



Gemiler için Yalpa Dengeleyici Sistem Seçim Kriterleri ve Hibrit Bulanık Ahp-Topsis Uygulaması

Hakan DEMİREL

Bülent Ecevit Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Türkiye
hakandemirel@beun.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0002-7579-7064

Öz

Yalpa dengeleyici sistemler mürettebatın verimli çalışmasını sağlamak ve kargo emniyeti açısından birçok gemi türünde tercih edilmektedir. Özellikle büyük açılı yalpa hareketleri, denizde yorgunluk ve kusma gibi etkileri artıracığından gemide çalışan veya seyahat eden insanların hareket kabiliyetini olumsuz etkilemektedir. Bu durumla beraber farklı gemi türleri için, yalpanın azaltılması amacıyla, seyir durumları ve operasyonel özellikleri dikkate alındığında dengeleyici sistem gereksinimi doğmaktadır. Yalpa dengeleyici sistemler farklı gemi türleri için seçilirken birçok kriter değerlendirilerek tercih gerçekleştirilir. Bu çalışmada gemiler için ön dizayn aşamasında yalpa dengeleyici sistem seçimi yapılırken bir sistematik oluşturma amaçlanmış, örnek bir balıkçı teknisinin yalpa hareketini azaltmak için dengeleyici sistem seçim kriterleri ve alternatifleri uzman görüşleri ve literatür incelenerek belirlenmiştir. Kriter-alternatif ilişkisine ait ağırlıklandırılmalar alanında uzman 3 farklı grup Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisi ekibi tarafından yapılarak, hibrit bulanık AHP-TOPSIS yapısı kullanılmış ve en iyi alternatif belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalpa Dengeleyici Sistemler, Bulanık AHP-TOPSIS, Seyir Güvenliği.

Roll Motion Stabilizing System Selection Criteria for Ships and Hybrid Fuzzy Ahp-Topsis Application

Abstract

Roll motion stabilization systems are preferred on many types of ships to ensure crew efficiency and cargo safety. In particular, since large roll motions increase the effects of fatigue and vomiting at sea, they adversely affect the mobility of travelling or working people on board. With this situation, when the navigation conditions and operational characteristics for different ship types are taken into consideration, the need for roll stabilizing system will arise. Roll motion stabilization systems are preferred by considering various criteria when chosen for different ship types. In this study, it is aimed to create a systematic procedure for selecting the roll stabilization system in the preliminary design for ships. In order to reduce the roll motion of a fishing boat, roll stabilizing system selection criteria and alternatives have been determined based on expert opinions and literature review. The weightings regarding criterion-alternative relationship are decided by three expert groups of Naval Architecture and Marine Engineer, and the best alternative is determined through hybrid fuzzy AHP-TOPSIS structure.

Keywords: Roll Stabilization Systems, Fuzzy AHP-TOPSIS, Navigation Safety.

To cite this article: Demirel, H. (2018). Gemiler için yalpa dengeleyici sistem seçim kriterleri ve hibrit bulanık ahp-topsis uygulaması. *Journal of ETA Maritime Science*, 6(1), 75-82.

To link to this article: <https://dx.doi.org/10.5505/jems.2018.96636>

1. Giriş

Gemi hareketleri içerisinde yalpa hareketi diğer hareketlere göre daha kritik öneme sahiptir ve her durumda başarıyla sönmülmesi gerekmektedir. Bu nedenle dengeleyici sistemlerin önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Dengeleyici sistemler aktif ve pasif sistemler olarak literatürde yerini almaktadır [1]. Yalpa hareketinin sönmülmesi amacıyla ilk pasif sistem 1870 yılında, ilk aktif sistem ise 1891 yılında uygulanmıştır [2]. Özellikle aktif sistemler, pasif sistemlere kıyasla kontrol edilebilen mekanizmalar oldukları için farklı gemi türleri için çoğunlukla tercih sebebi olmaktadır [3].

Dengeleyici sistemlerle ilgili olarak araştırmacılar yıllar boyunca farklı gemi türlerine aktif ve pasif sistemleri kullanarak uygulamalar yapmışlardır. Webster ve Dogan [4] çalışmasında yalpa hareketinin dengelenmesi amacıyla üç farklı gemi tipi için aktif tank sistemlerinin kullanımını değerlendirmiştir. Baitis [5], Van Amerongen vd [6] ve Ferreiro vd. [7] farklı deniz şartlarında dümen ile yalpa dengelenmesi hakkında incelemelerde bulunmuşlardır. Gawad vd. [8] dengeleyici sistem olarak pasif tank sistemlerini önermiş, bu mekanizmanın kritik durumlarda fin dengeleyici sistemlerle birlikte kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Jones vd. [9] bir balıkçı teknesi için yeni kontrol yöntemlerini kullanarak daha kapsamlı bir tank sistemi önermişlerdir. Marzouk ve Nayfeh [10] pasif ve aktif tank sistemleri üzerine inceleme yapmış, dengeleyici sistem olarak aktif olanı öne çıkarmışlardır. Ma vd. [11] dümen ve fin dengeleyici kanat sisteminin bir arada kullanıldığı bir mekanizmayı önermişlerdir. Su [12] dengeleyici sistem olarak aktif fin sistemlerini incelemiş, verimliliğini simülasyon sonuçlarıyla göstermiştir. Ayob and Yaakob [13] kütle hareketiyle dengeleme üzerine çalışma yapmışlardır. Zihnioglu vd. [14] aktif fin

dengeleyici kanat sistemi üzerine deneysel çalışmalar yaparak yalpa sönmü açısından kullandıkları mekanizmanın verimliliğini ifade etmişlerdir.

Yalpa hareketinin sönmülmesi amacıyla, araştırmacıların yaptığı çalışmalardan da anlaşıldığı üzere tank sistemleri, fin dengeleyici kanat sistemleri, dümen sistemleri ve ağırlık hareketi uygulamaları yapılmıştır. Bu sistemler içerisinde tank sistemlerinin yüksek hacme sahip olması kanat ve dümen sistemlerini tercih aşamasında öne çıkarmaktadır. Kanat sistemleri kendi içinde aktif ve pasif olarak ikiye ayrılmaktadır. Aktif kanat sistemlerinin, dümen sistemine göre maliyet ve düşük hızlarda etkinliğinin az olması olumsuz bir yön olarak düşünülse de, kanat sistemlerinin orta ve yüksek hızlarda yalpa hareketinin genliğini % 90 mertebesine kadar azaltabilme özelliğinin olması, dümen sistemlerinde bu oranın % 75 mertebelerinde olması aktif sistemler ile ilgili yalpa hareketinin azaltılması üzerine literatürde çok sayıda çalışmanın yapılmasına neden olmuştur [3].

Yapılan bütün çalışmalarda teknik açıdan değerlendirmeler yapılmakta ve nihai amacın yalpa hareketinin genliğinin azaltılarak daha güvenli bir seyir sağlama olduğu görülmektedir. Bu noktada farklı bir bakış açısına ihtiyaç doğmaktadır. Kimi zaman en verimli ekipman olarak aktif sistem tercihi yapılırsa dahi örneğin maliyet kriteri bu tercihi kısıtlayabilmektedir. Bu çalışmada aktif ve pasif dengeleyici sistemler ve onlara bağlı kriterler, literatürde bulunan çalışmalardan ve alanında uzman 3 farklı grup Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisi ekibi tarafından belirlenmiş (bu uzmanların ikisi ilgili alanda doktora derecesine sahip, diğeri ise tersanede 7 yıl tecrübeye sahip ve teknik müdür düzeyinde), bulanık AHP-TOPSIS hibrit yapısı kullanılarak, bir balıkçı teknesi için en uygun dengeleyici sistem uzmanların verdiği cevaplar doğrultusunda

yapılan ağırlıklandırmalar neticesinde belirlenmiştir.

2. Dengeleyici Mekanizma Seçim Kriterleri

Yalpa dengeleyici sistemler farklı gemi türleri için seçilirken belli kriterler doğrultusunda karar verilmektedir. Bu noktada teknik olarak performans kriteri yapılan çalışmalarda öne çıksa dahi farklı opsiyonlarında detaylı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin bir savaş gemisi için hızlı ve güvenli manevra kabiliyeti öne çıkarken, yük ve yolcu taşıyan gemiler düşünüldüğünde dengede kalabilmek yeterli olabilmektedir. Bu sistemler seçilirken öne çıkan kriterler literatür incelemesi ve uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenmiş ve aşağıda ifade edilmiştir [21].

İlk Yatırım Maliyeti: Dengeleyici sistem seçimi açısından maliyet kriteri, geminin dizayn aşamasında dikkatle irdelenmesi gereken parametrelerinden bir tanesidir. Farklı gemi türleri için değerlendirildiğinde geminin amacına uygun olarak seçilen yalpa dengeleyici sistem maliyet açısından büyük bir etki oluşturabilmektedir. Özellikle aktif dengeleyici sistemlerin pasif olanlara kıyasla hayli pahalı olduğu bilinmektedir.

Bakım Gereksinimleri: Pasif dengeleyici sistemler hariç olmak üzere diğer aktif dengeleyici sistemlerin periyodik olarak bakıma ihtiyacı vardır bu durumda her gemi için farklı olmak üzere ek bir maliyet ve zaman gereksinimi doğurmaktadır. Dolayısıyla geminin çalışma amacı doğrultusunda sistem seçimi yapılırken bu kriterin dikkatli değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yalpayı Azaltma Oranı (Dengeleyici Sistemin Verimliliği): Geminin yapısına ve özelliklerine bağlı olarak farklı gemiler için değerlendirildiğinde bu parametrede öne çıkmaktadır. Özellikle aktif dengeleyici sistemlerin bu noktada çok daha başarılı olduğu bilinmekte ve literatürde

vurgulanmaktadır. Bu nedenle minimum yalpa durumu beklenen gemilerde bu kriter öne çıkmaktadır.

Mürettebatın Performansı-Yolcuların Rahatlığı: Bu kriterde gemi türlerine ve yapılan operasyonun durumuna göre değerlendirilmesi gereken bir kriterdir. Çünkü kimi zaman mürettebatın hareket kabiliyeti kimi zamanda uzun seyahatlerde yolcuların rahatlığı kritik öneme sahip olabilmektedir.

Dengeleyici Sistemin Çalışabileceği Hız Aralığı: Yalpa omurgası ve tank sistemleri her hızda çalışabilmektedir. Ancak dümen sistemleri ve fin yalpa dengeleyici sistemler düşünüldüğünde düşük hızlarda performanslarının iyi bir etki bırakmadığı, özellikle 10-12 deniz mili ve üzerinde verimlerinin yüksek olduğu vurgulanmaktadır [21].

Su Altındaki Gürültü Durumu: Aktif fin dengeleyici sistemler ve dümen sistemleri çalışırken su altında gürültüye sebebiyet vermektedir. Ancak diğer pasif sistemler için bu durum geçerli değildir.

Ekipmanların Fiyatları: Elbette aktif dengeleyici sistemler pasif sistemlere kıyasla ekipman fiyatı açısından hayli yüksek maliyetlere sahiptir ve bu durum dizayn aşamasında üzerinde dikkatle düşünülmesi gereken bir durumdur. İlk yatırım maliyetinden sonra periyodik bakım ihtiyacı duyan sistemler açısından bu kriter önem arz etmektedir.

Dengeleyici Sistemin Hız, Güç ve Direnç Üzerindeki Etkisi: Yalpa omurga ve fin dengeleyici sistemlerin hız kaybına neden olduğu ve direnç oluşturduğu bilinmektedir. Elbette bu durum toplam güçte düşüşe neden olacak ve seyir şartlarını olumsuz etkileyecektir.

Kargo Taşıma Kapasitesine Etkisi: Herhangi bir dengeleyici sistemin eklenmesi kargo taşıma kapasitesini etkilemektedir. Çünkü gemiye eklenen bir ağırlık stabilite limiti ile direk bağlantılı olarak geminin genel taşıma kapasitesi

üzerinde etki yapmaktadır. Dolayısıyla bu nokta dizayn aşamasında detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir.

Dalga Şartları: Dengeleyici sistemler farklı deniz durumlarında kullanılmaktadır. Özellikle tank sistemleri ve fin dengeleyici sistemler yüksek genlikli dalgaların olduğu deniz durumlarında olumsuz bir şekilde etkilenmekte bu yüzden de geminin çalışacağı deniz durumu değerlendirilerek dengeleyici sisteme karar verilmesi önem arz etmektedir.

Liman Yanaşmaları: Birçok gemi üzerindeki ekipmanlar dolayısıyla hareketi açısından sınırlamalara maruz kalır. Dolayısıyla bu durum uygulanacak dengeleyici sistem açısından kısıtlamalar getirebilmektedir.

Bütün bu kriterler farklı gemi türleri için değerlendirilip, o gemi türü için hangi kriterler öne çıkıyorsa o gereksinimi sağlayan dengeleyici sistem uygulanabilir. Elbette kriterlerin birbiri arasında ve belirlenen alternatif dengeleyici sistemler üzerindeki etkisinin, belli değerlere bağlı olarak, alanında uzman kişilerin yardımıyla belirlenmesi kararın doğru verilmesi açısından uygulanabilecek birçok yöntemin önünü açacaktır. Bu amaçla belirlenen alternatif ve kriterler aşağıda Tablo 1 ve 2'de ifade edilmiştir;

Tablo 1. Dengeleyici Mekanizma Alternatifleri

ALTERNATİFLER
A1: Yalpa Omurgalar
A2: Yalpaya Ters Etki Oluşturan Tank Sistemleri
A3: Aktif Fin Sistemleri
A4: Dümen Sistemleri

Tablo 2. Dengeleyici Mekanizma Seçim Kriterleri

KRİTERLER
C1: İlk Yatırım Maliyeti
C2: Kargo Taşıma Kapasitesine Etkisi

Tablo 2. Dengeleyici Mekanizma Seçim Kriterleri (Devamı)

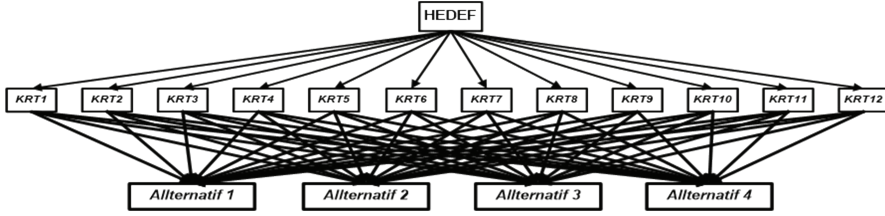
KRİTERLER
C3: Mürettebat Performansı ve/veya Yolcuların Rahatlığı
C4: Dengeleyici Sistemin Hız, Güç ve Direnç üzerindeki etkisi
C5: Bakım Gereksinimi
C6: Yalpayı Azaltma Durumu
C7: Su Altındaki Gürültü Durumu
C8: Ekipmanlarının Fiyatları
C9: Düşük Hızda Çalışma Durumu
C10: Yüksek Hızda Çalışma Durumu
C11: Liman Yanaşmaları
C12: Dalga Şartları

Yukarıda ifade edilen kriterler ve alternatifler alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda şekillenerek, dengeleyici sistem seçimi problemi için Bulanık AHP -Bulanık TOPSIS yöntemlerinden oluşan hibrit yapı kullanılmış 20 m uzunluğunda bir balıkçı teknesi [22] için hangi dengeleyici sistemin kullanımının daha uygun olacağı aşağıda değerlendirilmiştir.

3. Hibrit Bulanık Ahp-Topsis Uygulaması

Hibrit Bulanık AHP-TOPSIS yapısı araştırmacılar tarafından farklı konular özelinde kullanılmıştır. Ertuğrul ve Karakaşoğlu [15] çalışmada tesis yer seçimi için, Kutlu ve Ekmekçioğlu [16] hata türleri ve analizi için, Aikhuele vd. [17] ise gemi ana makinesi arıza teşhisi için bu yönteme ait hiyerarşik yapıyı kullanmışlardır. Bu çalışmada belirlenmek istenen yalpa dengeleyici sistem için belirlenen seçim kriterleri ile alternatifler arasındaki ilişki aşağıda Şekil 1' de gösterilmiştir;

./..



Şekil 1. Alternatif ve Kriterlere Ait Hiyerarşik Yapı

Yukarıda bahsedilen hedefe ulaşmak için kullanılan hibrit yöntemin detayları aşağıdaki gibi verilmiştir.

Değerlendirmeler yapılırken literatürde var olan dilsel ifadeler kullanılmıştır. Çalışmada bu tip ifadeleri kullanarak dengeleyici sistem için alternatifleri ortaya koyma amacıyla, bilinen 5 temel ifade olan “kesinlikle önemli,” “çok güçlü düzeyde önemli,” “gerekli derecede önemli,” “zayıf derecede önemli” ve “eşit derecede önemli” dilsel ifadeler kullanılmıştır [18].

Uzmanlar dilsel ifadeleri kullanarak kendi düşüncelerini ortaya koyarlar. E_{ij}^k , k değerlendiricinin i'inci alternatifin j'inci kritere göre bulanık performans değerini ortaya koymaktadır. Tüm uzmanların değerlendirmeleri $E_{ij}^k = (LE_{ij}^k, ME_{ij}^k, UE_{ij}^k)$ şeklinde ifade edilir. Burada uzmanların kararları kendi bilgi ve tecrübelerine dayanılarak ortaya konulduğundan farklılıklar oluşabilmektedir.

Hiyerarşik sistem içerisindeki tüm kriterlerin içinde olduğu karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Bu aşamada Buckley'in [19] önerdiği geometrik ortalama metoduyla ikili karşılaştırma matrisleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\hat{E}_{ij} = (\hat{E}_{ij}^1 \otimes \hat{E}_{ij}^2 \otimes \dots \otimes \hat{E}_{ij}^n)^{\frac{1}{k}} \quad (1)$$

Bulanık sentetik karar matrisi (\hat{R}_i) aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\hat{R}_i = (\hat{E}_{i1}^1 \otimes \hat{E}_{i2}^2 \otimes \dots \otimes \hat{E}_{im}^m)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Tüm kriterlerin ağırlıkları (\hat{w}_i) aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\hat{w}_i = \hat{R}_i \otimes (\hat{R}_1 \oplus \hat{R}_2 \oplus \dots \oplus \hat{R}_n)^{-1} \quad (3)$$

Alternatiflerin performanslarının ortaya konulmasında ise “çok iyi” “iyi,” “orta iyi,” “orta,” “orta zayıf,” “zayıf,” “çok zayıf,” dilsel değişkenleri kullanılmıştır. Uzmanların kendilerine ait görüşleri bu şekilde ifade etmeleri beklenmektedir [20]. Bu aşamada her bir alternatif verilen dilsel değişkenler kullanılarak her bir kritere göre değerlendirilmektedir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} (\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ij}^K) \quad (4)$$

Bu aşamada, kriterlerin aynı ölçekte değerlendirilmesi için doğrusal ölçeklendirmeli normalizasyon tekniği kullanılmaktadır.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}^*]_{m \times n} \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B; \quad (6)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}^-}{c_{ij}^-}, \frac{a_{ij}^-}{b_{ij}^-}, \frac{a_{ij}^-}{a_{ij}^-} \right), j \in C; \quad (7)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ eğer } j \in B \text{ ise}; \quad (8)$$

$$a_j^- = \max_i a_{ij} \text{ eğer } j \in C \text{ ise}; \quad (9)$$

Sonraki aşamada ise bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak, ağırlık karar matrisi hesaplanır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

Burada $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$ olarak ifade edilir.

Pozitif (A^*) ve negatif (A^-) ideal çözümlerin ortaya konularak ve pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümler aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$A^* = \{V_1^*, V_2^*, \dots, V_j^*, \dots, V_n^*\} = \{[\max_i V_{ij} / j \in J_1], [\min_i V_{ij} / j \in J_2], / i \in 1, \dots, m\} \quad (11)$$

$$A^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\} = \{[\min_i V_{ij} / j \in J_1], [\max_i V_{ij} / j \in J_2], / i \in 1, \dots, m\} \quad (12)$$

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkların ölçülmesi sonucunda alternatiflerin birbirine olan uzaklıkları hesaplanır.

Pozitif ideal çözüme olan uzaklık (S_i^*):

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (13)$$

Negatif ideal çözüme olan uzaklık (S_i^-):

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (14)$$

Bir sonraki aşamada pozitif ideal sonuca olan yakınlık (C_i^*) hesaplanır;

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^* + S_i^-)} \quad (15)$$

Sonuç olarak, en iyi alternatif en yüksek C_i^* değeri olarak hesaplanır.

Bu hesaplamalar gerçekleştirilerek, ilgili kriterlerin ağırlıklandırılmaları (W) ve en iyi bulanık olmayan performans değerleri (BNP) Tablo 3'te, bunlara bağlı olarak elde edilen alternatif sıralamaları (CC) ise Tablo 4'te gösterilerek sonuca ulaşılmıştır.

Tablo 3. Dengeleyici Mekanizmanın Seçim Kriterlerinin Ağırlıkları

	Kriterler	W	W	W	BNP
C1	İlk Yatırım Maliyeti	0,123	0,125	0,120	0,123
C2	Kargo Taşıma Kapasitesi	0,118	0,118	0,114	0,117
C3	Mürettebat konforu ve/veya yolcu konforu	0,091	0,093	0,097	0,094
C4	Dengeleyici Sistemin Hız, Güç ve Direnç üzerinde etkisi	0,094	0,097	0,097	0,096
C5	Bakım Gereksinimi	0,077	0,080	0,083	0,080
C6	Yalpa Azaltma Durumu	0,068	0,068	0,070	0,069
C7	Su Altındaki Gürültü Durumu	0,051	0,047	0,046	0,048
C8	Ekipmanlarının Fiyatları	0,105	0,104	0,102	0,104
C9	Düşük Hızda Çalışma Durumu	0,045	0,041	0,040	0,042
C10	Yüksek Hızda Çalışma durumu	0,066	0,065	0,068	0,066
C11	Liman Yanaşmaları	0,075	0,073	0,073	0,074
C12	Dalga Şartları	0,087	0,089	0,089	0,088

Tablo 4. Dengeleyici Mekanizmanın Alternatiflerinin Ağırlıkları

	d+	d-	CC	
A1	2,952	5,114	0,634	1
A2	4,199	4,697	0,528	3
A3	4,246	4,767	0,529	2
A4	5,090	3,975	0,439	4

4. Sonuçlar

Yalpa dengeleyici sistem seçimi için belirlenen kriterlerin ağırlıkları, uzmanların vermiş olduğu cevaplar doğrultusunda şekillenerek kullanılan hibrit yöntem neticesinde Tablo 3'te detaylı olarak ifade edilmiştir. Kriterlerden yola çıkarak maliyetle ilgili olanların seçim aşamasında önemli ölçüde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bunlara ilaveten dengeleyici sistemin teknik olarak etkisi de yadsınamayacak düzeydedir.

Uygulamada kullanılan balıkçı teknesinin her türlü deniz şartında dengeli ve güvenli bir avlanma gerçekleştirmesi bunlara ek olarak da mürettebatın operasyon kabiliyetinin yüksek seviyede olması beklenmektedir. Ayrıca balıkçılık yönetimini desteklemek açısından da bu konu kritik önem arz etmektedir [23]. Bütün bu gereksinimlerle beraber değerlendirildiğinde, bu şartları sağlayabilecek sistemin Tablo 4'te ifade edildiği üzere en iyi alternatif olarak, yalpa omurga sistemleri olduğu (0,634) uzmanların görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Diğer alternatifler ise uzmanların görüşleri doğrultusunda uygulanabilir olmakla beraber, seçim konusunda ekonomi kriterinin çok etkili olması sebebiyle ilk sırada tercih edilmemiştir. Ekonomiye dayalı kriterlerin etkili olmadığı bir çalışmada diğer alternatiflerin ilk sıralarda tercih sebebi olacağı düşünülmektedir.

Literatürde, balıkçı teknesinin yalpa hareketinin dengelenmesi amacıyla, araştırmacılar tarafından teknik açıdan değerlendirmeler yapılarak alternatif

sistemlerin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır [24,25,26]. Bu çalışmada ise teknik analizlerden farklı olarak, ifade edilen kriterler ve alternatifler ışığında, dizayn aşamasında farklı gemi türleri için çalışma şartları ve operasyonel özellikleri dikkate alınarak en uygulanabilir dengeleyici sistemin belirlenebileceği vurgulanmaktadır. Yapılan uygulama daha sonra yapılacak çalışmalar için hiyerarşik bir yapı sunmakla beraber, görüşlerine başvurulmuş uzman sayısının artırılmasıyla ve DEMATEL, VIKOR, Choquet Integral gibi farklı yöntemlerin kullanımıyla, araştırmacıların ileride yapacağı çalışmalarda farklı gemi türleri için en uygun dengeleyici sistemin belirlenebileceği öngörülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Perez, T. (2005). Ship Motion Control: Course Keeping and Roll Stabilization Using Rudder and Fins, Springer-Verlag London.
- [2] Chadwick, J.H. Jr. (1955). On the Stabilization of Roll, Transaction of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, Cilt: 63, s:237-280, 1955.
- [3] Liu, S., Sun, J.C. ve Chen, S.Z. (1999) Ship's Fin Stabilizer Control Under Sea Wave Disturbance, IEEE International Conference on Electrical and Computer Engineering, Edmonton, Alberta, Canada, s:891-895.
- [4] Webster, W. C., & Dogan, P. (1966). The analysis of the control of activated anti-roll tanks (no. Hydro-tr-490-2). Illinois State Natural History Survey Urbana

- [5] Baitis, A. E. (1989). Ship roll stabilization in the US Navy. *Naval Engineers Journal*, 101(3), 43-53.
- [6] Van Amerongen, J., Van der Klugt, P. G. M., & van Nauta Lemke, H. R. (1990). Rudder roll stabilization for ships. *Automatica*, 26(4), 679-690.
- [7] Ferreira, L. D., Smith, T. C., Thomas, W. L., & Macedo, R. (1994). Pitch stabilization for surface combatants. *Naval engineers journal*, 106(4), 174-191.
- [8] Gawad, A. F. A., Ragab, S. A., Nayfeh, A. H., & Mook, D. T. (2001). Roll stabilization by anti-roll passive tanks. *Ocean Engineering*, 28(5), 457-469.
- [9] Jones, E., Roskilly, A. P., Webster, B., & Birmingham, R. W. (2006). Adaptive roll stabilization of fishing vessels. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 220(1), 13-27.
- [10] Marzouk, O. A., & Nayfeh, A. H. (2009). Control of ship roll using passive and active anti-roll tanks. *Ocean engineering*, 36(9), 661-671.
- [11] Ma, L., Xu, J. X., & Wang, G. F. (2012). Fin/Rudder Joint Roll Reduction Control System Design. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 220, pp. 1091-1094). Trans Tech Publications
- [12] Su, K. H. (2013, December). Anti-rolling fin control for ship stabilization. In *Automatic Control Conference (CACS), 2013 CACS International* (pp. 389-394). IEEE.
- [13] Ayob, A. A. M., & Yaakob, O. (2015). Roll Mitigation of Small Fishing Boat. *Journal of Transport System Engineering*, 2(2), 46-50.
- [14] Zihnioglu, A., Ertogan, M., Tayyar, G. T., Karakas, C. S., & Ertugrul, S. (2016, January). Modelling, Simulation and Controller Design for Hydraulically Actuated Ship Fin Stabilizer Systems. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 42). EDP Sciences.
- [15] Ertugrul I and Karakaşoğlu N. 2008. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *Int J Adv Manuf Technol* 39:783–795
- [16] Kutlu AC AND Ekmekçiöğlü M. 2012. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications* 39(1):61–67
- [17] Aikhuele, D. O., Sorooshian, S., Ansah, R. H., & Turan, F. M. (2017). Application of Intuitionistic Fuzzy Topsis Model for Troubleshooting an Offshore Patrol Boat Engine. *Polish Maritime Research*, 24(2), 68-76.
- [18] Hsieh TY, Lu S and Tzeng GH. (2004) Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *International Journal of Project Management* 22:573–584
- [19] Buckley JJ. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Syst* 15(1):21–31
- [20] Kaya T and Kahraman C. (2011). Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications* 38:6577–6585
- [21] Sellars, F.H., & Martin, J.P. (1991). Selection and evaluation of ship roll stabilization systems.
- [22] Aydin, M., Akyildiz, H., 2005. Assessment of the intact stability characteristics of the fishing boats suitable for turkish water. *ITU publications*, 4.
- [23] Danişman, İke Koşar. Segmentation of Aegean Fishing Fleet and Spatial Distribution of Fishing Capacity. *J ETA Maritime Sci.* 2013; 1(1): 1-6
- [24] Bass, D. W. (1998). Roll stabilization for small fishing vessels using paravanes and anti-roll tanks. *Marine Technology and SNAME News*, 35(2), 74.
- [25] Alarcin, F., & Gulez, K. (2007). Rudder roll stabilization for fishing vessel using neural network approach. *Ocean engineering*, 34(13), 1811-1817.
- [26] Alarçin, F. (2014). Nonlinear modelling of a fishing boat and Fuzzy Logic Control design for electro-hydraulic fin stabilizer system. *Nonlinear Dynamics*, 76(1), 581-590.