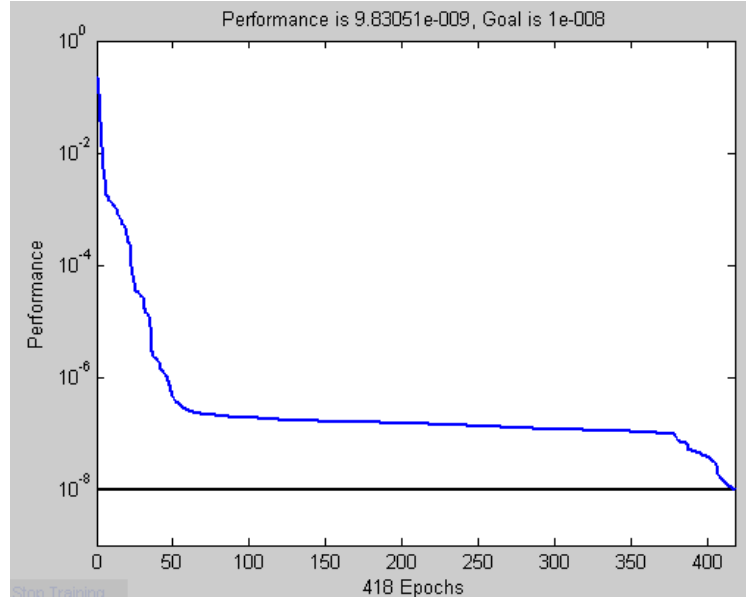
Çalışmanın ikinci aşamasında, Maksimum Doğrultucu Moment Kolu değeri (MaksGZ), Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı kullanılarak hesaplanmış ve Mamdani Bulanık Yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yapay sinir ağı mimarisinin oluşturulması aşamasında, Maxsurf[10] yazılımı ile tasarlanan teknenin Hydromax[9] yazılımında analizi sonucunda elde edilen 50 adet verinin 25 tanesi eğitim amaçlı, 25 tanesi de test amaçlı olarak kullanılmıştır. Söz konusu yapay sinir ağı, çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı olup 2 giriş ve 1 çıkıştan oluşmakta ve gizli katmanda 7 adet sinir yer almaktadır. (Şekil 10)



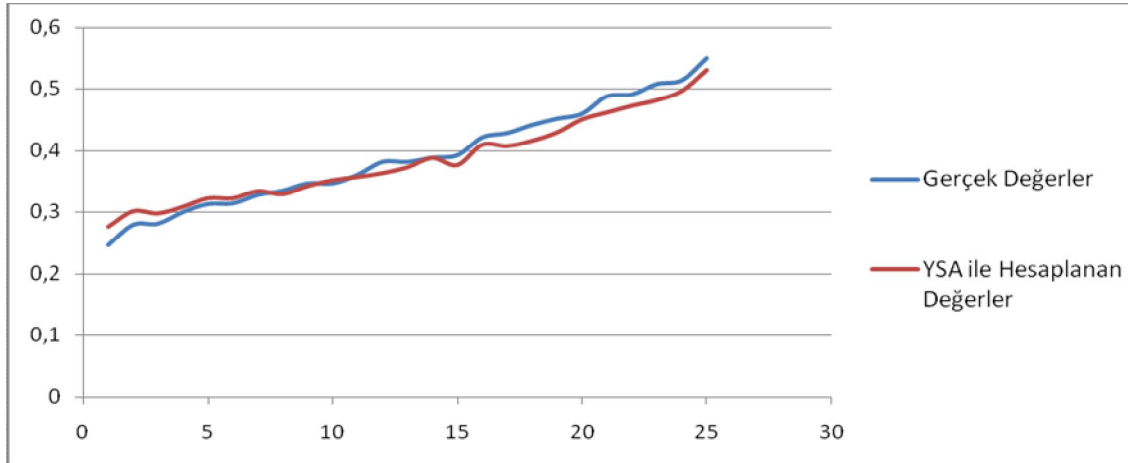
Şekil 10. Oluşturulan yapay sinir ağı

Oluşturulan ileri beslemeli yapay sinir ağının gizli katman ve çıkış katmanında aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu; eğitim algoritması olarak da standart geri yayılım algoritmasından 10 ile 100 kat daha hızlı olduğu bilinen [11] Levenberg – Marquardt algoritması kullanılmış ve 418 iterasyon sonucunda 1e-008 hata oranına ulaşılmıştır. Standart geri yayılım algoritmasının 50000 iterasyon sonucunda dahi 1e-004 hata oranına ancak ulaştığı görülmüştür. (Şekil 11)



Şekil 11. Oluşturulan yapay sinir ağı performans grafiği

Test verilerinin girilmesi sonucunda yapay sinir ağı tarafından hesaplanan değerlerdeki ortalama karesel hata %5,42 olmuştur. (Şekil 12)



Şekil 12. Gerçek değerler ile YSA ile hesaplanan değerlerin karşılaştırılması

5 Sonuçlar

Teknelerin denge analizlerinde önemli bir yer tutan Maksimum Doğrultucu Moment Kolunun Mamdani Bulanık Mantık ve Sinirsel Bulanık Mantık yaklaşımı ile karmaşık matematiksel işlemlere gerek duyulmadan kolay bir şekilde hesaplanabildiği, hızlı sonuçlar elde edilmesi sebebiyle zamandan önemli bir miktarda tasarruf edildiği, sarnıçlarda meydana gelen serbest yüzey etkisinin de hesap edilmesi sonucunda gerçeğe çok yakın sonuçlar elde edildiği ve Mamdani Bulanık Mantık yaklaşımı ile hesaplanan değerler (OKH %5.37) ile Sinirsel Bulanık Mantık ile hesaplanan değerlerin (OKH %5.42) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

References (Referanslar)

1. T.Akman, Gemi Stabilitesi, Zengin Matbaacılık, İstanbul (1999).
2. Y.Odabaşı, Yüzen Cisimlerin Dengesi ve Başlangıç Stabilitesi Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul (2005).
3. J.L.Dage, L.V.Gemert, Stability and Trim for The Ship's Officer, Cornell Maritime Press, Maryland, USA (1980).
4. N.K.Kasabov, Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering, The MIT Press,Cambridge, Massachusetts, England (1998).
5. M.N. Cirstea, A. Dinu, J.G. Khor, M. McCormick, Neural and Fuzzy Logic Control of Drives and Power Systems, Woburn (2002).
6. F.Temurtaş, Bulanık Sistemler, Sinirsel Bulanık Sistemler Ders Notları, Sakarya Üniversitesi, Sakarya (2007).
7. E.Kıyak, A.Kahvecioğlu, Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2 (2003).
8. Stability Guide for Students, Damage Control and Training Department, Surface Warfare Officers School Command (2000).
9. Maxsurf Professional, Integrated Naval Architecture and Ship Construction Software, Formation Design Systems Pty Ltd. (2004).
10. Hydromax Professional, Integrated Naval Architecture and Ship Construction Software, Formation Design Systems Pty Ltd. (2004).
11. Fuzzy Inference Systems, The MathWorks, Inc, www.mathworks.com (2006)