



EQUIPMENT SELECTION IN SHIP BUILDING PROCESS: TOPSIS, MOORA, VIKOR APPLICATION

Sümeýra UZUN*, Bahadır Fatih YILDIRIM**

* Istanbul University, Istanbul, Turkey*, Istanbul University, Istanbul, Turkey**

E-mail: sumeyrauzun@istanbul.edu.tr*, bahadiryildirim@istanbul.edu.tr **.

Copyright © 2016 Sümeýra UZUN, Bahadır Fatih YILDIRIM. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

In this paper, equipment selection problem talked over according to NB25 coded fishing vessel project with regard to TOPSIS, MOORA, and VIKOR method. 7 main engine and 7 generators are compared with in terms of total 10 ten criteria and option situation are determined. Accordingly, suitable selections for main engine selection problem are found out Daihatsu according to TOPSIS method, Daihatsu and ABC according to VIKOR method, Wartsila according to ratio method of MOORA method, ABC, and Daihatsu according to reference point approach of MOORA method. Suitable selections for the generator selection problem are found out Cummins according to TOPSIS method, Cummins and Perkins according to VIKOR method, CAT according to ratio application of MOORA method, Cummins according to reference point approach of MOORA method. Consequently, TOPSIS, VIKOR and reference point approach of MOORA method are given proximate results for main engine and generator selection problem. Ratio method of MOORA is given different results than other methods.

Keywords: Ship building, TOPSIS, MOORA ,VIKOR.

JEL:

Gemi İnşa Sürecinde Ekipman Seçimi: TOPSIS, MOORA, VIKOR Uygulaması

ÖZET

Bu çalışmada NB25 kodlu balıkçı gemisi projesine göre ekipman seçimi problemi TOPSIS, MOORA ve VIKOR yöntemleri açısından ele alınmıştır. Toplam 10 kritere göre 7 ana makine ve 7 jeneratör karşılaştırılmış ve kullanılan yöntemlere göre tercih durumları belirlenmiştir. Buna göre ana makine seçimi problemi için uygun seçimler, TOPSIS yöntemine göre Daihatsu, VIKOR yöntemine göre Daihatsu ve ABC, MOORA metodu oran uygulamasına göre en uygun makine Wartsila, referans nokta yaklaşımına göre ise en uygun makine ABC ve Daihatsu bulunmuştur. Jeneratör seçim problemi için TOPSIS uygulamasına göre en uygun seçim Cummins, VIKOR yöntemine göre Cummins ve Perkins, Moora metodu oran uygulamasına göre CAT, referans nokta yaklaşımına göre Cummins en uygun jeneratördür. Bunun sonucunda ana makine ve jeneratör seçim problemi için TOPSIS, VIKOR ve MOORA referans nokta yaklaşımı uygulamaları en yakın çözümleri vermiştir. MOORA yöntemi oran yaklaşımı ise farklı yönde sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Gemi İnşa, TOPSIS, MOORA, VIKOR.



1. GİRİŞ

Karar verme insan yaşamında her daim çözülmesi gereken bir problemdir. Karşılaşılan her durum için en uygun kararı vermek, problemi etkileyen kriter sayısı ve alternatifler arttıkça zorlaşmaktadır. Bu durum ise karar sürecine karmaşıklştırmaktadır. Bu çalışmada ele alınan karar süreci ise birçok alternatif arasından belli kriterlere veya ölçütlere göre belirlenen amaç doğrultusunda en uygun alternatifin seçilmesi işlemidir. Bu çalışma gemi inşa sürecinde ana makine ve jeneratör seçimi amacı doğrultusunda belli modeller arasında belli kriterlere uygun olarak TOPSIS, MOORA ve VIKOR yöntemleri ile seçim işleminin yapıp en uygun modelin seçilmesi işlemi içerecektir. Ayrıca bu çalışmada farklı yöntemlerle elde edilen durumlar karşılaştırılıp yöntemlerin karar verme sürecine nasıl katkı sağladığı ve kendi arasında ne kadar tutarlı olduğu gözlemlenmeye çalışılacaktır. Ayrıca sektörde karar verme süreçlerinde çoklu karar verme tekniklerinin önemini araştırmak isteyen araştırmacı ve yöneticilere yardımcı olmak amaçlanmaktadır.

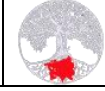
2. TOPSIS

TOPSIS (The Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) tekniği ELECTRE yöntemine alternatif olarak Hwang ve Yoon(1980) tarafından oluşturulmuştur. Yöntem alternatiflerin geometrik anlamda pozitif ideal çözüme en az uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklıkta olma esasına dayanır. Yani pozitif ideal çözüme en yakın mesafede olan alternatif aynı zamanda negatif ideal çözüme de en uzak mesafede olan alternatiftir.(Olson,2004) TOPSIS yönteminde kriter değerleri ve kriter ağırlıkları sayısal değerlerdir. İdeal ya da pozitif ideal çözüm olarak ifade edilen çözüm, fayda kriterini maksimize eden, maliyet kriterini ise minimize eden çözümdür. İdeal çözüm tüm kriterler sağlandıktan sonra tercih edilen alternatiflerin bu kriterleri olması gereken yani ideal seviyelerde yerine getirmesidir. Eğer ideal çözüm uygulanmaz veya ulaşılamaz ise o zaman ideal çözüme en yakın noktanın seçilmesi gerekmektedir.(Ghosh,2011)

TOPSIS uygulamasında ilk adım olarak karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satır elemanları olarak üstünlükleri sıralanmak istenen kriterler, sütunlarda ise karar vermede kullanılan değerlendirme faktörleri yer alır. Karar matrisi karar vericiler tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Aşağıdaki matris m alternatif ve n kriterli bir karar matrisidir.

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

İkinci adım ise karar matrisinin normalize edilmesidir. Bu adımda farklı ölçeklerdeki değerlendirmelerin aynı ölçeğe getirilerek karşılaştırılabilmesi normalizasyon işlemi ile olanaklı hale getirilir. Normalleştirme işlemi karar matrisindeki bileşenlerin tüm bileşenlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek yapılır.



$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Üçüncü adım ise ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulmasıdır. Bu adımda öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları belirlenir. Ağırlık belirlenirken AHP yönteminden yararlanır. Ağırlıklar belirlendikten sonra normalleştirilmiş karar matrisinin her bir elemanı (r_{ij}) ilgili kriterin ağırlığı (w_j) ile matris gösterimindeki gibi çarpılır.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_3 r_{13} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & w_3 r_{23} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_3 r_{m3} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Dördüncü adım pozitif ve negatif ideal çözümlerin oluşturulmasıdır. TOPSİS yöntemi her değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüme ulaşmak için (A^*) önceki adımda oluşturulan ağırlıklandırılmış normalize matrisin her bir sütunundaki en yüksek ve en düşük değerler seçilir.

$$A^* = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J')\} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (7)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J')\} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (8)$$

Burada J fayda kriterini, J' ise maliyet kriterini belirtmektedir. Fayda kriteri için alternatifler arasından maksimum değer, maliyet kriteri için ise alternatifler arasından minimum değer gereklidir. Bu durumda A^* en çok tercih edilen alternatifi, A^- ise en az tercih edilen alternatifi göstermektedir.

Beşinci adım ise ayırım ölçülerinin hesaplanmasıdır. TOPSİS yönteminde her alternatifin pozitif ideal ve negatif ideal noktalardan sapmasını bulabilmek için Euclidian Uzaklık fonksiyonundan yararlanır. Bu işlem sonucu elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) ölçüsü olarak adlandırılır. Burada hesaplanacak (S_i^*) ve (S_i^-) sayısı alternatif sayısı kadar olacaktır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_{j^*})^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (9)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_{j^-})^2} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (10)$$

Altıncı adım ise ideal çözüme göre görelî önceliğin hesaplanmasıdır. Her bir alternatifin ideal çözüme görelî yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanır. Burada kullanılan ölçüt negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme görelî yakınlık şöyle hesaplanır:



$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}; 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (11)$$

Bu formüle göre negatif ideal çözümden uzaklık değeri arttıkça ideal çözüme yakınlık değeri artmaktadır. Bu durumla ilgili alternatifin İdeal Ayırım değerinin yükselmesi ideal çözüme yakınlığın da azalması anlamına gelir. Aynı şekilde Negatif ayırım değerinin yüksek çıkması ideal çözüme yakınlığın artacağı anlamına gelir.

Son adımda ise her bir alternatif için oluşturulmuş göreceli yakınlık değerine bakılarak sıralama işlemi yapılır. Buna göre alternatifler arasında ideal çözüme en kısa uzaklıktaki alternatif yani en büyük C_i^* değerine sahip olan alternatifin en iyi alternatif olduğu sonucuna varılır. C_i^* değerlerini büyükten küçüğe sıralayarak alternatiflerin öncelik sıralaması yapılmış olur.

3.VIKOR

VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiş, uzlaşık çözümün tercih kararı için ağırlıklandırılmış karar aralıklarının elde edildiği bir yöntemdir. Tanımda geçen “uzlaşık” ifadesi, bir alternatif üzerinde ortak bir kabul ile anlaşmaya varılması durumunu ifade etmektedir. Temelleri Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından atılmış olan uzlaşık çözüm, ideale en yakın uygun çözüm olup uzlaşma, ortak kabul üzerinde anlaşmaya varmaktır (Kuzu, 2014; Büyüközkan ve Ruan, 2008).

VIKOR yöntemi Opricovic (1998) tarafından çok kriterli karar verme problemlerinde uygulanabilir bir teknik olarak sunulmuştur (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Tüm Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinde olduğu gibi VIKOR yönteminde de karar probleminde ait alternatifler, kriterler ve kriterlere göre alternatiflerin performans skorları belirlenerek bir karar matrisi elde edilir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Karar matrisinin satırları ($i=1,2,\dots,m$) alternatifleri, sütunları ($j=1,2,\dots,n$) ise kriterleri göstermek üzere VIKOR'un yöntemi aşağıdaki adımları takip eder (Kuzu, 2014; Opricovic ve Tzeng, 2004):

Adım 1. *En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi*

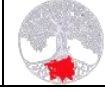
Karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir kriter ($j = 1, 2, \dots, n$) için kriterin maliyet ya da fayda niteliği taşıması dikkate alınarak en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri belirlenir. Fayda durumunda

$$\begin{aligned} f_j^* &= \max_i x_{ij} \\ f_j^- &= \min_i x_{ij} \end{aligned} \quad (13)$$

eşitliği ile hesaplanır. j . kriter bir maliyet ifade ediyor ise,

$$\begin{aligned} f_j^* &= \min_i x_{ij} \\ f_j^- &= \max_i x_{ij} \end{aligned} \quad (14)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanır.



Adım 2. Normalizasyon işlemi ve normalizasyon matrisinin oluşturulması

Karar matrisini oluşturan değerleri birimlerden arındırmak ve karşılaştırılabilir seviyeye getirmek üzere lineer normalizasyon işlemi,

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (15)$$

eşitliği yardımıyla gerçekleştirilir.

Adım 3. Normalize karar matrisinin ağırlıklandırılması

w_j kriter ağırlıklarını göstermek üzere, normalize karar matrisinde sütunlarda gösterilen kriterlerin ilgili ağırlıklar ile çarpılması ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elemanları v_{ij} ,

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (16)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Adım 4. S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması

i . alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_i ve R_i değerleri ($j=1,2,\dots,n$) Eşitlik (17) ve (18) kullanılarak hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (17)$$

$$R_j = \max_j v_{ij} \quad (18)$$

Adım 5. Q_i değerlerinin hesaplanması

Q_i değerlerinin hesaplanması adımı kullanılarak kullanılan S^* , S^- , R^* ve R^- parametreleri sırasıyla,

$$\begin{aligned} S^* &= \min_i S_i \\ S^- &= \max_i S_i \\ R^* &= \min_i R_i \\ R^- &= \max_i R_i \end{aligned} \quad (19)$$

eşitlikleri yardımıyla ile belirlenmektedir. Q_i değerleri ise Eşitlik (20) yardımıyla hesaplanır.

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (20)$$

Eşitlik (9) da kullanılan q parametresi, maksimum grup faydasını ifade ederken, $(1-q)$ ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Uzlaşma; “çoğunluk oyu” ($q>0,5$) “konsensus” ($q=0,5$) veya “veto” ($q<0,5$) ile sağlanabilir.

Adım 6. Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi



S_i , R_i ve Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralanarak alternatifler arasındaki sıralamanın belirlendiği üç sıralama listesi elde edildikten sonra sıralamanın doğruluğunu sınamak üzere minimum Q_i değerine sahip alternatifin aşağıdaki iki koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.

Koşul 1. Kabul Edilebilir Avantaj: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan alternatif A^1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A^2 olarak gösterildiğinde, kabul edilebilir avantaj,

$$Q(A^1) - Q(A^2) \geq DQ \quad (21)$$

koşuluna bağlıdır. Eşitlik (13)'te kullanılan DQ parametresi alternatif sayısına bağlı olup, m alternatif sayısını göstermek üzere,

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (22)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Koşul 2. Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığı durumda ilk sırada yer alan A^1 alternatifi, S ve/veya R değerlerine göre küçükten büyüğe yapılan sıralamada da minimum değere sahip en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır.

Yukarıda belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanmadığı durumlarda uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- Eğer *kabul edilebilir istikrar koşulu* sağlanmıyor ise A^1 ve A^2 alternatiflerinin her ikisi de uzlaşık ortam çözüm olarak kabul edilir.
- Eğer *kabul edilebilir avantaj koşulu* sağlanmıyorsa A^1, A^2, \dots, A^m alternatiflerinin tamamı uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer alır. Burada üst sınır değeri olan maksimum M , $Q(A^m) - Q(A^1) < DQ$ ilişkisine göre belirlenir.

Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir.

4.MOORA

MOORA (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis) metodu, ilk olarak Brauers ve Zavadskas (2006) tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Literatürde MOORA yöntemi oran metodu, referans nokta yaklaşımı, önem katsayısı, tam çarpım formu, MULTIMOORA gibi değişik formlarda kullanılmaktadır. (Ersöz ve Atav 2011, s:79). Bu çalışmada sayılan formlardan sıklıkla kullanılan oran ve referans nokta yaklaşımları ele alınarak analiz yapıldığı için sadece bu yaklaşım açıklanmıştır.

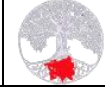
Oran Metodu

Karar problemine ait karar matrisi oluşturulduktan sonra $i = 1, 2, \dots, m$ alternatifin sayısı, $j = 1, 2, \dots, n$ kriter (amaç) sayısını göstermek üzere karar değişkenlerine ait performans skorları,

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad x_{ij}^* \in [0, 1] \quad (23)$$

eşitliği kullanılarak normalize edilir (Önay ve Çetin, 2012; Yıldırım ve Önay, 2013; Önay, 2014).

Normalizasyon işlemi ardından elde edilen karar matrisinde kriterlerin fayda ya da maliyet niteliğine sahip olma durumları belirlenerek, fayda niteliğine sahip kriterlerin performans skorları toplanır ve



maliyet niteliğine sahip kriterlerin performans skorları çıkartılır. Yani $j = 1, 2, \dots, g$ maksimize edilecek amaçlar, $j = g + 1, g + 2, \dots, n$ maliyet niteliğine sahip kriterler olmak üzere (Brauers, Ginevicius 2009).;

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (24)$$

eşitliği ile hesaplanır.

y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflere ait sıralama elde edilmiş olur (Önay, Çetin 2012; Önay, 2014).

Referans Nokta Yaklaşımı

Referans noktası yaklaşımında, oran yaklaşımına adımlarından normalizasyon adımı tekrarlanır, bu işleme ek olarak, her bir kriter için, kriter fayda niteliğine sahip ise maksimum noktalar, kriter maliyet niteliğine sahip ise minimum noktalar olan, maksimal amaç referans noktaları (r_j ler) belirlenir. Belirlenen bu noktalara her x_{ij}^* ile olan uzaklıklar Eşitlik (14) kullanılarak bulunur (Önay, Çetin, 2012).

$$r_j - x_{ij}^* \quad (25)$$

Hesaplanan uzaklıklar karar matrisi formunda gösterildiğinde, “Tchebycheff Min-Maks Metrik” işlemi;

$$\min_j \left\{ \max_i \left(|r_j - x_{ij}^*| \right) \right\} \quad (26)$$

Uygulanarak alternatiflerin sıralaması gerçekleştirilir (Brauers, Ginevicius 2010).

5.UYGULAMA

Bu çalışmada ele alınan problemin amacı projeye en uygun ana makine ve jeneratörü belirlemektir. Bu seçim 7 ana makine ve 7 jeneratör arasından on kritere uygun bir şekilde ele alınmıştır. Kriterlerin önem dereceleri “Gemi İnşa Sürecinde Ana Makine Ve Jeneratör Seçimi: AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Uygulaması” isimli tezde yapılan AHP uygulamasından alınmıştır. Fakat kriterlerde birtakım düzenlemelere gidilmiş, karar sürecini aynı derecede etkileyen kriterler problemden çıkarılıp ağırlıklar tekrar düzenlenmiştir.

TOPSIS uygulama adımları Excelde formülize edilerek çözümlenmiştir. Uygulamanın ilk adımı ana makine ve jeneratör seçim problemleri için karar matrisinin oluşturulmasıdır.

Tablo 1 :Ana Makine Karar Matrisi

| Ana Makine | Max Güç | Max Devir Hızı | Min Ağırlık | Min Hacim | Min İlk Yatırım Maliyeti | Min Teslim Süresi | Min Marka Güvenilirliği | Min Yakıt Tüketimi | Min Yağ tüketimi | Max Servis Desteği |
|------------|---------|----------------|-------------|-----------|--------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Ağırlık(w) | 0,125 | 0,125 | 0,052 | 0,052 | 0,296 | 0,042 | 0,174 | 0,077 | 0,011 | 0,045 |
| Wartsila | 4640 | 750 | 47 | 5,35 | 1000000 | 3 | 1 | 185 | 0,5 | 5 |
| RRM-Bergen | 4500 | 750 | 46 | 5,42 | 1200000 | 6 | 2 | 185 | 0,8 | 3 |
| MAN | 4500 | 750 | 51 | 9,17 | 1000000 | 3 | 1 | 182 | 0,5 | 5 |
| MAK | 4500 | 600 | 49 | 8,36 | 1100000 | 5 | 1 | 177 | 0,6 | 5 |
| ABC | 4992 | 720 | 68 | 10,3 | 800000 | 2 | 2 | 184 | 0,6 | 4 |
| Daihatsu | 4413 | 600 | 67 | 5,86 | 625000 | 1 | 2 | 181 | 0,7 | 2 |
| Niigata | 4320 | 720 | 38 | 5,56 | 1050000 | 4 | 3 | 183,3 | 0,8 | 1 |



Tablo 2: Jeneratör Karar Matrisi

| Jeneratör | Max Güç | Max Devir Hızı | Min Ağırlık | Min Hacim | Min İlk Yatırım Maliyeti | Min Teslim Süresi | Min Marka Güvenilirliği | Min Yakıt Tüketimi | Min Yağ tüketimi | Max Servis Desteği |
|------------|---------|----------------|-------------|-----------|--------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Ağırlık(w) | 0,125 | 0,125 | 0,052 | 0,052 | 0,296 | 0,042 | 0,174 | 0,077 | 0,011 | 0,045 |
| CAT | 995 | 1800 | 7131 | 15,87 | 250000 | 30 | 1 | 245 | 0,6 | 1 |
| Cummins | 920 | 1800 | 8500 | 19,7 | 220000 | 25 | 1 | 205 | 0,6 | 1 |
| Perkins | 920 | 1800 | 8300 | 23,7 | 185000 | 30 | 3 | 208 | 0,5 | 4 |
| Mitsubishi | 988 | 1800 | 8000 | 13 | 225000 | 40 | 2 | 218 | 0,55 | 3 |
| Guascor | 930 | 1800 | 9685 | 16,8 | 220000 | 30 | 3 | 219 | 0,5 | 4 |
| Yanmar | 750 | 900 | 12650 | 17,8 | 234000 | 36 | 1 | 210 | 0,6 | 2 |
| Daihatsu | 750 | 900 | 13500 | 17,8 | 190000 | 36 | 2 | 190 | 0,5 | 4 |

Güç, devir ve servis desteği fayda kriteri diğer kriterler ise maliyet kriteri olarak değerlendirilmiştir. Fayda kriterleri için en yüksek değer pozitif ideal, en küçük değer ise negatif ideal çözümdür. Maliyet kriterleri için ise en düşük değer pozitif ideal çözüm, en büyük değer ise negatif ideal çözümdür.

VIKOR ve MOORA yöntemleri de Excel kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular şu şekildedir:

Tablo 3: TOPSIS Yöntemi Ana Makine Sıralaması

| | S* | S- | C | Rank |
|------------|-------|-------|-------|------|
| Wartsila | 0,080 | 0,044 | 0,646 | 2 |
| RRM-Bergen | 0,041 | 0,078 | 0,344 | 6 |
| MAN | 0,079 | 0,045 | 0,635 | 3 |
| MAK | 0,075 | 0,058 | 0,561 | 5 |
| ABC | 0,062 | 0,045 | 0,583 | 4 |
| Daihatsu | 0,078 | 0,041 | 0,656 | 1 |
| Niigata | 0,027 | 0,089 | 0,230 | 7 |

Ana makine seçim probleminin TOPSIS uygulamasına göre uygun makine seçim sıralaması Daihatsu, Wartsila, MAN, ABC, MAK, RRM-Bergen, Niigata şeklindedir.

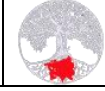
Tablo 4: TOPSIS Yöntemi Jeneratör Sıralaması

| | S* | S- | C | Rank |
|------------|-------|-------|-------|------|
| CAT | 0,073 | 0,038 | 0,655 | 2 |
| Cummins | 0,073 | 0,026 | 0,737 | 1 |
| Perkins | 0,048 | 0,066 | 0,423 | 6 |
| Mitsubishi | 0,050 | 0,040 | 0,557 | 4 |
| Guascor | 0,038 | 0,068 | 0,362 | 7 |
| Yanmar | 0,066 | 0,043 | 0,607 | 3 |
| Daihatsu | 0,049 | 0,046 | 0,513 | 5 |

Jeneratör seçim probleminin TOPSIS uygulamasına göre uygun jeneratör seçim sıralaması Cummins, CAT, Yanmar, Mitsubishi, Daihatsu, Perkins, Guascordur.

Tablo 5 :VIKOR Yöntemi Ana Makine Sıralaması

| Ana Makine | S | R | $\frac{Q}{q=0,50}$ |
|------------|---|---|--------------------|
| Wartsila | 1 | 3 | 3 |



| | | | |
|------------|---|---|---|
| RRM-Bergen | 6 | 7 | 7 |
| MAN | 3 | 3 | 4 |
| MAK | 5 | 6 | 5 |
| ABC | 2 | 1 | 1 |
| Daihatsu | 4 | 2 | 2 |
| Niigata | 7 | 5 | 6 |

Kabul edilir avantaj koşulu $0,176 \geq 0,167$ eşitliği ile sağlanmasına rağmen Kabul edilir istikrar koşulu sağlanmadığı için Daihatsu ve ABC makine uzlaşık çözümlerdir.

Tablo 6 :VIKOR Yöntemi Jeneratör Sıralaması

| Jeneratör | S | R | Q q=0,50 |
|------------|---|---|-------------|
| CAT | 4 | 7 | 6 |
| Cummins | 2 | 2 | 1 |
| Perkins | 1 | 3 | 2 |
| Mitsubishi | 3 | 5 | 4 |
| Guascor | 5 | 3 | 5 |
| Yanmar | 7 | 6 | 7 |
| Daihatsu | 6 | 1 | 3 |

Kabul edilir avantaj koşulu $0,016 \geq 0,167$ eşitliği ile sağlanmadığı için uzlaşık çözümün üst sınır değeri olan maksimum M , $Q(A^m) - Q(A^1) < DQ$ ilişkisine göre belirlendiğinde Cummins ve Perkins uzlaşık çözümlerdir.

Tablo 7: MOORA Yöntemi Ana Makine Sıralaması

| Ana Makine | Oran metodu | | Referans nokta yaklaşımı | |
|------------|-------------|------|--------------------------|------|
| | y | Rank | y | Rank |
| Wartsila | -0,105 | 1 | 0,043 | 3 |
| RRM-Bergen | -0,409 | 7 | 0,065 | 6 |
| MAN | -0,356 | 3 | 0,043 | 3 |
| MAK | -0,363 | 4 | 0,054 | 5 |
| ABC | -0,374 | 5 | 0,036 | 1 |
| Daihatsu | -0,315 | 2 | 0,036 | 1 |
| Niigata | -0,403 | 6 | 0,071 | 7 |

Ana makine seçim problemi için MOORA yöntemi oran metoduna göre sıralama Wartsila, Daihatsu, MAN, MAK, ABC, Niigata, RRM-Bergen şeklindedir. Referans nokta yaklaşımı metoduna göre ise sıralama Daihatsu ve ABC , MAN ve Wartsila, MAK, RRM-Bergen, Niigata şeklindedir.

Tablo 8: MOORA Yöntemi Jeneratör Sıralaması

| Jeneratör | Oran metodu | | Referans nokta yaklaşımı | |
|------------|-------------|------|--------------------------|------|
| | y | Rank | y | Rank |
| CAT | -0,133 | 1 | 0,033 | 5 |
| Cummins | -0,335 | 3 | 0,018 | 1 |
| Perkins | -0,405 | 6 | 0,065 | 6 |
| Mitsubishi | -0,385 | 5 | 0,032 | 3 |
| Guascor | -0,420 | 7 | 0,065 | 6 |



| | | | | |
|----------|--------|---|-------|---|
| Yanmar | -0,324 | 2 | 0,027 | 2 |
| Daihatsu | -0,344 | 4 | 0,032 | 3 |

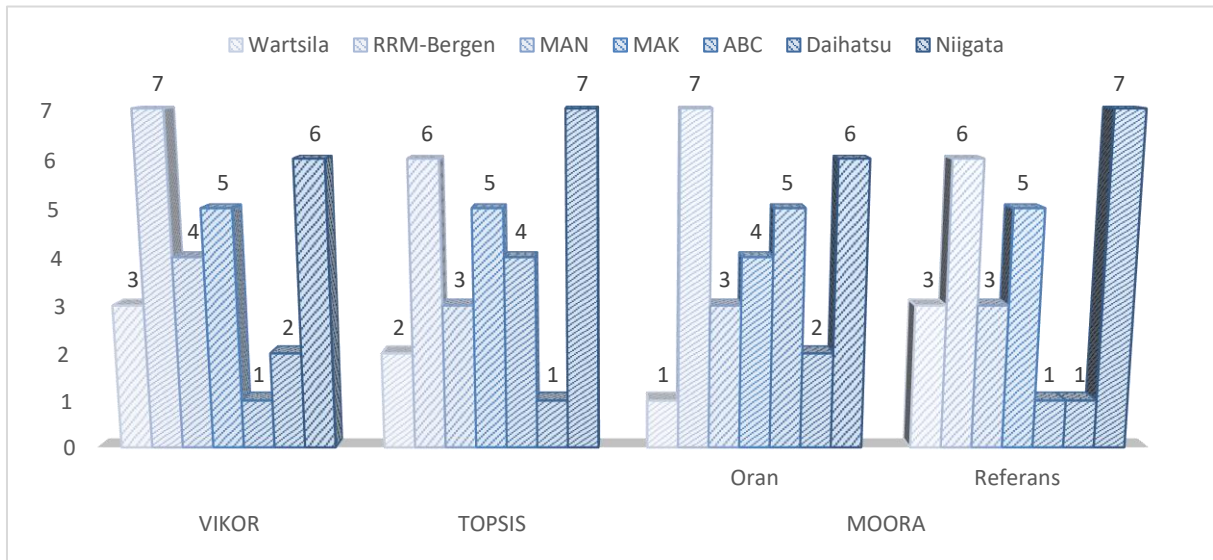
Jeneratör seçim problemi için MOORA yöntemi oran metoduna göre sıralama CAT, Yanmar, Cummins, Daihatsu, Mitsubishi, Perkins, Guascor şeklindedir. Referans nokta yaklaşımı metoduna göre ise sıralama Cummins, Yanmar, Daihatsu ve Mitsubishi, CAT, Guascor ve Perkins şeklindedir.

6.SONUÇ

Bu çalışmada ana makine ve jeneratör seçim problemleri TOPSIS, MOORA ve VIKOR yöntemleri açısından ele alınmıştır. Seçim problemi 7 ana makine 7 jeneratör arasından 10 kriter gereği yapılmıştır. Ana makine için uygulanan yöntemler sonucu bulunan sonuçlar şu şekildedir.

Tablo 9: Ana Makine Toplu Sonuçlar

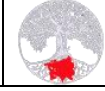
| | VIKOR | TOPSIS | MOORA | |
|------------|-------|--------|-------|----------|
| | | | Oran | Referans |
| Wartsila | 3 | 2 | 1 | 3 |
| RRM-Bergen | 7 | 6 | 7 | 6 |
| MAN | 4 | 3 | 3 | 3 |
| MAK | 5 | 5 | 4 | 5 |
| ABC | 1 | 4 | 5 | 1 |
| Daihatsu | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Niigata | 6 | 7 | 6 | 7 |



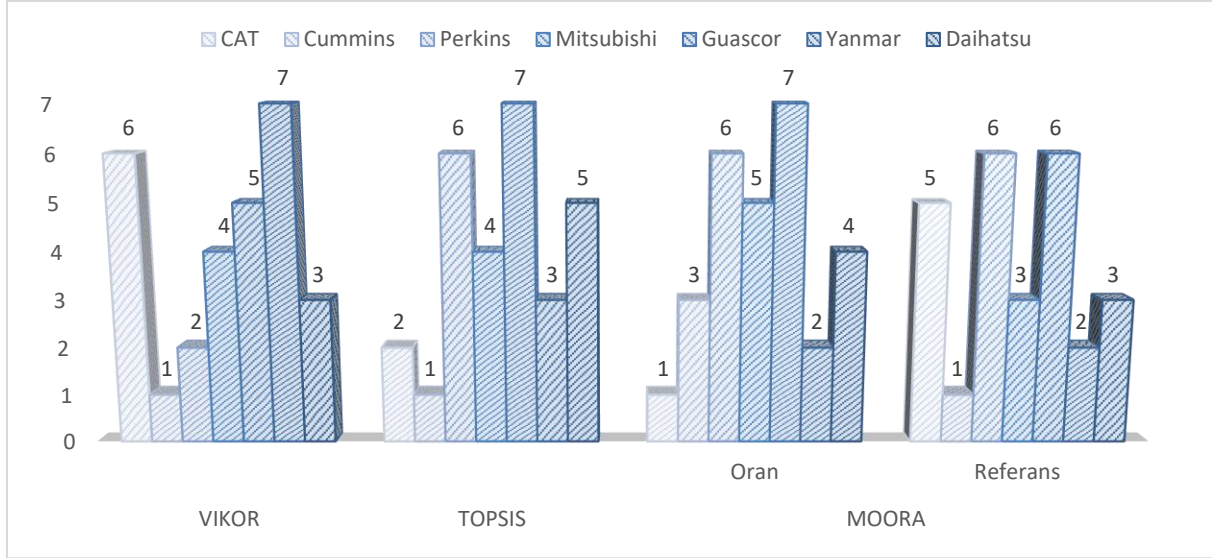
Ana makine seçim problemine uygulanan yöntemlerin tümü çok yakın sonuçlar vermiştir.

Tablo 10 :Jeneratör Seçimi Toplu Sonuçlar

| | VIKOR | TOPSIS | MOORA | |
|---------|-------|--------|-------|----------|
| | | | Oran | Referans |
| CAT | 6 | 2 | 1 | 5 |
| Cummins | 1 | 1 | 3 | 1 |
| Perkins | 2 | 6 | 6 | 6 |



| | | | | |
|------------|---|---|---|---|
| Mitsubishi | 4 | 4 | 5 | 3 |
| Guascor | 5 | 7 | 7 | 6 |
| Yanmar | 7 | 3 | 2 | 2 |
| Daihatsu | 3 | 5 | 4 | 3 |



Jeneratör seçim problemine uygulanan yöntemlerde TOPSIS ve MOORA yöntemleri çok benzer sonuçlar vermiştir. VIKOR yöntemi ise bazı alternatifler için benzer sonuçlar verse de daha fazla farklılık göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Brans, J.-P., & Mareschal, B. (2005). Promethee Methods. J. Figuera, S. Greco, & M. Ehrgott, Multiple Criteria Decision Analysis: State Of The Art Surveys (s. 163-195). Kluwer Academic.
- Brauers W. K. M., Ginevicius R., (2010). "The Economy Of The Belgian Regions Tested With Multimooora", Journal of Business Economics and Management, 11(2): s:173-209.
- Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. (2006). "The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy," Control and Cybernetics, Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences, vol. 35 (2), p. 445-469.
- Büyüközkan G., Da Ruan (2008). "Evaluation of Software Development Projects Using a Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach", Mathematics and Computers in Simulation, Sayı:77 sayfa: 464-475
- Ersöz F., Atav A. (2011). Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi, YAEM2011 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 31.Ulusal Kongresi, 05 - 07 Temmuz 2011, Sakarya Üniversitesi, s:78-87.
- Ghosh, D.N.(2011). Analytic Hierarchy Process & TOPSIS Method to Evaluate Faculty Performance in Engineering Education. UNIASCIT(1), s.63-70.
- Heriçakar, E. (1999). Gemi Ana Makina Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulanması. Gemi İnşaatı Ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi . İstanbul: Yapım Matbaacılık Ltd.
- Kuzu, S. (2014). "VIKOR". Editörler: B. F. YILDIRIM ve E. ÖNDER, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (2. Baskı, 227-242). Bursa: Dora Yayıncılık.
- Macharis, C., Springael, J., Brucker, K. D., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The Design Of Operational Synergies in Multicriteria Analysis. Strengthening PROMETHEE With Ideas of AHP. European Journal Of Operational Research(153), s. 307-317.
- Olson, D.L. (2004). Comparison Of Weights In TOPSIS Models. Mathematical and Computer Modelling(40), s.721-727.
- Opricovic, S. & Tzeng, Gwo-H. (2004). "The Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", European Journal of Operational Research, Sayı: 178:445-455.
- Saaty, T. (1994). "How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process." Interfaces, s. 19-43.
- Uzun, S. (2015). Gemi İnşa Sürecinde Ana Makine Ve Jeneratör Seçimi: AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli.

