

Tersanelerde İnşa Edilecek Gemi Tipinin Belirlenmesinde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması

Orçun Balbaş¹, Eda Turan²

orcun.balbas@gmail.com¹, edaturan@yildiz.edu.tr²

^{1,2}Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, tersanelerin dünya pazarındaki rekabet ortamında başarılı olabilmelerini sağlamada karar verme aşamalarında uygulayabilecekleri çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık mantık ile sentezlenmiş bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak, özel bir tersanenin inşa edebileceği ideal geminin tipinin belirlenme uygulaması yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk bölümde verilen genel bilgiler ve literatürün ardından ikinci bölümde karar verme, üçüncü bölümde karar verme yöntemleri, dördüncü bölümde bulanık mantık ve yöntemler ve beşinci bölümde uygulama ile elde edilen veriler sunulmaktadır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen genel sonuçlar ve değerlendirmeler verilmiştir.

Teknoloji gelişimi ile farklılaşan müşteri talepleri ve gemi tiplerinin evrilmesi ile, pazarda yerini koruma çabası içerisinde giren gemi inşa sektörü firmaları özellikle proje yönetimlerine verdikleri önem artmaktadır. Gemi inşa sektörü içerisinde proje yönetiminde öne geçmek isteyen işletmelerin, bu çalışmada incelenen karar verme ve çok kriterli karar verme yöntemlerini benimsemeleri ve işletmedeki her karar aşamasında bu yöntemleri kullanmalarının faydalı olacağı düşünülmektedir. Her ayrı karar verme aşamasında uygun yöntem süreçlere basit şekilde entegre edilerek, süreçlerin ve kararların iyileştirilmesinde büyük katkı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS, Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Gemi Tipi Seçimi.

Application of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods in Selection of Ship Type to be Built in Shipyards

Orçun Balbaş¹, Eda Turan²

orcun.balbas@gmail.com¹, edaturan@yildiz.edu.tr²

^{1,2} Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey

ABSTRACT

In this study, the multi - criteria decision making methods of fuzzy logic, fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS were utilized to determine the ideal class of ships that a specific shipyard can build during the decision making stages of shipyards for them to be successful in the competitive environment of the world market. For this purpose, a general information and related literature are reported in the first chapter. Decision making, decision-making methods, fuzzy logic, fuzzy decision methods and the data obtained by implementation are presented consecutively in the chapters that follow. In the last section, general results and evaluations obtained from the study are given.

With the ever-evolving customer demands and differentiated ship types due to the development of technology and the importance given to the project management by shipbuilding companies, which are in an effort to maintain their place in the world shipbuilding market, is increasing. It is suggested that the companies, which would like to take the lead in project management within the shipbuilding sector, should adopt the decision-making and multi-criteria decision making methods examined in this study and use these methods in every decision stage. The appropriate method will be integrated into every decision-making process and contributes to the improvement of processes and decisions.

Keywords: Multi Criteria Decision Making, Analytic Hierarchy Process, TOPSIS, Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Ship Type Selection.

1. Giriş

Her sektörde olduğu gibi günümüzde gemi inşaat sektöründe de çağdaş yönetim anlayışıyla birlikte kurulan proje yönetim sistemleri, tersanelerin karmaşık faaliyetlerini planlı, düzenli ve kontrollü bir şekilde yerine getirmeleri ile üstlenilen projeleri öngörülen süre, kalite ve maliyette tamamlamalarını mümkün kılmaktadır.

Tersanelerin aynı anda birçok gemi projesini paralel bir şekilde yürütebilmesi, gemi boyutlarındaki büyüme, yabancı armatörlerle çalışmanın başlaması, birçok sanayi dalının bir araya gelerek tek bir koldan idare edilmeye çalışılması gibi nedenlerden ötürü ve karşılaşılabilecek karışıklıkları önlemek için tersanelerdeki üretim faaliyetlerine bir düzen getirme ihtiyacı doğmuş ve üretim planlama konusuna önem verilmeye başlanarak bu eksiklik giderilmeye çalışılmaktadır.

Proje yönetiminde doğru zamanda doğru kararı vermenin önemli olduğu yapılan son çalışmalar ile görülebilmektedir. Tersanelerde de projenin her aşamasında karar verme yöntemlerinin uygulanabilirliği gösterilmiş ve bu sayede doğru kararlar alınarak projelerde başarı oranının artmasına katkı sağlamıştır.

1699 yılında De La Hire tarafından başlatılan proje ve proje yönetimi kavramları üzerine ilk çalışmalar, Frederick W. Taylor tarafından da hayatımıza giren birçok tanımı yapılmıştır. 1900 yıllar ile de T. Saaty tarafından AHP, Benayoun Roy tarafından ELECTRE, M. Roubens tarafından TOPSIS, Hwang ve Yoon tarafından PROMETHEE, A.M. Gomes tarafından da VIKOR yöntemleri gibi çok kriterli karar verme yöntemleri önerilmiş ve günümüzde de karar verme aşamalarında sıkça kullanılmaktadır.

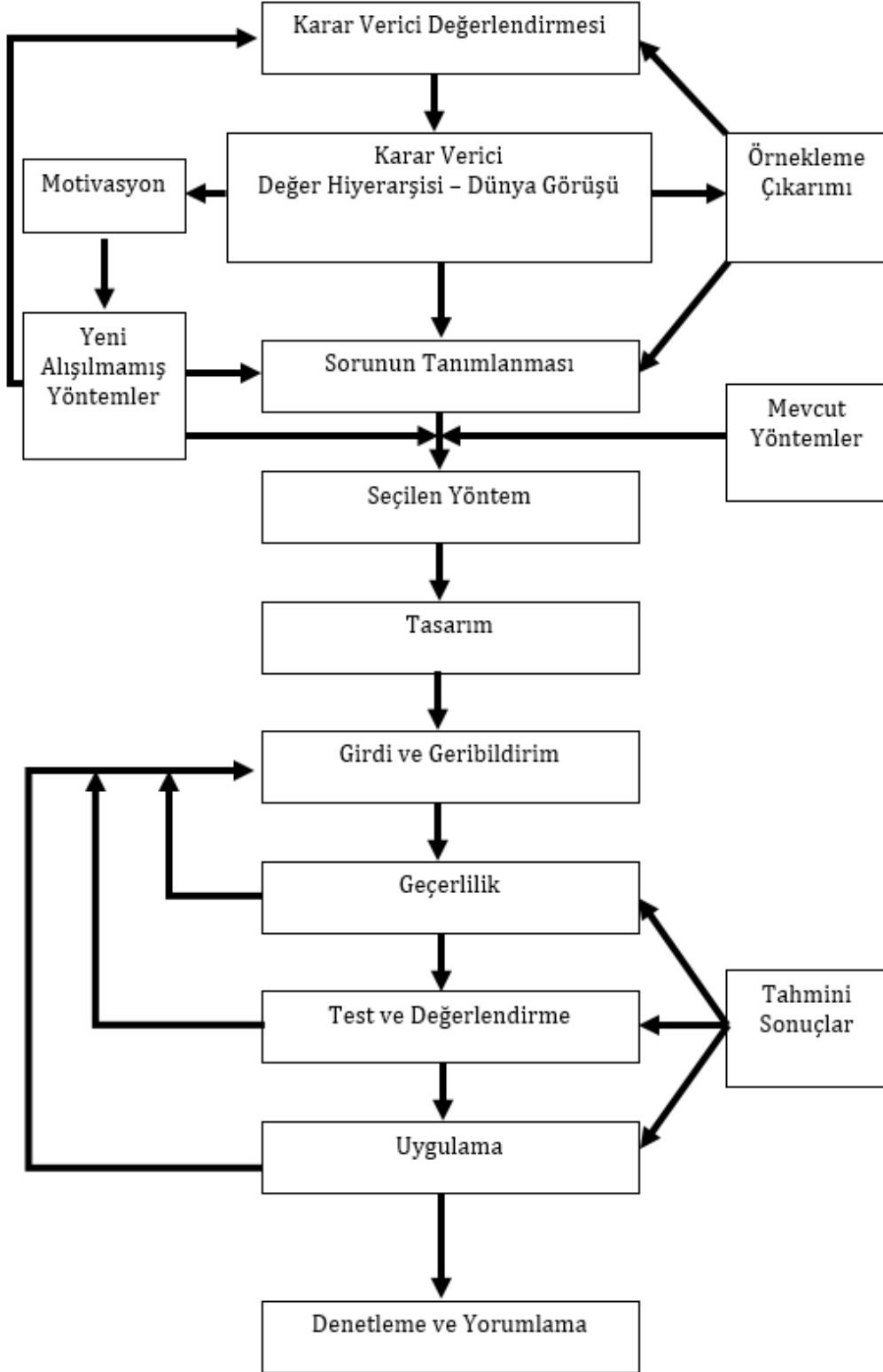
Kafalı ve diğ. (2015), çok kriterli karar verme yöntemlerini boru kesim makinesi seçiminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Hui-li ve diğ. (2009), tersane projelerindeki riski tanımlamada AHP'nin üstünlüklerini analiz etmişlerdir. Matulja (2009), AHP yöntemiyle hiyerarşik bir model kurmuş ve çalışılan yöntem bilim ile en uygun tersane yerleşim tasarımı optimizasyonu üzerine uygulamıştır. Erol ve diğ. (2015), bir tersanenin geleceğinin şekillenmesinde ve dünya pazarında önemli bir pay sahibi haline gelebilmesi için en önemli kararlardan birisi olan, tersanenin üreteceği gemi tipinin seçiminde üçgen bulanık sayılar kullanarak TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Cengiz (2007), bir tersane kurulum yatırımının yapılabilmesi için seçilecek yerin belirlenmesinde, AHP yönteminin geliştirilmiş hiyerarşi yapısını kullanmıştır. Mentş (2010), bulanık ortamda çok noktalı bağlama sistemi seçim probleminin çözümü ve öz niteliklerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında bulanık AHP, bağlama sistemlerinin sıralanması ve seçimi aşamasında ise bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Uzun ve Kazan (2016), gemi dizayn süreçlerinde önemli aşamalardan biri olan ana makine seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Kırdaglı (2010), çalışmasında Türkiye'deki tersanelerin çalışma verimliliği ve performanslarındaki düşüklüğün sebeplerini araştırmış ve verimliliği etkileyen faktörleri bulanık AHP yöntemi ile analiz ederek ve etki değerlerini ortaya koyarak sistemin aksayan yönlerinin belirlenmesini sağlamıştır. Çakıroğlu ve diğ. (2018), farklı itme sistemlerinin alternatifler olarak belirlendiği römorkör seçiminde tasarım, işletme ve finansal tabanlı kriterlerini barındıran bir sayısal seçim çalışmasını bulanık analitik hiyerarşi prosesini kullanarak analiz etmiştir. Jiao ve diğ. (2016), çalışmalarında deniz kazalarının artması, yüksek beklentiler ve deniz savaşlarının modernleşmesi nedeniyle gemilerin bu değişimlere uyum kavramının daha da önem kazandığını belirterek AHP ve entropi ağırlıklandırma yöntemleri ile beş gemi alternatifinin optimizasyonu ve değerlendirilmesi yapmışlardır.

Çalışmanın ana amacı, tersanelerin dünya pazarındaki rekabet ortamında başarılı olabilmelerini sağlamada karar verme aşamalarında uygulayabilecekleri çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık mantık ile sentezlenmiş bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak, özel bir tersanenin inşa edebileceği ideal geminin tipinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda ilk bölümde verilen genel bilgiler ve literatürün ardından ikinci bölümde karar verme, üçüncü bölümde karar verme yöntemleri, dördüncü bölümde bulanık mantık ve yöntemler ve beşinci bölümde uygulama ile elde edilen veriler sunulmaktadır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen genel sonuçlar ve değerlendirmeler verilmiştir.

2. Karar Verme

Karar verme, genel anlamda, karar vericinin değişik alternatifler arasından, kendi amaçlarına uygun, kendisince önceden belirlenmiş belirli kriterlere göre en uygun alternatifi seçebilmesidir. Kleindorfer ve diğ. (1993) göre, algılanan ihtiyaçlara özgü kasıtlı ve düşünceli seçim olarak tanımlanmıştır. Liebowitz'e (1990) göre, bilgi toplama, ağırlıklandırma, olası diğer seçenekleri arama ve iyi yargılanmış

bir seçim yapma gibi adımlardan oluşan bir süreçtir. Bu süreç içinde mevcut tüm alternatifler, faaliyetler, seçenekler, olasılıklar, stratejiler içinden, amaç veya amaçlara en uygun ve mümkün bir veya birkaçı seçilir. Kuruüzüm ve diğ. (2001) göre, karar verme, hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde alternatif eylem planlarından birini seçme sürecidir. Liebowitz (1990), en genel haliyle karar verme sürecini Şekil 1’de göstermektedir.



Şekil 1. Liebowitz 'in karar verme süreci.

İyi ve doğru bir karar (Liebowitz, J., 1990) :

- Bireyin veya kuruluşun amaçlarını dikkate almalı, amaçlara ulaştıracak şekilde oluşturulmalıdır.
- En az harcama ve fedakârlıkla, maliyetler minimumda tutularak uygun değer sunucu verecek biçimde meydana getirilmelidir.
- Zamanında alınmalıdır.
- İşletme ve bölümünün olanaklarına uygun olmalıdır.
- Olabildiğince hızlı uygulamaya konulan ve sonuç alınan karardır.
- Bilimsel ölçütleri de dikkate alınarak verilmelidir.

Karar vericinin daha önceki tecrübeleri ve yaşanmışlıkları problemi tanımlama aşamasında kendisini yönlendirmektedir. Karar verici daha sonra tecrübelerine ve yaşanmışlıklarına göre problemde bir çıkarım yapar. Yapılan bu çıkarıma göre de sahip olduğu mevcut çözümleri belirler ve karar verme durumuna özel olarak yeni alışılmamış yöntemler bulmaya çalışır. Ortaya konan tüm yöntemlerden bir tanesini seçer. Seçilen yöntem girdi ve geri bildirim ihtiyacı duyan bir tasarım gerektirir ve karar verici tahmini sonuçlarını belirler. Seçilen yöntem aynı zamanda geçerlilik, test ve değerlendirme ile uygulama gerektirir. Test ve değerlendirme ile uygulama sonuçları tahmini sonuçlar ile karşılaştırılır ve yorumlanır.

Yapılan literatür araştırmasında, incelenen örnekler ve günümüzde yapılan çalışmaları temel alarak proje yönetim süreci aşağıdaki başlıklar altında yürütülmektedir:

1. Problemin ya da Projenin Tanımlanma Süreci
2. Alternatiflerin Araştırılması ve Değerlendirilmesi
3. Modelleme ve Çözüm Tekniğinin Bulunması
4. Seçim İşleminin yapılması
5. Uygulama
6. Değerlendirme (Geri Bildirim)

3. Karar Verme Yöntemleri

Karar vericiler ile birlikte organizasyonlar ve işletmeler bu hırslı rekabet ortamında var olabilmek ve sektörlerinde idamelerini sağlayabilmek için birçok ortamda farklı ve etkili kararlar almak zorundadırlar. Bu kararları alırken, karar vericiler doğru ve güvenilir verilere ve bu verileri doğru şekilde değerlendirecekleri doğru süzgeçlere ihtiyaçları vardır. Doğru işi doğru zamanda doğru şekilde yapmak, karar vericileri ve firmaları diğerlerinin önüne geçirmede en büyük etkidir. Bu yüzden karar verme süreçlerine bilimsel tekniklerin dâhil edilerek analitik değerlendirmeler ile elde edilen sonuçların daha güvenilir olmasına ve sübjektif kararlardan uzaklaşarak eleştirel bakış açısıyla sağlam değerlendirmelerin elde edilmesine yardımcı olur. Çeşitli karar problemleri ile karşı karşıya kalan yöneticiler için zor problemlerden biri de, alternatifler kümesinden uygun alternatifin seçilmesidir. Bu seçim prosedürüne çelişen ve fazla sayıda kriter dâhil olduğundan geleneksel seçim prosedürlerinin kullanılması gerçekçi bir çözüm sunmaz. Bu nedenle iki yöntem konu başlığı olarak incelenebilen, güncel çok amaçlı karar verme yöntemleri ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımı günümüzde önem kazanmıştır.

3.1 Çok amaçlı karar verme yöntemleri

Karar vericiden bilgi istenmeyen yöntem olan Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) kavramı, problem ile ilgili kısıtlar ve genel amaçların tanımlanmasını takiben karar vericinin amaçlar arası ya da diğer kişisel tercihleriyle ilgili bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır. Dolayısıyla, karar vericinin yöntemin bulunduğu

çözümü kabul edeceği varsayılmaktadır. Böylece karmaşık ve anlaşılması zor konuları analiz ederek karar sürecini sistematik şekilde yürümesini sağlar. Bu metot, karar vericinin çözümün elde edilmesinde analist tarafından rahatsız edilmemesini, yöntemin ve sonuçlarının manipüle edilmemesini sağlamaktadır. Fakat buna karşılık önemli bir eksikliği ise analistin, karar vericinin tercihleri ile ilgili olarak birçok kabul yapması gerektiğidir. Bunu yapmak ise en iyi ve en bilgili analist için bile zor olmaktadır. Analistin yaptığı varsayımların hatalı olması durumu, problemin sonuçlarının hatalı olmasına yol açabilmektedir (Yusufoğlu, 2001)

3.2 Çok amaçlı karar verme yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) kavramı, birden fazla ve genelde birbiri ile çelişen kriterlerin varlığında karar vermek olarak tanımlanır. Kriterlerin bu süreç içerisindeki anahtar rolü, alternatiflerin etkinliklerini ölçmeyi sağlaması, alternatiflerin değerlendirmesi için temel alınacak özelliklerden oluşan değerlendirme ölçütlerini belirlemesi ve çözüm sürecinde karar verme için gerekli olan standartları ve sınırları çizmesidir (Jahanshahloo ve diğ. 2006).

Yapılan araştırmalar ve çalışmalar ile çok sayıda ÇKKV yöntemleri geliştirilmiş ve halen yönetim ve karar verme süreçlerinde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en sık kullanılanları “Analytic Hierarchy Process” (AHP), “Elimination and Choice Translating Reality English” (ELECTRE), “The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory” (DEMATEL), “Technique for Order Preference by Similarity Ideal Solution” (TOPSIS), “The Preference Ranking Organization Method for Enrichment” (PROMETHEE) ve “Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje” (VIKOR) yöntemleridir. Literatürde çok sayıda çok kriterli karar verme yöntemi geliştirilmiş olsa da, karar verici bu yöntemlerden hangisinin problemini çözmede ve ideal sonucu vermede yardımcı olacağını belirlemesi zor olabilir. Ayrıca çok kriterli problemlerde kriterler insanların tecrübelerine dayandığından problemlerdeki kriterler çoğu kez birbiri ile çelişmektedir. Bu nedenle yalnız tecrübeye değil, nicel ve nitel veriler kullanılarak objektif ve sübjektif kriterlere göre kararlar alınmalıdır.

Karar vericinin aşağıda belirtilen adımları izlemesi faydalı olacaktır:

- Amaçların ve problemin belirlenmesi
- Kriterlerin oluşturulması
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Yöntemin belirlenmesi
- Karar probleminin modelinin oluşturulması
- Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi
- Modelden çözüm elde edilmesi
- Genel değerlendirme ve karar
- Kararın incelenmesi ve uygulamaya konması

4. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılmıştır. Bulanık mantık kuramı, içerdiği faaliyetlerin ve gözlemlerin ifadesi kesinlik içermeyen ve belirsiz olan problemlerin çözülmesi için geliştirilmiş, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması ile günümüzde tüm dünyada yaygın bir şekilde tanınmış ve kullanılmaktadır.

Bulanık mantık teorisi temelde, insan düşünce ve algılarındaki belirsizliklerle ilgilenir ve bu belirsizlikleri sayısallaştırmaya çalışır. Bu teori klasik matematiğin çok yetersiz kaldığı, özünde belirsizlik veya kesinlik içermeyen karar verme problemlerine, kesinlik kazandırıp çözümdeki sorunları ortadan kaldıran,

kavramlar ve yöntemler sunmaktadır. Gerçek bir olayın kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sebebiyle tam anlamı ile mümkün olamadığından, insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir (Zadeh, 1965).

4.1 Bulanık kümeler kuramı

Klasik sistem kuramının matematiksel yöntemleri, gerçek dünyadaki özellikle insanları içeren karmaşık sistemlerle uğraşırken Zadeh'e (1965) göre yetersiz kalmaktaydı. Bu durumun üstesinden gelebilmek için Zadeh, niteliklerin üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümeler tanımlamasını önermiştir. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnelere kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir.

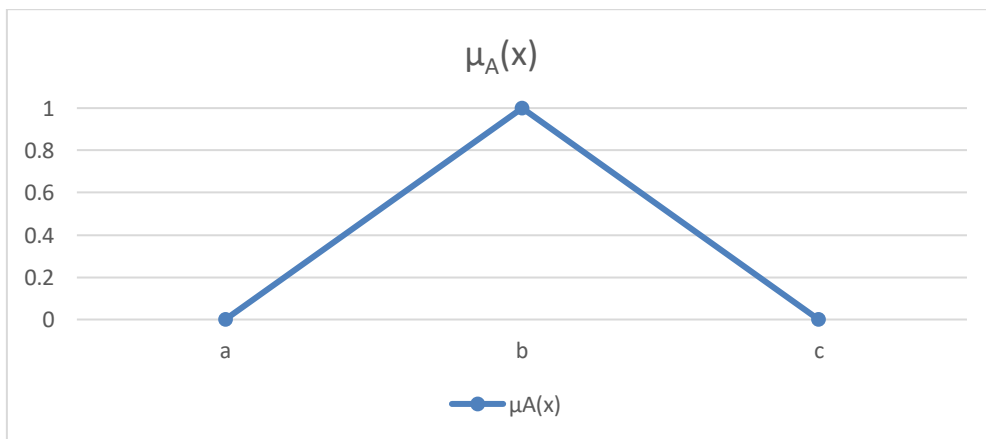
Üyelik fonksiyonu ve ya karakteristik fonksiyon, E evrensel kümesine ait bir x elemanının, A alt kümesine ait olma derecesini veren bir fonksiyondur ve $\mu_A(x)$ ile gösterilir. $\forall x \in E$ için $\mu_A(x) \in [0,1]$ olmaktadır. Burada $[0,1]$, 0'dan 1'e kadar olan kapalı aralığı temsil etmektedir. $\mu_A(x)$ alt kümesi, bulanık alt küme veya bulanık küme olarak adlandırılır. Bulanık küme, yalnızca 0 (ait değil) veya 1 (ait) değerlerini almamakta bunlardan başka 0 ve 1 arasında değerler de alabilmektedir (Zadeh, 1965).

4.2 Bulanık sayılar

4.2.1 Üçgen bulanık sayılar

Üçgen bulanık sayılar (a, b, c) şeklinde üç elemandan oluşan sayılardır. Şekil 5.1'de gösterilen üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b \leq x < c \\ 0 & , x > c \end{cases} \quad (1)$$

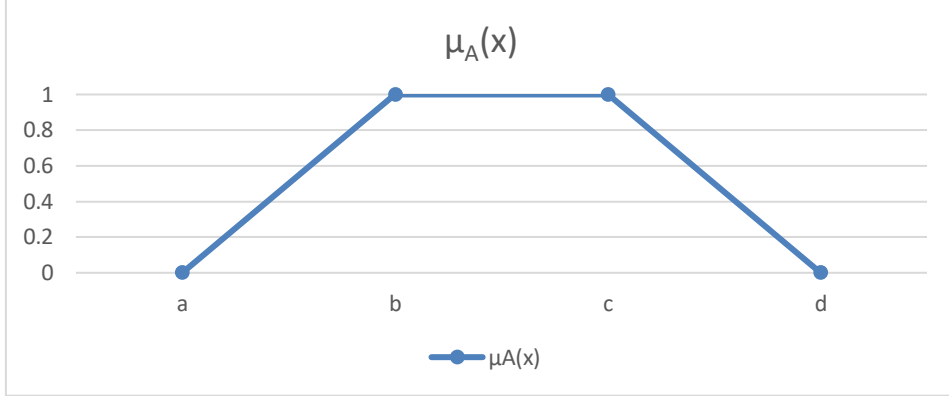


Şekil 2. Üçgen bulanık sayı.

4.2.2 Yamuk bulanık sayılar

Yamuk bulanık sayılar " a, b, c, d " şeklinde dört sayı ile temsil edilen sayılardır. Şekil 5.2'de gösterilen yamuk bir bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıdaki ifade ile belirlenir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x < b \\ 1 & , b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & , c \leq x < d \\ 0 & , x > d \end{cases} \quad (2)$$



Şekil 3. Yamuk bulanık sayı.

4.3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Klasik Analitik Hiyerarşik Prosesi yöntemi belirsizlik durumunda karar verme işlemini gerçek ortama tam uygun olarak gerçekleştiremediğinden dolayı, bulanık mantıkla bütünleştirilerek Bulanık Analitik Hiyerarşik Prosesi (BAHP) ile adlandırılan yöntem ortaya konmuştur. Bu yöntemde karar verici genellikle kesin ve net değerler içeren nitelendirmeler yapmak yerine, ara değerlerden oluşan ve problemi gerçek dünyaya daha doğru şekilde nitelendirebilecek değerlendirme yapmayı daha güvenilir bulmaktadır (Zhu ve diğ. 1999).

Bulanık AHP konusundaki ilk çalışma 1983'te Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından yapılmıştır. Van Laarhoven ve Pedrycz bu çalışmalarında üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranları kıyaslamışlardır. Buckley 1985'teki çalışmasında yamuk bulanık sayıları kullanarak karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir. Stam, Minghe ve Haines (1996) son geliştirilen yapay zeka tekniklerinin AHP'deki kullanımlarını açıklamışlardır. Chang 1996'da bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma skalasında üçgensel bulanık sayıları kullanarak ve ikili karşılaştırmaların sentetik mertebe değerleri için mertebe analizi metodunu kullanarak bulanık AHP için yeni bir yaklaşım getirmiştir. Bu çalışmada Buckley Type 1 yaklaşımı uygulanmıştır.

Buckley yaklaşımının diğer bir çözüm uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır:

- **Adım 1:** Kriterler, alt kriterler ve alternatifler için ikili karşılaştırma matrisleri, dilsel (sözel) terimler kullanılarak oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisinin her elemanı (a_{ij}) , dilsel terimine karşılık gelen bulanık bir sayıdır. Buna göre ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi gösterilir;

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{21} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{m1} & \tilde{a}_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

5.22 eşitliğinde görülen matriste bulunan bulanık sayılar üçgen bulanık sayı olarak varsayılarak (5.23) eşitliğindeki gibi tekrar yazılabilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & (a_{12l}, a_{12m}, a_{12u}) & \cdots & (a_{1nl}, a_{1nm}, a_{1nu}) \\ (a_{21l}, a_{21m}, a_{21u}) & 1 & \cdots & (a_{2nl}, a_{2nm}, a_{2nu}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{n1l}, a_{n1m}, a_{n1u}) & (a_{n2l}, a_{n2m}, a_{n2u}) & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Kriterlerin değerlendirilmesinde ikili karşılaştırma matrislerinde bulunan dilsel (sözel) terimlere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 1. Bulanık üçgen sayıların önem dereceleri

Tanım	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit derecede önemli	(1, 1, 3)	(1/3, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Kuvvetli derecede önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Kesin daha önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

- **Adım 2:** Her bir bulanık ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı incelenmiştir. Bulanık çiftli karşılaştırma matrislerinin tutarlılığını kontrol etmek için, çiftli karşılaştırma değerleri derecelendirilmiş ortalama entegrasyon yaklaşımı ile bulanıklaştırılır. $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$ 'nin bulanık bir pozitif karşılıklı matris olduğunu ve $A = [\tilde{a}_{ij}]$ 'in bulanıklaştırılmış pozitif karşılıklı matris olduğunu varsayalım. Karşılaştırma sonuçlarının tutarlı olması durumunda, sonuçların da tutarlı olduğu anlamına gelebilir. Kademeli ortalama entegrasyon yaklaşımına göre, üçgen bulanık bulanık bir sayı, aşağıdaki eşitlik kullanılarak net bir sayıya dönüştürülebilir:

$$A = \frac{l+4m+u}{6} \quad (5)$$

İkili karşılaştırmalar tutarlı değilse, uzmanlar ikili karşılaştırmaları yeniden değerlendirmelidir.

- **Adım 3:** Kriterleri ve alternatifleri ağırlıklandırmak için, her bir matris sırası için bulanık geometrik ortalaması hesaplanır. İlk önce, her satırdaki üçgen bulanık sayıların ilk parametrelerinin geometrik ortalaması hesaplanır:

$$\begin{aligned} a_{1l} &= [1 \times a_{12l} \times \dots \times a_{1nl}]^{1/n} \\ a_{2l} &= [a_{21l} \times 1 \times \dots \times a_{2nl}]^{1/n} \\ &\dots \\ a_{il} &= [a_{n1l} \times a_{n2l} \times \dots \times 1]^{1/n} \end{aligned} \quad (6)$$

Sonra, her satırdaki üçgen bulanık sayıların ikinci ve üçüncü parametrelerinin geometrik ortalamaları sırasıyla hesaplanır:

$$\begin{aligned} b_{1m} &= [1 \times b_{12m} \times \dots \times b_{1nm}]^{1/n} \\ b_{2m} &= [b_{21m} \times 1 \times \dots \times b_{2nm}]^{1/n} \\ &\dots \\ b_{im} &= [b_{n1m} \times b_{n2m} \times \dots \times 1]^{1/n} \end{aligned} \quad (7)$$

Üçüncü parametrelerinin geometrik ortalaması aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} c_{1u} &= [1 \times c_{12u} \times \dots \times c_{1nu}]^{1/n} \\ c_{2u} &= [c_{21u} \times 1 \times \dots \times c_{2nu}]^{1/n} \\ &\dots \\ c_{iu} &= [c_{n1u} \times c_{n2u} \times \dots \times 1]^{1/n} \end{aligned} \quad (8)$$

Satırdaki geometrik ortalama değerlerin toplamının düşük parametreler için a_{1s} , orta parametreler için a_{2s} ve üst parametreler için a_{3s} olduğu varsayılır. Son olarak \tilde{r}_{ij} matrisi yukarıda elde edilen a_{ij} değerleri kullanılarak elde edilir:

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{pmatrix} \left(\frac{a_{1l}}{a_{3s}}, \frac{b_{1m}}{a_{2s}}, \frac{c_{1u}}{a_{1s}} \right) \\ \left(\frac{a_{2l}}{a_{3s}}, \frac{b_{2m}}{a_{2s}}, \frac{c_{2u}}{a_{1s}} \right) \\ \vdots \\ \left(\frac{a_{il}}{a_{3s}}, \frac{b_{im}}{a_{2s}}, \frac{c_{iu}}{a_{1s}} \right) \end{pmatrix} \quad (9)$$

- **Adım 4:** Bulanık ağırlıklar ve değerler aşağıdaki (5.29) eşitliğine göre toplanır:

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^n (\tilde{w}_j \tilde{r}_{ij}), \quad \forall i. \quad (10)$$

Burada, " \tilde{U}_i " i . alternatifin fayda değeri, " \tilde{w}_j " j . kriterin ağırlığı ve " \tilde{r}_{ij} " ise j . kritere göre i . alternatifin performansını ifade eder.

- **Adım 5:** Kritik ve alternatiflerin önem sırasını belirlemek için bulanık sayılar durulaştırılır ve normalize edilir. Bu aşamadan sonra "CI" hesaplanır.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (11)$$

COA, üçgen bulanık bir sayı yöntemi aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$BNP_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i, \quad \forall i \quad (12)$$

- **Adım 6:** En iyi alternatif klasik AHP olduğu gibi en yüksek değeri alan olarak belirlenir.

4.4 Bulanık TOPSIS

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden ve alternatifler arasında sıralama yapmakta kullanılan Bulanık TOPSIS yöntemi, hem nitel hem de nicel kriterlerinin, kriter değerleriyle ilgilenen esnek bir yapıya sahip yöntemdir. Bu yöntem, klasik TOPSIS yönteminden farklı olarak sözel değişkenler yardımı ile problem içerisinde yer alan mevcut kriter ağırlıkları bazında alternatiflerin performanslarını hesaplayıp, alternatiflerin kendi aralarında sıralanmasını ve bu şekilde karşılaştırma yapabilme imkanı sağlar. Alternatifler veya seçenekler kendi aralarında sıralanırken; ideal olan alternatif, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan seçenek olarak nitelendirilir. Bu durumun gerçekleşmesi içinse; yöntemle özgü olarak, her bir kriterin monoton olarak artan veya azalan bir değişim gösterdiği varsayılarak yapılır (Özdemir, 2015).

Bulanık TOPSIS yönteminin ilk adımında, karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur. K tane karar vericiden oluşan küme $E = \{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ şeklinde ifade edilir. Karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulduktan sonra mevcut alternatifler $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ve bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak kriterler $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ belirlenir. Daha sonra alternatiflerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan sözel değişkenler seçilir. Karar vericiler, bu sözel değişkenler yardımıyla mevcut alternatif ve kriterleri değerlendirirler. Daha sonra, karar vericiler tarafından sözel değişkenler ile yapılan bu değerlendirmeler bulanık sayılar şeklinde ifade edilir. K tane karar vericinin alternatifler ve kriterler için değerlendirmelerini tek bir değere indirgeyebilmek için aşağıda açıklanan yol izlenir.

$$x_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ij}^K] \quad (13)$$

Burada, " \tilde{x}_{ij}^K ", K . Karar vericinin değerlendirmesini göstermektedir.

Her kriter için K tane karar verici tarafından belirlenen ağırlıkları tek bir değere indirgemek için, (\tilde{w}_j) şekilde hesaplanabilir:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 \oplus \tilde{w}_j^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_j^K] \quad (14)$$

Burada " \tilde{w}_j^K ", K . Karar vericinin önem ağırlığını göstermektedir.

Tüm kriter ve alternatifler için tek bir değer elde edildikten sonra karar problemi matris formatında aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (15)$$

Burada, $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_j, w_j, w_j)$ üçgen bulanık sayılar olup, \tilde{D} bulanık karar matrisini, \tilde{W} ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım karar matrisinin normalize edilmesidir. Bulanık karar matrisi (5.36) ve (5.37) eşitlikleri yardımıyla normalize edilir ve normalize bulanık karar matrisi \tilde{R} elde edilir:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (16)$$

B ve C , fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \quad j \in B, \quad u_j^+ = \max_i u_{ij}, \quad j \in B \quad (17)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \quad j \in B, \quad l_j^- = \min_i u_{ij}, \quad j \in B \quad (18)$$

şeklinde hesaplanır. Burada, $r_{ij}, (\forall i, j)$ normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (20)$$

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^+) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad \tilde{v}_j^+ = (1, 1, 1) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

Daha sonra, her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklıkları hesaplanır:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (24)$$

Burada, " d_v " iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir.

İki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık vertex yöntemi yardımıyla hesaplanabilir:

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (25)$$

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^+) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır. Her alternatifin yakınlık katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (26)$$

$A_i = A^+$ ise $CC_i = 1$ olacağı ve $A_i = A^-$ ise $CC_i = 0$ olacağı açıktır. Diğer bir ifade ile CC_i değeri 1'e yaklaştıkça, alternatif A_i pozitif ideal çözüme daha yakın ve negatif ideal çözümden daha uzak olacaktır. CC_i 'nin dereceli sıralamasına göre, tüm alternatiflerin sıralaması belirlenebilir ve olası alternatifler arasından en iyi olanı seçilebilir.

5. Uygulama

Bu çalışmada gemi inşa sanayisi öncülerinden olan bir tersane incelemeye alınarak inşa edebileceği yedi farklı gruptaki gemi tiplerinden, uzman karar vericilerin tersaneye yeni proje kazandırımalarında göz önünde bulundukları on adet ana önemli kritere göre değerlendirmesini ve tersane günümüz koşullarına en uygun gemi tipinin seçimi incelenmiştir. Çalışmaya taban olan veriler, iş tecrübesi boyunca edinilen izlenimler ile ve daha önce tersane genel müdürlüğü yapmış ve hali hazırda iş

geliştirme direktörlüğünde tersaneye yeni projeler kazandırmak üzere görev almakta olan karar vericilere danışılarak ortaya çıkarılmıştır. Değerlendirme aşamasının en kritik noktalarından biri, karar vericilerin tersanenin her noktasına ve gemi inşa süreçlerinin her aşamasına hakim olmasıdır. Bu süreçlere ve bulunulan işletmenin özelliklerine hakim olmak, karar vericiyi yanlış yönlere karar vermesini engelleyici özellikleri bulunmaktadır.

İlk aşamada analitik üçgensel bulanık sayılara çevrilen karar matrisi Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi Buckley Type 1 yaklaşımları ile önem derecelerine göre çözümlenerek kriterler ağırlıklandırılmıştır.

İkinci aşamada ağırlıklandırılan ve sıralanan kriterlere göre yedi adet alternatif arasından her birine, Chen'in 2000 yılında önerdiği Bulanık TOPSIS yöntemi algoritması uygulanarak kendi içlerinde sıralanmıştır.

Tersanede üretimine karar verilecek gemi tipi seçiminde kar, prestij, adamxsaat maliyeti, pazar ihtiyacı, tersane inşa kabiliyetine uygunluk, dış kaynak kullanım ihtiyacı, test ve garanti süreçleri maliyeti, proje toplam maliyeti, proje yönetim zorluğu ve gelecek getirileri olmak üzere toplam on adet kriter değerlendirmeye alınarak karar matrisi oluşturulmuştur.

5.1 Bulanık Metotların Uygulama Adımları

Uygulamada ana metotları olan ve birleştirilerek uygulanmış Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin adımları aşağıdaki şekilde izlenmiştir:

- Adım 1: Tersane stratejisi analiz edilir ve sektör taraması yapılır. Elde edilen veriler ve bulgular ile tersanede üretilebilecek gemi tipleri belirlenir.
- Adım 2: Gemi tipinin ya da tiplerinin belirlenmesinde değerlendirme aşamasında kullanılacak olan kriterler uzman karar vericiler ile belirlenir ve sınıflandırılır.
- Adım 3: Uzman karar vericilerin değerlendirmeleri ve görüşleri göz önünde tutularak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Daha sonra her karşılaştırma matrisi için tutarlılık endeksi ve tutarlılık oranı hesaplanır.
- Adım 4: Kriterler ikili karşılaştırma matrisinde dilsel (sözel) ifadeler kullanılarak birbirlerine göre karşılaştırılır ve önem dereceleri belirlenir. İkili karşılaştırmada kriterleri değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin bulanık sayı karşılıkları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kriterleri değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları.

Tanım	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit derecede önemli (E)	(1, 1, 3)	(1/3, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli (BD)	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Kuvvetli derecede önemli (K)	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli (ÇK)	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Kesin daha önemli (KD)	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

- Adım 5: Kriterlere göre alternatiflerin özellikleri, avantajlar, ve dezavantajları sorgulanarak dilsel derecelendirmeleri yapılır. Bu derecelendirmeler yapılırken uzman karar vericilerin

tecrübeleri ve tersanenin arşiv bilgilerine dayanılarak ölçekler belirlenir. Dilsel ifadeler Tablo 3'e göre bulanık sayılara dönüştürülür. Daha sonra, bulanık karar matrisi değerlendirmelere göre kurulur ve normalizasyon aşamasında faydalar ve maliyet kriterleri dikkate alınır. Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi, Bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak üretilir.

Tablo 3. Alternatifleri kriterlere göre değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları.

Tanım	Bulanık Ölçek
Çok kötü (ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Biraz kötü (BK)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Biraz iyi (Bİ)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)

- Adım 6: Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüm noktaları belirlendikten sonra, her alternatiflerin bu noktalara olan uzaklıkları belirlenir.
- Adım 7: Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^+) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır.
- Adım 8: Hesaplanan yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır.

5.2 Kriterler

Tersanede üretimine karar verilecek gemi tipi seçiminde kar, prestij, adamxsaat maliyeti, pazar ihtiyacı, tersane inşa kabiliyetine uygunluk, dış kaynak kullanım ihtiyacı, test ve garanti süreçleri maliyeti, proje toplam maliyeti, proje yönetim zorluğu ve gelecek getirileri olmak üzere toplam on adet kriter değerlendirmeye alınarak karar matrisi oluşturulmuştur.

5.3 Alternatifler

Tersanenin daha önce teslim ettiği projelerden edindiği tecrübe ve yeni pazar ihtiyaçlarına bağlı olarak seçilen yedi adet alternatif aşağıda belirtilmiştir:

- Yüzer Havuz
- Feribot
- Enerji Gemisi
- Askeri Proje
- 180000 DWT Tanker
- 1800 TEU Konteyner
- 100m Civarı Balıkçı / Destek Gemileri

5.4 Yöntem uygulaması

Tablo 4. Alternatifleri kriterlere göre değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Kar (K1)		ÇK	ÇK	K	BD	KD	K	K	ÇK	1/BD
Prestij (K2)	1/ÇK		1/BD	1/BD	1/K	BD	BD	E	E	1/K
AdamxSaat Maliyeti (K3)	1/ÇK	BD		E	1/K	K	E	BD	BD	1/K
Pazar İhtiyacı (K4)	1/K	BD	1/E		E	ÇK	K	K	K	1/BD
Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk (K5)	1/BD	K	K	1/E		K	K	K	ÇK	1/BD
Dış Kaynak Kullanım İhtiyacı (K6)	1/KD	1/BD	1/K	1/ÇK	1/K		1/BD	1/BD	1/K	1/KD
Test ve Garanti Süreçleri Maliyeti (K7)	1/K	1/BD	1/E	1/K	1/K	BD		BD	E	1/ÇK
Proje Toplam Maliyeti (K8)	1/K	1/E	1/BD	1/K	1/K	BD	1/BD		BD	1/KD
Proje Yönetim Zorluğu (K9)	1/ÇK	1/E	1/BD	1/K	1/ÇK	K	1/E	1/BD		1/ÇK
Gelecek Getirileri (K10)	BD	K	K	BD	BD	KD	ÇK	KD	ÇK	

Belirlenen kriterlerin, birleştirilen uzman görüş ve değerlendirmelerine göre kurulmuş dilsel ifadeler içeren ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4' de verilmiştir. Bulanık AHP yönteminde öncelikle dilsel (sözel) ifadelerle kurulan ikili karşılaştırma matrisi üçgen bulanık sayılar kullanılarak hesap yapılabilir hale çevrilmektedir. Tablo 4' de verilen sözel ikili karşılaştırma matrisi Tablo 2' de bulunan sözel ifadelerin sayısal üçgen bulanık sayı karşılıklarıyla tekrar yazılır.

Tablo 5. Kriter ağırlıkları.

K1	0.2286
K2	0.0473
K3	0.0735
K4	0.118
K5	0.1432
K6	0.0179
K7	0.041
K8	0.0358
K9	0.0327
K10	0.2615

Yöntemlerde belirtilen durulaştırma ve normalizasyon işlemlerinin ardından kriterlerin ağırlıkları Tablo 5'de gösterildiği şekilde bulunmaktadır.

Tutarlılığı kontrol edilmiş olan ikili karşılaştırma matrisinin durulaştırılmış ve normalize edilmiş üçgen bulanık sayılarla edilmiş hali Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Normalize edilmiş üçgen bulanık sayılarla kriter ağırlıkları.

	L	M	U
K1	0.2505	0.2383	0.2259
K2	0.0423	0.0392	0.0523
K3	0.0652	0.0641	0.0746
K4	0.1102	0.1103	0.1168
K5	0.142	0.1435	0.1468
K6	0.0191	0.0155	0.0184
K7	0.0367	0.0373	0.042
K8	0.0312	0.0326	0.0363
K9	0.0297	0.0294	0.0299
K10	0.2726	0.2893	0.2565

Kriterlerin önem dereceleri Bulanık AHP metodu ile belirlendikten sonra elde edilen üçgen bulanık sayılar Bulanık TOPSIS yönteminde kriter önem dereceleri olarak kullanılacaktır.

Alternatiflerin kriterlere göre uzman karar verici görüşleri ışığında dilsel (sözel) ifadeler kullanılarak değerlendirilen ve üçgen bulanık sayıya çevrilmiş hali Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Alternatiflerin kriterlere göre sözel ifadelerle değerlendirilmesi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1 (Yüzer Havuz)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
A2 (Feribot)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)
A3 (Enerji Gemisi)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
A4 (Askeri Proje)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)
A5 (180000 DWT Tanker)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A6 (1800 TEU Konteyner)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)

Daha sonra, her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüme A^- olan uzaklıkları (23) ve (24) eşitlikleri kullanılarak hesaplanır. İki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık (25) eşitliği yardımıyla hesaplanır. Uzaklıklar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. FPIS ve FNIS değerlerinden uzaklıklar.

	dA^+	dA^-
A1 (Yüzer Havuz)	0.457382753667754	0.466467013595012
A2 (Feribot)	0.353378944066592	0.590379581488978
A3 (Enerji Gemisi)	0.551668353289342	0.377754115323537
A4 (Askeri Proje)	0.405960517809738	0.511186041098511
A5 (180000 DWT Tanker)	0.386576060103679	0.543691412047359
A6 (1800 TEU Konteyner)	0.485854929515061	0.450687003418578
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	0.399668663982123	0.531647602890379

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatif için her alternatif için ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Her alternatifin yakınlık katsayısı (26) eşitliği kullanılarak hesaplanır. Elde edilen değerler Tablo 9’ de verilmiştir.

Tablo 9. Yakınlık katsayıları.

ALTERNATİFLER	CC_i
A1 (Yüzer Havuz)	0,505
A2 (Feribot)	0,626
A3 (Enerji Gemisi)	0,406
A4 (Askeri Proje)	0,557
A5 (180000 DWT Tanker)	0,584
A6 (1800 TEU Konteyner)	0,481
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	0,571

Tablo 9’ de belirtilen değerler büyükten küçüğe sıralandığında alternatiflerin birbirlerine göre yerleşimi $A2 > A5 > A7 > A4 > A1 > A6 > A3$ şeklinde olmaktadır. Bu duruma göre iki numaralı alternatif olan “Feribot” tersanede üretilmesi gereken en ideal gemi tipi seçimi olacaktır.

6. Sonuç

Çalışma sonucunda belirlenen kriterler ve uzman karar verici değerlendirmeleri ile “Feribot” tipi gemilerin, bu tersanenin imal etmesi en ideal olan gemi tipi olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer alternatifler arasından da “180000 DWT tanker” ve “balıkçı/destek gemilerinin” imal edilmesi diğer ideal gemi tipleri olarak öne çıkmışlardır.

Bu sonuçların elde edilmesinde en büyük kriterler görüleceği üzere öncelikle “Gelecek Getirisi” ve “Kar” olurken, diğer bir önemli kriter ise “Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk” olarak belirlenmiştir. Burada gelecek getirisi kriteri artık tüm şirketler gibi tersanelerinde, bir sözleşme imzalarken kardan daha çok üzerinde durdukları ve süreç içerisinde getiri verileri elde etmek amacıyla daha çok çalışma ve analizler

yaptığı kriterlerdir. Kardan daha fazla olmasının sebebi ise, uluslararası ticarete ve pazarda talep azlığına karşılık arzın çok daha fazlalaşmasıdır. Artık büyük şirketler tek bir projeden yüksek kar elde etmektense, sürdürülebilirliği sonsuz kılmak amacıyla az kar ancak çok proje yapmayı tercih etmeye başlamıştır. Son yapılan araştırmalarda bunları desteklemektedir. Buna gemi inşa sektöründe bir örnek vermek gerekirse, daha önceki yıllarda tek tip büyük gemilerin inşası çok popüler iken, günümüzde tersaneler referanslarına multi-fonksiyonel ve farklı çeşitteki gemi tiplerinin inşasını kazandırmaya çalışmaktadır. Bu durumda inşa maliyetlerini yükseltirken, karı azaltmakta ancak tersanenin gelecekte pazarda yerini korumasını sağlayacaktır.

Diğer yandan gemi inşa ve denizcilik sektöründeki gelişen teknolojiler ile çağa ayak uyduran “multi-task” gemiler ile piyasa koşulları değişmekte ve tersanelerin bu tip gemileri inşa ederek kazandıkları “Know-How” çok değerli hale gelmektedir. Örneğin; günümüzde ve önümüzdeki 5 yıl içerisinde büyük pazar hacmi olan kuzey ülkeleri pazarında, 15-20 yıl içerisinde dizel ya da fuel-oilin en yaygın kullanılan yakıt tercihi olmasına rağmen, armatörler ve denizcilik şirketlerinin neredeyse yarısı gemilerinde kullanacakları yakıt ve ya tahrik sistemleri olarak hibrit çözümlere geçeceklerini belirtmektedir. Bunlardan yaklaşık yüzde 40’ı elektrik tahriki için batarya kullanacaklarını ve yüzde 30’ununda LNG’yi yakıt olarak tercih edeceklerini belirtmektedir. Bu nedenle yeni teknolojiye sahip gemilerin inşası ile kazanılacak “Know-How”, gelecekte de bu tersaneye daha fazla projenin kazandırılmasında büyük rol oynayacaktır. Tersaneler yeni bir sözleşme aşamasına başladıklarında gelecek getirisi kriterini derinlemesine işlemeleri gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Gemi inşa sektörü içerisinde proje yönetiminde öne geçmek isteyen işletmelerin, çalışmada incelenen karar verme ve çok kriterli karar verme yöntemlerini benimsemeleri ve işletmedeki her karar aşamasında bu yöntemleri kullanmalarının faydalı olacağı düşünülmektedir. Her ayrı karar verme aşamasında uygun yöntem süreçlere basit şekilde entegre edilerek, süreçlerin ve kararların iyileştirilmesinde büyük etki sağlayacaktır.

7. Kaynaklar

Kafalı, M., Cebi, S., Özkök, M. Kahraman, C., (2015). “A Fuzzy Multiphase and Multicriteria Decision-Making Method for Cutting Technologies Used in Shipyards”, International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 18, No. 2, 09/2015, s. 198-211.

Hui-li, Y., Chun-guang, L., ve Jing-xian, B., (2009). “Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in shipyard project investment Risk Recognition”, Canadian Social Science, Vol.5, No.5, Canada.

Matulja, T., (2009). “Hierarchical Modeling as Basis for an Optimal Shipyard Layout Design Methodology”, Portal of Croatian Scientific and Professional Journals, Vol.51, No.6.

Erol, A., Gülsün, B. ve Aydın, M., (2015). “Tersanelerde İnşa Edilecek Gemi Tipinin Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleri ile Belirlenmesi”, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası, Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi, Sayı 203, s. 95-103.

Cengiz, M., (2007). “Türkiye’deki Mevcut Koşulların Bulanık Analitik Ağ Süreciyle Değerlendirilerek Uygun Tersane Yeri Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Menteş, A., (2010). “Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Uzun, S., ve Kazan, H., (2016). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması", Journal of Transportation and Logistics, Vol.1, Is.1, İstanbul.

Kırdağı, M., (2010). "Tersanelerde Verimliliği Etkileyen Parametrelerin Fuzzy AHP Yöntemi ile Analizi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çakıroğlu, G., Şener, B., ve Balın, A., (2018). "Applying A Fuzzy-AHP For The Selection Of A Suitable Tugboat Based On Propulsion System Type", Brodogradnja, Vol. 69, No. 4.

Jiao, J., Ren, H. ve Sun, S., (2016). "Assessment of surface ship environment adaptability in seaways: A fuzzy comprehensive evaluation method", International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 8, 344 – 359.

Kleindorfer, P.R., Kunreuther, H.C. and Schoemaker, P.J.H., (1993). "Decision Science: An Integrative Perspective", Cambridge University Press, Oakleigh.

Liebowitz, J., (1990). "The Dynamics of Decision Support Systems and Expert Systems, Dryden Press, Chicago.

Yusufoğlu, A., (2001). "Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemi Olarak Toplu Kriter Yöntemi ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi F. ve Izadikhah M., (2006). "Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data", Applied Mathematics and Computation.

Zadeh, L.A., (1965). "Fuzzy Sets", Inform, Control, Vol. 8, No. 2.

Zhu, K.J., Jing, Y., ve Chang, D.Y., (1999). "A Discussion of Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research.

Özdemir, Ü., (2015). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Gemiler için Uygun Yük Seçiminin Analizi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

8. Referans Tez

Bu makale aşağıda belirtilen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

- Balbaş, O. (2019). "Tersanelerde Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri ile Proje Yönetimi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.