

# TERSANELERDE İNŞA EDİLECEK GEMİ TİPİNİN BULANIK TOPSIS ve BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Aylin EROL, Bahadır GÜLSÜN ve Muhsin AYDIN

## ÖZET

Gemi inşa sektöründe, tersanelerdeki yeni inşa talepleri birçok ulusal ve uluslararası faktörlere göre değişim göstermektedir. Bu faktörler başta ekonomik ve siyasal olmak üzere, stratejik ve sosyal birçok değişik nedenlere dayanmaktadır. Dünya genelinde yaşanan ekonomik krizler özellikle son yıllarda Türkiye'deki tersaneleri de etkilemiş olup, sipariş miktarlarının dolayısıyla üretim miktarlarının düşmesine neden olarak, tersanecilikte büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Bu kapsamda, herhangi bir tersanede üretilebilecek bir projenin (gemi tipinin) seçilmesine karar vermek, doğru ve karlı bir yatırım yapmak adına oldukça önemlidir.

Bu makalede, gemi inşa sektöründe görev alan üst düzey yöneticilerden oluşan Karar Vericiler ile yapılan görüşmeler sonucunda, seçim kriterlerinin belirlenmesi ve seçim kararının oluşturulması için, bulanık mantık dahilinde TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile Ülkemizdeki herhangi bir tersanede üretimi gerçekleştirecek olan gemi tipinin seçilmesi incelenmiştir. Bu amaçla, belirlenen Karar Vericiler ile yapılan görüşmeler neticesinde, üretimi gerçekleştirecek olan gemiler teknik karakteristiklerine ve görev alma koşullarına göre gemi tipi olarak gruplandırılmıştır. Oluşturulan kriterler ve alternatif olarak ifade edilen gemi tipleri, belirlenen Karar Vericiler tarafından dilsel ifadeler yardımı ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Daha sonra bu değerlendirmeler üçgen bulanık sayılar kullanılarak, TOPSIS ve VIKOR yöntemleri yardımı ile sayısal olarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar da birbiriyle karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık mantık, Çok amaçlı karar verme yöntemi, TOPSIS yöntemi, VIKOR yöntemi

## DETERMINATION OF SHIP TYPE THAT WILL BE BUILT IN THE SHIPYARDS BY USING FUZZY TOPSIS and FUZZY VIKOR METHODS

### ABSTRACT

New building demands of the shipyards in the shipbuilding industry alter subject to several national and international factors. These factors are based on many different reasons, in particular economic, political, strategic and social reasons. The global economic crisis has affected Turkish shipyards, especially in recent years. A drop in orders and thus production quantities has jeopardized the shipbuilding industry. In this context, the selection of the project

(ship type) to be built in the shipyard is highly significant to ensure an accurate and profitable investment.

Interviews with Decision Makers composed of senior managers working in the shipbuilding industry have contributed to this study. A selection of ship types that will be built in a Turkish shipyard by using TOPSIS and VIKOR methods in the scope of fuzzy logic has been investigated in order to designate the selection criteria and selection decision. For this purpose, ships to be built, which have been determined as a result of the interviews with the designated Decision Makers, have been classified as a ship type according to their technical particulars and purpose. Criteria and ship types expressed as alternatives have been evaluated respectively with the assistance of linguistic expressions by Decision Makers. Afterwards, the numerical analysis of these evaluation has been completed by using triangular fuzzy numbers with TOPSIS and VIKOR methods and the obtained results were compared.

**Keywords:** Fuzzy logic, Multi-criteria decision making method, TOPSIS method, VIKOR method

## 1. GİRİŞ

Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri, ilk olarak 1960'lı yıllarda incelenmiş ve günümüze kadar devam etmiştir. Daha o yıllarda geleceği parlak ve önemli bir çalışma alanı olarak görülen bu yöntemler ile birden çok kritere dayanan problemlerde daha sistematik ve rasyonel karar verme için çeşitli teoriler ve modeller incelenmiş ve geliştirilmiştir.

Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS'in incelendiği [1] nolu çalışmada, bulanık ortamdaki tüm kriterlerin ağırlıkları ve tüm alternatiflerin değerlendirilmesinin üçgen bulanık sayılarla belirtildiği dilsel ifadelerle tanımlanarak, iki üçgen bulanık sayı arasındaki mesafe Verteks yöntemi ile hesaplanmıştır. TOPSIS yöntemine göre; yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüme (FNIS) olan mesafeler hesaplanarak belirlenen tüm alternatiflerin değerlendirilmesiyle tanımlanmıştır. Sonuç olarak Verteks yönteminin iki üçgen bulanık sayı arasındaki mesafeyi hesaplamada efektif ve basit bir yöntem olduğu, bulanık yaklaşımın seçim problemleri, proje seçimi, malzeme seçimi ve daha birçok işletme alanında karar verme problemlerinde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

[2] nolu çalışmada ise çok amaçlı karar verme yöntemlerinden olan VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin temel prosedürleri, toplama fonksiyonu ve normalleştirmeye odaklanılarak gösterilmiştir. Ayrıca sayısal bir örnek ile de bu iki yöntemin karşılaştırmalı analizi yapılmıştır.

Bulanık mantık teorisi, ilk defa 1965 yılında Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley’de Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya konmuştur. Ancak bu teori 1970’li yılların ilk yarısından itibaren kullanılmaya başlanmış olup, özellikle 1980’li yılların ikinci yarısından sonra Japonların bulanık mantığı kullanmasıyla da günümüzde birçok alanda tercih edilir hale gelmiştir. Günlük hayatta kullanılan sözel ve sayısal ifadeler küme olarak düşünüldüğünde, bu ifadeler kişiden kişiye değiştiğinden, karşılaşılan bu belirsizlikler kesinlik yaklaşımıyla modellenememektedir. Bulanık mantık, insan algı ve düşüncelerindeki bu belirsizlikleri bulanık kümelerle modelleyerek, bulanık sayılarla matematiksel olarak ifade etmektedir. Klasik mantıkta, bu ifadeler kavramların kesin değerleri ile 0 veya 1 olarak belirtilirken, bulanık mantıkta bu kavramlar daha geniş ölçüde düşünülerek [0 - 1] arasındaki değerler ile gösterilmektedir. Böylelikle birçok belirsizliğin, karmaşıklıktan uzaklaşarak zihnimizdeki düşüncelerin daha gerçekçi ifade edilmesi sağlanmaktadır.

Chen tarafından önerilen Bulanık TOPSIS Yöntemi, bulanık ortam altındaki grup karar verme problemlerini çözmek için TOPSIS yöntemini genişleten bir sistematik yaklaşımdır. Bulanık TOPSIS yönteminde daha gerçekçi bir yaklaşım için, sayısal değerler yerine dilsel ifadeler kullanılır. Yöntemin uygulanabilmesi için Karar Vericilere, Kriterlere ve Alternatiflere ihtiyaç duyulur. Belirlenen Karar Vericiler, belirlenen kriterleri ve alternatifleri değerlendirirken düşüncelerini sözel olarak ifade ederler. Daha sonra bu dilsel ifadeler üçgen ya da yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek, her bir alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanır. Elde edilen yakınlık katsayıları değerlerine göre sıralanarak, en uygun alternatif seçilir. Bu yöntemde kullanılan kriter ağırlıkları ve alternatif değerlendirmeleri, üçgen bulanık sayılarla belirtilen dilsel ifadelerle yapılır [1].

Bulanık VIKOR Yöntemi ise bulanık çok kriterli problemlerin çözümü için geliştirilmiştir [3]. Bu yöntem; nihai bir karara ulaşmada, Karar Vericilerin yardımı ile çelişkili kriterli bir problem için uzlaşık bir çözüm tanımlamaya ve alternatifler arasında bir sıralamaya dayanmaktadır. Burada uzlaşık çözüm, ideale en yakın uygun bir çözüm olup, uzlaşma karşılıklı ödünler dahilinde oluşan bir anlaşma anlamına gelmektedir. Ayrıca uzlaşık çözüm, ideal çözüme “yakınlık ölçüsü”ne dayanan çok amaçlı sıralama indeksini uygulamaktadır. Her bir alternatifin her bir kriter fonksiyonuna göre değerlendirildiği varsayıldığında, uzlaşık sıralama ideal alternatife yakınlık mesafesi karşılaştırılarak yapılmaktadır. VIKOR yönteminin uygulanabilmesi için, aşağıda belirtilen özelliklere sahip olunması gerekmektedir [4]:

- Fikir ayrılıklarının çözüme ulaştırılmasında uzlaşma kabul edilebilir olmalı

- Karar Verici, ideal çözüme en yakın çözümü kabul etmeye istikrarlı olmalı
- Karar Verici için, fayda ile her kriter fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki olmalı
- Alternatifler, belirtilen tüm kriterler için değerlendirilmeli
- Karar Vericinin tercihleri ağırlıklar ile ifade edilmeli

VIKOR yöntemi, Karar Vericinin etkileşimli katılımı olmadan başlar. Ancak Karar Verici nihai çözümü onaylamaktan sorumludur. Karar Verici, bu nihai çözüme kendi tercihlerini de dahil edebilir [2].

## **2. GEMİ TİPİ SEÇİMİNDE BULANIK TOPSIS YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

Bu bölümde, Ülkemizde bulunan herhangi bir tersanede inşaatı gerçekleştirilecek olan bir gemi tipinin, altı farklı gruptaki gemi tipi arasından, tersanenin misyon ve vizyonuna en uygun olanının seçilmesi incelenmiştir [5]. Bunun için gemi inşa sektöründe bulunan ve üst düzey yönetici olarak görev yapmakta olan beş uzman kişiyle (Karar Vericilerle) görüşülmüş ve TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinde kullanılmak üzere yedi adet kriter belirlenmiştir. Kriterlerin belirlenmesinin ardından alternatifler olarak tanımlanan altı farklı gruptaki gemi tipleri, her bir kritere göre her bir uzman tarafından ayrı ayrı dilsel ifadelerle değerlendirilmiş ve ardından her bir dilsel ifade üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Daha sonra her iki yöntemde de belirlenen bu üçgen bulanık sayılar temel alınarak, ilgili işlemler adım adım yapılmıştır. Karar Vericiler yardımıyla belirlenen bu kriterler Tablo 1 ile sunulmuştur. Ayrıca ilgili alternatifler de Tablo 2 ile sunulmuştur.

**Tablo 1.** Kriterler ve ilgili açıklamalar

KRİTER	AÇIKLAMA
<b>K1: Kredibilitesi yüksek mi?</b>	Firmanın piyasadaki durumu (Fayda Kriteri). Müşterinin sektörde tanınmışlığı, güvenilirliği ve itibarının olup olmaması durumudur. Müşterinin daha önce yapmış olduğu benzer projelerdeki deneyimi ve referanslarının neler olduğuyla ilgili durumudur.
<b>K2: Maliyet ve kar marjı</b>	Projenin oluşturulma veya geliştirilme maliyeti ve kar marjı.
<b>K3: Proje; malzeme, işgücü vs. yönünden ek bir dış kaynak kullanımı gerektiriyor mu? (Ek maliyet oluşturma durumu)</b>	Ek maliyet analizleri ve muhtemel fiyatlandırmalar (Maliyet Kriteri). Tersane üretim kapasitesinin durumu. Burada tersanede mevcut olan vinç, forklift, dorse vs. gibi kaldırma araçlarının kapasitesi, bulunan kızakların kapasitesi (kaç tona kadar olan dayanımı ve denize indirme işlemi için kızak uzatma işlerinin olabilme durumu), atölye ve CNC kesim tezgahı kapasitesi düşünülmelidir. Projenin üretim yöntemi, tersanenin personel kapasitesinin yeterli olup olmadığı, yeni proje ile ihtiyaç duyulacak tedarikçi ve taşeron sayısı, projenin gecikme maliyeti (cezası) dikkate alınmalıdır. Proje anlaşılan süre içerisinde bitmediği takdirde, tersane günlük gecikme maliyetine tabi tutulmaktadır.
<b>K4: Müşteri ile ileride tekrar çalışılabilecek mi?</b>	Piyasa potansiyeli (Fayda Kriteri). Yapılacak yeni projenin ardından aynı müşteride, söz konusu projenin ardından yeni ve daha büyük projelerin gelip gelmeyeceği ile ilgili durumudur.
<b>K5: Müşteri, işletmeye referans sağlar mı? Yeni müşterilerin gelmesini sağlar mı?</b>	Piyasa potansiyeli (Fayda Kriteri). Kabul edilecek yeni proje bizim için stratejik bir şey mi? Bu proje, arkasından yeni müşterilerin gelmesini sağlar mı? Bu kriter, aynı zamanda bazı riskler de taşımaktadır.
<b>K6: Müşteri, üzerinde anlaşılan plana sadık kalıyor mu?</b>	Müşterinin ödemelerini düzenli yapıyor olması ve proje planına sadık kalması durumudur.
<b>K7: Fazladan iş güvenliği çalışmasına gerek var mı?</b>	Yeni proje için tersanedeki mevcut iş güvenliğinin yeterli olup olmama durumudur. Aynı zamanda bu projenin çevreye ekstra zarar vermesi ile ilgili bir kriterdir. Burada kriter değerlendirilirken, tersanelerde olması gereken iş güvenliği dışında ekstra bir iş güvenliği ihtiyacının olup olmaması durumu göz önünde bulundurulmuştur.

**Tablo 2. İlgili alternatifler**

ALTERNATİF	AÇIKLAMA
<b>A1</b>	Genel Kargo Gemileri (Kuru Yük Gemisi, Konteyner Gemisi ve Tanker)
<b>A2</b>	Kimyasal Tanker
<b>A3</b>	LPG Gemisi
<b>A4</b>	Açık Deniz (Offshore) Destek Gemisi
<b>A5</b>	Asfalt Tankeri
<b>A6</b>	Askeri Gemi

Belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan dilsel ifadeler ile bunların üçgen bulanık sayı karşılıkları Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Kriterlerin önem ağırlığının belirlenmesinde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları [1]

Kriterler İçin Dilsel İfadeler	Alternatifler İçin Dilsel İfadeler
<b>ÇD:</b> Çok Düşük, (0, 0, 0.1)	<b>ÇK:</b> Çok Kötü, (0, 0, 1)
<b>D:</b> Düşük, (0, 0.1, 0.3)	<b>K:</b> Kötü, (0, 1, 3)
<b>BD:</b> Biraz Düşük, (0.1, 0.3, 0.5)	<b>BK:</b> Biraz Kötü, (1, 3, 5)
<b>E:</b> Orta, (0.3, 0.5, 0.7)	<b>E:</b> Orta, (3, 5, 7)
<b>BY:</b> Biraz Yüksek, (0.5, 0.7, 0.9)	<b>Bİ:</b> Biraz İyi, (5, 7, 9)
<b>Y:</b> Yüksek, (0.7, 0.9, 1)	<b>İ:</b> İyi, (7, 9, 10)
<b>ÇY:</b> Çok Yüksek, (0.9, 1, 1)	<b>Çİ:</b> Çok İyi, (9, 10, 10)

Kriterlerin belirlenmesinin ardından, Karar Vericiler (KV) Tablo 3'teki kriterlere özgü dilsel ifadeleri kullanarak, mevcut kriterleri önem derecelerine göre değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmeler sonucunda, hem dilsel ifadeler hem de üçgen bulanık sayı ifadeleri Tablo 4 ile verilmiştir.

**Tablo 4.** Kriterlerin Karar Vericiler (KV) tarafından değerlendirilmesi sonucunda elde edilen dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı ifadeleri

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
<b>K1</b>	ÇY: (0.9, 1, 1)	ÇY: (0.9, 1, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)	ÇY: (0.9, 1, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)
<b>K2</b>	ÇY: (0.9, 1, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)	ÇY: (0.9, 1, 1)
<b>K3</b>	Y: (0.7, 0.9, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)	E: (0.3, 0.5, 0.7)	ÇY: (0.9, 1, 1)	E: (0.3, 0.5, 0.7)
<b>K4</b>	BY: (0.5, 0.7, 0.9)	E: (0.3, 0.5, 0.7)	Y: (0.7, 0.9, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)	BY: (0.5, 0.7, 0.9)
<b>K5</b>	Y: (0.7, 0.9, 1)	E: (0.3, 0.5, 0.7)	E: (0.3, 0.5, 0.7)	Y: (0.7, 0.9, 1)	Y: (0.7, 0.9, 1)
<b>K6</b>	ÇY: (0.9, 1, 1)	ÇY: (0.9, 1, 1)	ÇY: (0.9, 1, 1)	BY: (0.5, 0.7, 0.9)	BD: (0.1, 0.3, 0.5)
<b>K7</b>	ÇY: (0.9, 1, 1)	ÇY: (0.9, 1, 1)	BD: (0.1, 0.3, 0.5)	E: (0.3, 0.5, 0.7)	BD: (0.1, 0.3, 0.5)

Bir sonraki adımda ise, Karar Vericiler her bir kritere göre gemi tiplerini tek tek değerlendirmişlerdir. Yapılan bu değerlendirmeler neticesinde, elde edilen dilsel ifadeler ve bunların üçgen bulanık sayı karşılıkları Tablo 5 ile sunulmuştur.

**Tablo 5.** Alternatiflerin kriterlere göre Karar Vericiler tarafından değerlendirilmesi sonucunda, elde edilen dilsel ve üçgen bulanık sayı ifadeleri

KRİTERLER	ALTERNATİFLER	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	A1	E: (3, 5, 7)	Bİ: (5, 7, 9)	Bİ: (5, 7, 9)	BK: (1, 3, 5)	Çİ: (9, 10, 10)
	A2	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)
	A3	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)
	A4	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)
	A5	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)
	A6	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)
K2	A1	Bİ: (5, 7, 9)	E: (3, 5, 7)	Bİ: (5, 7, 9)	BK: (1, 3, 5)	Çİ: (9, 10, 10)
	A2	BK: (1, 3, 5)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)
	A3	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)
	A4	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)
	A5	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)
	A6	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)
K3	A1	E: (3, 5, 7)	BK: (1, 3, 5)	İ: (7, 9, 10)	E: (3, 5, 7)	BK: (1, 3, 5)
	A2	E: (3, 5, 7)	BK: (1, 3, 5)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	BK: (1, 3, 5)
	A3	E: (3, 5, 7)	BK: (1, 3, 5)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	BK: (1, 3, 5)
	A4	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	E: (3, 5, 7)
	A5	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	BK: (1, 3, 5)
	A6	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	E: (3, 5, 7)
K4	A1	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	BK: (1, 3, 5)	İ: (7, 9, 10)
	A2	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)
	A3	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)
	A4	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)
	A5	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)
	A6	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)
K5	A1	E: (3, 5, 7)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)
	A2	E: (3, 5, 7)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)
	A3	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)
	A4	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)
	A5	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)
	A6	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)
K6	A1	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	K: (0, 1, 3)
	A2	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	K: (0, 1, 3)
	A3	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)
	A4	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	BK: (1, 3, 5)
	A5	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	İ: (7, 9, 10)	Bİ: (5, 7, 9)
	A6	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	K: (0, 1, 3)
K7	A1	E: (3, 5, 7)	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	E: (3, 5, 7)
	A2	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	E: (3, 5, 7)
	A3	Çİ: (9, 10, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	İ: (7, 9, 10)	E: (3, 5, 7)
	A4	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	BK: (1, 3, 5)
	A5	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	E: (3, 5, 7)	İ: (7, 9, 10)	E: (3, 5, 7)
	A6	İ: (7, 9, 10)	Çİ: (9, 10, 10)	Bİ: (5, 7, 9)	Çİ: (9, 10, 10)	BK: (1, 3, 5)

Tüm Karar Vericiler için Tablo 5’te parantez içinde sunulan bu üçgen bulanık sayıların birinci değerinin minimumu, ikinci değerinin aritmetik ortalaması ve üçüncü değerinin de maksimumu alınarak, Tablo 6’da gösterildiği gibi tek bir değere indirgenmiş ve böylece bulanık karar matrisi elde edilmiştir.

**Tablo 6.** Bulanık karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	(1, 6.4, 10)	(1, 6.4, 10)	(1, 5, 10)	(1, 7, 10)	(3, 7.4, 10)	(0, 7.6, 10)	(3, 7.2, 10)
A2	(3, 8, 10)	(1, 7.2, 10)	(1, 5.4, 10)	(3, 7.8, 10)	(3, 7.4, 10)	(0, 7.6, 10)	(3, 8.2, 10)
A3	(5, 9.2, 10)	(7, 9.4, 10)	(1, 6, 10)	(3, 8.4, 10)	(5, 8.8, 10)	(5, 8.8, 10)	(3, 8.2, 10)
A4	(7, 9.4, 10)	(5, 8.8, 10)	(3, 8.2, 10)	(7, 9.4, 10)	(5, 9.4, 10)	(1, 8, 10)	(1, 7.2, 10)
A5	(5, 8.6, 10)	(5, 8.6, 10)	(1, 7.4, 10)	(3, 7.8, 10)	(5, 8.6, 10)	(5, 8.8, 10)	(3, 7.6, 10)
A6	(7, 9.4, 10)	(5, 8.8, 10)	(3, 7.4, 10)	(7, 9.4, 10)	(5, 9, 10)	(0, 7.8, 10)	(1, 7.8, 10)

Karar Vericiler tarafından değerlendirilen kriter ağırlıkları (Tablo 4) ise aynı şekilde tek bir üçgen bulanık sayıya indirgenmiş ve bu değerler de Tablo 7’de gösterilmiştir.

**Tablo 7.** Kriter ağırlığının tek bir üçgen bulanık sayı ile gösterilmesi

KRİTERLER	AĞIRLIKLAR
K1	(0.7, 0.96, 1)
K2	(0.7, 0.94, 1)
K3	(0.3, 0.76, 1)
K4	(0.3, 0.74, 1)
K5	(0.3, 0.74, 1)
K6	(0.1, 0.8, 1)
K7	(0.1, 0.62, 1)

Bulanık karar matrisi (Tablo 6), normalize edilmiş ve bu normalize edilmiş karar matrisi Tablo 8’de gösterilmiştir.

**Tablo 8.** Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	(0.1, 0.64, 1)	(0.1, 0.64, 1)	(0.1, 0.5, 1)	(0.1, 0.7, 1)	(0.3, 0.74, 1)	(0, 0.76, 1)	(0.3, 0.72, 1)
A2	(0.3, 0.8, 1)	(0.1, 0.72, 1)	(0.1, 0.54, 1)	(0.3, 0.78, 1)	(0.3, 0.74, 1)	(0, 0.76, 1)	(0.3, 0.82, 1)
A3	(0.5, 0.92, 1)	(0.7, 0.94, 1)	(0.1, 0.6, 1)	(0.3, 0.84, 1)	(0.5, 0.88, 1)	(0.5, 0.88, 1)	(0.3, 0.82, 1)
A4	(0.7, 0.94, 1)	(0.5, 0.88, 1)	(0.3, 0.82, 1)	(0.7, 0.94, 1)	(0.5, 0.94, 1)	(0.1, 0.8, 1)	(0.1, 0.72, 1)
A5	(0.5, 0.86, 1)	(0.5, 0.86, 1)	(0.1, 0.74, 1)	(0.3, 0.78, 1)	(0.5, 0.86, 1)	(0.5, 0.88, 1)	(0.3, 0.76, 1)
A6	(0.7, 0.94, 1)	(0.5, 0.88, 1)	(0.3, 0.74, 1)	(0.7, 0.94, 1)	(0.5, 0.9, 1)	(0, 0.78, 1)	(0.1, 0.78, 1)

Normalize edilmiş karar matrisinde bulunan değerlerin her biri, Tablo 7’de belirtilen ilgili kriter ağırlıklarıyla çarpılarak, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Bu değerler de Tablo 9’da gösterilmiştir.

**Tablo 9.** Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi



	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A1	(0.07, 0.61, 1)	(0.07, 0.6, 1)	(0.03, 0.38, 1)	(0.03, 0.52, 1)	(0.09, 0.55, 1)	(0, 0.61, 1)	(0.03, 0.45, 1)
A2	(0.21, 0.77, 1)	(0.07, 0.68, 1)	(0.03, 0.41, 1)	(0.09, 0.58, 1)	(0.09, 0.55, 1)	(0, 0.61, 1)	(0.03, 0.51, 1)
A3	(0.35, 0.88, 1)	(0.49, 0.88, 1)	(0.03, 0.46, 1)	(0.09, 0.62, 1)	(0.15, 0.65, 1)	(0.05, 0.7, 1)	(0.03, 0.51, 1)
A4	(0.49, 0.9, 1)	(0.35, 0.83, 1)	(0.09, 0.62, 1)	(0.21, 0.7, 1)	(0.15, 0.7, 1)	(0.01, 0.64, 1)	(0.01, 0.45, 1)
A5	(0.35, 0.83, 1)	(0.35, 0.81, 1)	(0.03, 0.56, 1)	(0.09, 0.58, 1)	(0.15, 0.64, 1)	(0.05, 0.7, 1)	(0.03, 0.47, 1)
A6	(0.49, 0.9, 1)	(0.35, 0.83, 1)	(0.09, 0.56, 1)	(0.21, 0.7, 1)	(0.15, 0.67, 1)	(0, 0.62, 1)	(0.01, 0.48, 1)

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra, bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS,  $A^*$ ) ve negatif ideal çözüm (FNIS,  $A^-$ ) değerleri belirlenmiştir. Her bir alternatifin FPIS'den ve FNIS'den olan uzaklıkları ( $d_i^*$  ve  $d_i^-$ ) Verteks yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Böylece elde edilen sonuçlar Tablo 10'da gösterilmiştir. Uzaklıkların belirlenmesinden sonra da son adım olarak her bir alternatif için Yakınlık Katsayıları ( $CC_i$ ) hesaplanmış ve bu katsayılar da Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10.** FPIS ve FNIS'den olan uzaklıklar ve Yakınlık Katsayıları

ALTERNATİFLER	$d_i^*$	$d_i^-$	$CC_i$
A1	4.31	4.59	0.516
A2	4.02	4.72	0.540
A3	3.63	4.98	0.578
<b>A4</b>	<b>3.53</b>	<b>5.03</b>	<b>0.588</b>
A5	3.72	4.91	0.569
A6	3.55	5.00	0.585

Tablo 10 ile verilen yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralandığında, alternatifler de  $A4 > A6 > A3 > A5 > A2 > A1$  şeklinde sıralanmaktadır. Bu durumda 4 nolu alternatif olan Açık Deniz (Offshore) Destek Gemisi en iyi seçim olmaktadır. Bunu Askeri Gemi, LPG Gemisi, Asfalt Tankeri, Kimyasal Tanker ve Genel Kargo Gemileri (Kuru Yük Gemisi, Konteyner Gemisi ve Tanker) takip etmektedir.

### 3. GEMİ TİPİ SEÇİMİNDE BULANIK VIKOR YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Karar Verici Uzmanların yardımıyla, çelişkili kriterli bir problem için uzlaşık bir çözüm tanımlamaya ve alternatifler arasında bir sıralamaya dayanan Bulanık VIKOR Yönteminde de Bulanık TOPSIS Yönteminde kullanılan aynı verilerle değerlendirme yapılmıştır [5]. Söz konusu bu veriler, seçilen Karar Verici Uzmanların Tablo 3'te belirtilen dilsel ifadeler yardımı ile Tablo 5'te belirtilen yedi kritere göre yapmış oldukları alternatif değerlendirmeleridir. Kriter ağırlıkları olarak da Tablo 4 ile verilen ağırlıklar temel alınarak, söz konusu bu verilere Bulanık VIKOR Yöntemi uygulanmıştır.

Daha önce Tablo 7’de verilmiş olan üçgen bulanık sayıların ortalaması alınıp, bu şekilde elde edilen yeni ağırlık değerleri Tablo 11’de gösterilmiştir.

**Tablo 11.** Kriterlerin ortalama ağırlıkları

KRİTERLER	ORTALAMA AĞIRLIKLAR
<b>K1</b>	0.89
<b>K2</b>	0.88
<b>K3</b>	0.69
<b>K4</b>	0.68
<b>K5</b>	0.68
<b>K6</b>	0.63
<b>K7</b>	0.57

Her bir kriter için hesaplanan en iyi  $f_i^*$  (kriter için en iyi fayda değeri) ve en kötü  $f_i^-$  (kriter için en kötü fayda değeri) de Tablo 12 ile verilmiştir.

**Tablo 12.** Her bir kriter için hesaplanan en iyi  $f_i^*$  ve en kötü  $f_i^-$  değerleri

KRİTERLER	$f_i^*$	$f_i^-$
<b>K1</b>	0.88	0.58
<b>K2</b>	0.88	0.58
<b>K3</b>	0.71	0.53
<b>K4</b>	0.88	0.60
<b>K5</b>	0.81	0.68
<b>K6</b>	0.79	0.59
<b>K7</b>	0.71	0.61

Her bir gemi tipinin her bir kriter için bulanık değerlerinin tek tek ortalaması alınmış ve bulunan crisp değerleri Tablo 13’te gösterilmiştir.

**Tablo 13.** Karar matrisi için crisp değerleri ve her bir kriterin ağırlıkları

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>
<b>A1</b>	0.58	0.58	0.53	0.60	0.68	0.59	0.67
<b>A2</b>	0.70	0.61	0.55	0.69	0.68	0.59	0.71
<b>A3</b>	0.81	0.88	0.57	0.71	0.79	0.79	0.71
<b>A4</b>	0.88	0.79	0.71	0.88	0.81	0.63	0.61
<b>A5</b>	0.79	0.79	0.61	0.69	0.79	0.79	0.69
<b>A6</b>	0.88	0.79	0.68	0.88	0.80	0.59	0.63

Değişik  $\nu$  değerleri (maksimum grup faydası) için hesaplanan  $Q_j$  değerleri ise Tablo 14 ile belirtilmiştir.

**Tablo 14.** Gemi tiplerinin değişik  $\nu$  değerleri için sıralama sonuçları

$\nu = 0$ için		$\nu = 0.25$ için		$\nu = 0.5$ için		$\nu = 0.75$ için		$\nu = 1$ için	
Sıralama	$Q_j$	Sıralama	$Q_j$	Sıralama	$Q_j$	Sıralama	$Q_j$	Sıralama	$Q_j$
A5	0.000	A5	0.024	A5	0.049	A3	0.044	A3	0.000
A3	0.177	A3	0.133	A3	0.089	A5	0.073	A4	0.022
A4	0.254	A4	0.196	A4	0.138	A4	0.080	A6	0.075
A6	0.394	A6	0.314	A6	0.234	A6	0.154	A5	0.097
A2	0.772	A2	0.758	A2	0.744	A2	0.731	A2	0.717
A1	1.000	A1	1.000	A1	1.000	A1	1.000	A1	1.000

$S$  (alternatif için ortalama sonuç),  $R$  (alternatif için en kötü sonuç) ve  $Q$  değerlerinin belirlenmesinin ardından bu değerler küçükten büyüğe doğru sıralanmış olup, çözümden kullanılacak sıralama listeleri de Tablo 15 ile verilmiştir.

**Tablo 15.** Değişik  $\nu$  değerleri için duyarlılık analizi sonuçları

$S_j$ Değerine Göre Sıralama	$R_j$ Değerine Göre Sıralama	$Q_j$ Değerine Göre Sıralama				
		$\nu = 0$ için	$\nu = 0.25$ için	$\nu = 0.5$ için	$\nu = 0.75$ için	$\nu = 1$ için
A3	A5	A5	A5	A5	A3	A3
A4	A3	A3	A3	A3	A5	A4
A6	A4	A4	A4	A4	A4	A6
A5	A6	A6	A6	A6	A6	A5
A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2
A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1

Elde edilen sonuçlar Tablo 16 ve Tablo 17'de  $\nu = 0.5$  için gösterilmiştir.

**Tablo 16.** Tüm gemi tipleri için  $S$ ,  $R$  ve  $Q$  değerleri

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
<b>S</b>	4.678	3.711	1.262	1.338	1.594	1.517
<b>R</b>	0.890	0.792	0.537	0.570	0.461	0.630
<b>Q</b>	1.000	0.744	0.089	0.138	0.049	0.234

**Tablo 17.** Gemi tiplerinin  $S$ ,  $R$  ve  $Q$ 'ya göre sıralanması

	1	2	3	4	5	6
<b>S</b>	A3	A4	A6	A5	A2	A1
<b>R</b>	A5	A3	A4	A6	A2	A1
<b>Q</b>	A5	A3	A4	A6	A2	A1

Elde edilen sonucun geçerli olabilmesi için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak o zaman minimum  $Q$  değerine sahip olan alternatif en iyi olarak nitelendirilebilecektir. Bu koşullar aşağıda belirtilmiştir:

### **$C_1$ : Kabul edilebilir avantaj**

En iyi ve ikinci en iyi alternatiflerin  $Q$  değerlerinin farkına ve alternatif sayısına bağlı olarak yapılan bir hesaplama göre, koşulun sağlanıp sağlanmadığı belirlenmektedir.

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ$$

Burada  $a''$ ,  $Q$  değerine göre sıralama listesinde ikinci sırayı alan alternatif,  $a'$  ise en az  $Q$  değerine sahip alternatiftir.  $DQ = 1/(J-1)$  olup, burada  $J$  alternatif sayısını gösterir.

Bu uygulamada en iyi  $Q$  değerine sahip alternatif  $A5$  ve ikinci sıradaki alternatif ise  $A3$ 'tür. Buna göre işlemler aşağıdaki gibidir:

$$A3 - A5 \geq DQ$$

$$0.089 - 0.049 \geq 1/(6-1)$$

$0.04 \geq 0.2$  sonucuna göre eşitlik sağlanmamaktadır. Bu durumda  $C_1$  koşulu sağlanmamaktadır.

### **$C_2$ : Karar vermede kabul edilebilir istikrar**

Elde edilen uzlaşık çözümün, karar verme sürecinde istikrarlı olduğunun kanıtlanması açısından, alternatif  $a'$  nün,  $S$  ve/veya  $R$  değerlerinden en az bir tanesinde en iyi alternatif olmalıdır.  $S$  ve/veya  $R$  değerlerine göre sıralanan alternatiflere bakıldığında,  $S$ 'ye göre en iyi alternatif  $A3$ ,  $R$ 'ye göre en iyi alternatif ise  $A5$ 'tir. Bu durumda  $C_2$  koşulu sağlanmaktadır.

Eğer  $C_1$  ve  $C_2$  koşullarından bir tanesi sağlanmıyor ise o zaman uzlaşık çözüm kümesi aşağıdaki gibi önerilir:

- Eğer  $C_2$  durumu sağlanmıyorsa  $a'$  ve  $a''$  alternatifleri,
- Eğer  $C_1$  durumu sağlanmıyorsa  $a'$ ,  $a''$ , ...,  $a^{(M)}$  alternatifleri ve maksimum  $M$  değeri için  $Q(a^{(M)}) - Q(a') < DQ$  belirlenir.

$$A6 - A5 < DQ$$

$$0.234 - 0.049 < 0.2$$

$$0.185 < 0.2$$

Uzlaşık çözüm kümesi dahilinde  $Q$  değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif, sırasıyla minimum  $Q$  değerlerine sahip olan  $A5$ ,  $A3$  ve  $A4$  alternatiflerinden birisidir. Bu durumda

Asfalt Tankeri, LPG Gemisi ve Açık Deniz (Offshore) Destek Gemisi uzlaşık çözüm kümesi dahilinde değerlendirilecek alternatifler arasındadır.

#### **4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

Bu makalede; gemi inşa eden herhangi bir tersanenin birbirinden farklı gemi tipleri arasından nasıl bir seçim yapması gerektiği incelendi. Bu amaçla, Genel Kargo Gemileri, Kimyasal Tanker, LPG Gemisi, Açık Deniz (Offshore) Destek Gemisi, Asfalt Tankeri ve Askeri Gemi arasından yapılacak seçim; gemi işletmeciliğinde dikkate alınması gereken ekonomik faktörlerin dışındaki gemi işletmeciliği sürecini etkileyen faktörler göz önünde bulundurularak, literatürde yer alan bulanık mantık çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleri ile çözüldü. Hangi gemi tipi inşasının tersane için daha elverişli olduğu saptandı.

Yapılan çalışmanın amacı, gemi inşa sektöründe Bulanık Mantık ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin kullanılarak, tersanelerin daha verimli hale getirilmesi ve kararlarını daha sağlıklı vermesini sağlamaktır.

Çalışmanın uygulaması olarak, belirlenen beş Karar Vericinin altı gruptan oluşan gemi projelerini (gemi tiplerini), belirlenen her bir kritere göre değerlendirmeleri üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek, Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleri ile sayısal olarak analiz edilmiştir. Bulanık TOPSIS Yöntemine göre yapılan analizde en uygun seçim A4, yani Açık Deniz (Offshore) Destek Gemisi olarak tespit edilmiştir. Bunu Askeri Gemi, LPG Gemisi, Asfalt Tankeri, Kimyasal Tanker ve Genel Kargo Gemileri (Kuru Yük Gemisi, Konteyner Gemisi ve Tanker) takip etmektedir. Bulanık VIKOR Yöntemine göre yapılan analizde ise en uygun seçim A5 ve A3 alternatifleri olacaktır. Yani Asfalt Tankeri ve LPG Gemisi uygun projeler (gemi tipleri) olarak seçilebilirken, bunları Açık Deniz (Offshore) Destek Gemisi takip etmektedir. Sonuç olarak, tersane yöneticisi iki yöntemin sonuçları arasından en uygun birini seçebilecektir.

#### **REFERANSLAR**

- [1] Chen, C. T., (2000). “Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment”, Fuzzy Sets and Systems, 114: 1-9.
- [2] Opricovic, S. ve Tzeng, G. H., (2004). “Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, European Journal of Operational Research, 156: 445-455.

- [3] Opricovic, S., (2011). “Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning”, Expert Systems with Applications, 38: 12983-12990.
- [4] Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., (2008). “Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 20 (1): 19-28.
- [5] Erol, A., (2014). “Tersanelerde İmalatı Yapılacak Gemi Tipinin Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleri İle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Aylin EROL



Zenith Gemi İşletmeciliği A.Ş.

Ümraniye, İSTANBUL

Tel: 0216 999 86 00

E. Posta: aerol@zenithmanagement.net

### Özgeçmiş-Aylin EROL

Aylin Erol, Yıldız Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü’nden mezun olduktan sonra, 2014 yılında, yine aynı bölümde lisansüstü eğitimini tamamladı. Eğitimi esnasında tersanelerde çeşitli görevler yapmıştır. 2014 itibariyle de Zenith Gemi İşletmeciliği firmasında çalışmaktadır.

## **Bahadır GÜLSÜN**



Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Makine Fakültesi,  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Tel: 0212 383 28 71  
E. Posta: bahadir@yildiz.edu.tr

### **Özgeçmiş-Bahadır GÜLSÜN**

Y. Doç. Dr. Bahadır Gülsün, Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Endüstri Anabilim dalında görev yapmaktadır. Çalışma alanları arasında üretim planlama ve kontrol, tesis yer seçimi ve tesis tasarım, malzeme taşıma sistemleri, çok ölçütlü karar verme ve iş güvenliği konuları bulunmaktadır.

## **Muhsin AYDIN**



Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi,  
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü  
Tel: 0212 383 29 47

E. Posta: [muhsina@yildiz.edu.tr](mailto:muhsina@yildiz.edu.tr)

### **Özgeçmiş-Muhsin AYDIN**

Muhsin AYDIN, 2002 yılında, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Mühendisliği Programından Dr. unvanını aldı. Başlıca çalışma konuları, gemi form tasarımı, gemi direnci ve sevki, gemi dizaynı, balıkçı gemileri, balıkçılık sistemleri, yat ve gezinti tekneleri, YTÜ yuvarlak ve ayna kışlı gulet serileri, deniz sağlık botları/gemileri ve MatLab ile analitik ve sayısal çözümleme şeklindedir. Halen YTÜ Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümünde, Doç. Dr. olarak görevine devam etmektedir.