

PAPER DETAILS

TITLE: Multi Criteria Decision Making Methods Approach to Asynchronous Electric Motor Selection

AUTHORS: Gökce YÜCE, İzzettin TEMİZ

PAGES: 171-190

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/352976>



Received: May 16, 2017
Accepted: July 28, 2017
Published Online: October 15, 2017

AJ ID: 2017.05.02.OR.01
DOI: 10.17093/alphanumeric.313270

Multi Criteria Decision Making Methods Approach to Asynchronous Electric Motor Selection

Gökçe Yüce 

Ph.D. Candidate, Institute of Social Science, Mersin University, Mersin, Turkey, gokceyuce@yahoo.com

İzzettin Temiz * 

Assoc. Prof., Department of Maritime Business Administration, Faculty of Maritime, Mersin University, Mersin, Turkey, itemiz@mersin.edu.tr

* Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Denizcilik Fakültesi, Mersin Üniversitesi, Tece Kampüsü, 33290, Mezitli / Mersin / Türkiye

ABSTRACT

Today, industrial activities are undoubtedly one of the most important parameters when it comes to the development of countries. In all areas of the industry, a large part of the mechanical work is carried out by electric motors. Because it is so widely used, there is a large market, a large customer base, and therefore a large number of electric motor manufacturers. Due to the high number of producers, customers should make a purchase decision when choosing an electric motor. In this study, a systematic approach to selection of asynchronous electric motor was tried to be made by using multi criteria decision making techniques. In this frame, the data were collected for one of the most commonly used asynchronous motor in the industry. This motor was selected randomly as 90 kW, 1500 rpm, B3 body type electric motor. The data are collected from three different companies' electric motors, which constitute a certain weight in the sector. The criteria for these different asynchronous motors were solved by TOPSIS, MOORA, VIKOR methods. With basic descriptions about these methods, the results of methods on asynchronous motor selection were compared. The opinions of the decision makers currently working in the sector together with the motor data were taken and the criterial weights were realized in this direction. As a result of comparison, TOPSIS and MOORA methods indicated that M3 electric motor is the best choice. The VIKOR method, in combination with the M3, also determined the M2 engine as the best choice. This is the result of VIKOR's involvement of the decision maker's intuitive weights in the process. TOPSIS and MOORA methods have yielded reliable results such as similar studies.

Keywords:

Asynchronous Motor Selection, Multi Criteria Decision Making, TOPSIS, MOORA, VIKOR

Asenkron Elektrik Motoru Seçimine Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Yaklaşımı

ÖZ

Sanayi faaliyetleri, günümüzde ülkelerin gelişmişliğinden bahsedildiğinde kuşkusuz ki en önemli parametrelerden biridir. Sanayinin hangi alanı olursa olsun, mekanik işlerin büyük bir bölümünü elektrik motorları gerçekleştirmektedir. Bu kadar yaygın kullanılıyor olması sebebi ile büyük bir pazar, büyük bir müşteri kitlesi ve dolayısı ile çok sayıda elektrik motoru üreticisi mevcuttur. Üretici sayısının fazla olması sebebi ile müşterilerin elektrik motoru seçerken birçok ürün arasından bir satın alma kararı vermesi gerekmektedir. Bu çalışmada çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak asenkron elektrik motoru seçimine sistematik bir yaklaşım getirilmeye çalışılmıştır. Bu çerçevede sanayide en çok kullanılan asenkron motorlarından rassal olarak 90 kw, 1500 d/d, B3 gövde tipinde elektrik motoru için veriler temin edilmiştir. Veriler, sektörde adet bazında belli ağırlığı oluşturan üç farklı firmanın elektrik motorları için temin edilmiştir. Bu farklı asenkron motorlara ilişkin kriterler TOPSIS, MOORA, VIKOR yöntemleri ile çözümlenmiştir. Bu yöntemlere ilişkin temel tanımlamalarla birlikte yöntemlerin asenkron motor seçiminde verdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır. Motor verileri ile beraber sektörde halen çalışmakta olan karar vericilerin görüşleri alınmış ve bu doğrultuda kriter ağırlıklandırılmaları gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonucunda TOPSIS ve MOORA yöntemleri M3 elektrik motorunu en iyi seçim olarak işaret etmiştir. VIKOR yöntemi ise M3 ile birlikte M2 motorunu da en iyi seçim olarak belirlemiştir. Bunun, VIKOR yönteminin karar vericinin sezgisel ağırlıklarını sürece dahil etmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. TOPSIS ve MOORA yöntemlerinin ise benzer çalışmalarda olduğu gibi güvenilir sonuçlar verdiği yorumu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler:

Asenkron Motor Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, TOPSIS, MOORA, VIKOR

1. Giriş

Günümüz dünyasında ülkelerin gelişmişliğinden bahsedildiğinde akla ilk gelen parametre sanayi göstergeleridir. Sanayisine yatırım yapan ülke ve bölgeler küresel rekabette çok önemli avantajlar sağlamaktadırlar. Sanayi faaliyetleri göz önünde bulundurulduğunda kuşkusuz birçok önemli işlevi iş makineleri yerine getirmekte ve bu bağlamda en kritik noktada elektrik motorları bulunmaktadır.

Bir iş yapabilmek için, iş yapabilme kapasitesine sahip bir güce, güç elde edebilmek için de enerjiye sahip olmak gerekmektedir. Sanayi sektöründe bir çıktı elde edebilmek için iş yapma kapasitesine sahip iş makinelerine ve dolayısıyla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyada üretim tesislerinin tamamına yakınında iş yapabilmek amacı ile çeşitli tipte elektrik motorları kullanılmaktadır. Bu motorların büyük bölümü de sincap kafesli asenkron elektrik motorlarıdır. Yapılan bir araştırmaya göre pazardaki elektrik motorlarının 0,75 kW gücün altında %5'i, 0,75 - 375 kW gücü arası elektrik motorlarının %49'u, 375 kW gücü üzeri motorların %95'i AC üç fazlı elektrik motorlarıdır (Almeida vd., 2008: 14).

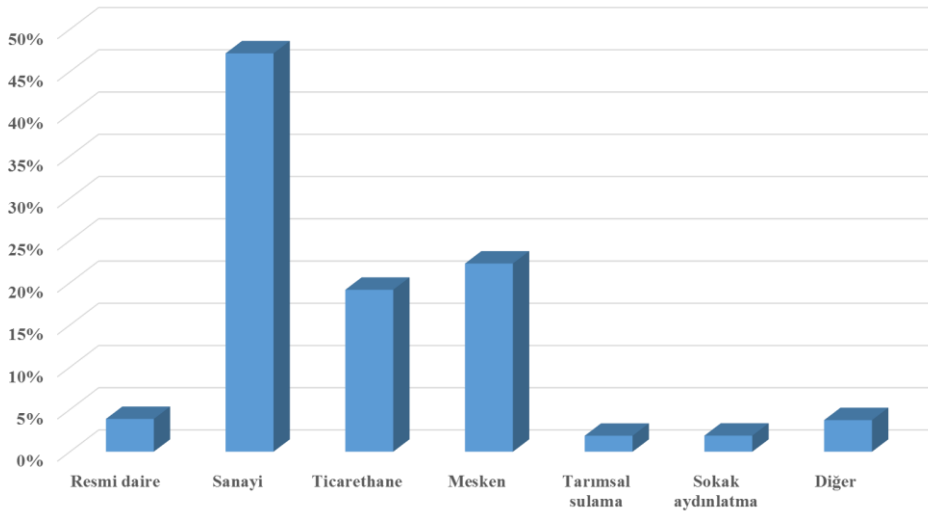
Elektrik motoru genel anlamda, girişinden verilen elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren, çıkış tarafındaki mekanik enerji ile iş yapacak makineyi tahrik eden bir elektrik makinasıdır. Sincap kafesli asenkron motor ise rotordaki elektrik akımını üretmek için gerekli olan torku, duraç sargıların manyetik alanından elektromanyetik indüksiyon elde ederek üreten bir AC elektrik motordur (Almeida vd., 2008: 18).

Türkiye'de yoğun bir şekilde kullanılan elektrik motorları ile ilgili olarak birçok yasal düzenleme mevcuttur. Doğrudan etkili olan yasal düzenlemeler aşağıda verilmiştir (Şekil 1).



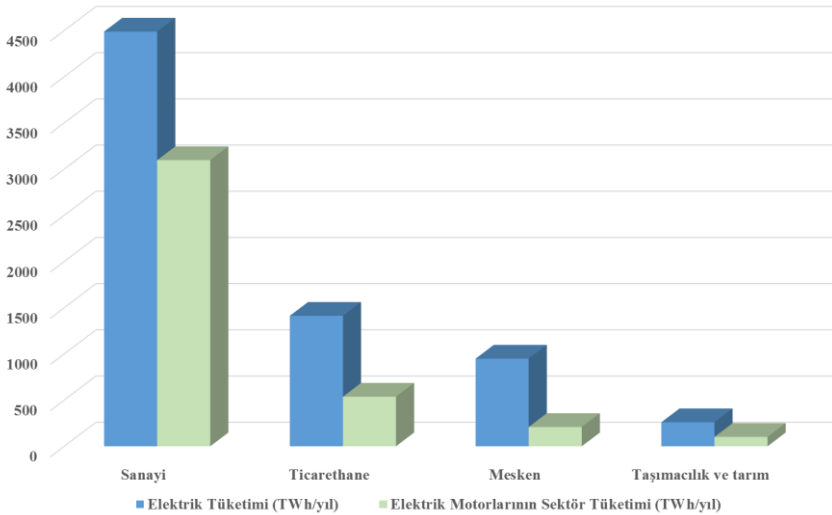
Şekil 1. Elektrik Motorlarında Doğrudan Etkili Yasal Düzenlemeler (Esen, 2015: 2)

Türkiye genelinde yapılan araştırmada net elektrik tüketiminin %22'si meskenlerde kullanılırken, %19'u ticarethanelerde, %47'si sanayide kullanılmaktadır (TÜİK, 2014).



Şekil 2. Türkiye Nihai Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Payları 2014 (TÜİK, 2014)

Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 29 ülkeden oluşan IEA (International Energy Agency) 'nin üye ülkeler genelinde yaptığı araştırmaya göre sanayide kullanılan elektriğin %69'u, ticarethanelerde kullanılan elektriğin %38'i, meskenlerde kullanılan elektriğin %22'si ve taşımacılık/tarımda kullanılan elektriğin %39'u elektrik motorlarında tüketilmektedir. (Waide, Brunner, 2011: 11)



Şekil 3. IEA Üye Ülkelerinde Elektrik Motorlarının Sektörlere Göre Enerji Kullanım Oranı 2011 (Waide, Brunner, 2011: 11)

Bu veriler ışığında Türkiye'nin toplam net elektrik tüketiminin yaklaşık %55'i elektrik motorlarında gerçekleşmektedir yorumu yapılabilir. Aynı araştırmaya göre bir yıl içerisinde piyasaya 1,5 milyon adet elektrik motorunun girdiği tahmin edilmektedir.

Bu derece büyük bir pazarın söz konusu olması, asenkron motor üreten firma sayısının artmasına ve yeni firmaların bu pazara girme isteğine pozitif etki göstermektedir. Bu bağlamda, seçeneklerin birden fazla olması motor temin etmek isteyenlerin bir karar vermesini gerektirmektedir.

Bu çalışmada dünya endüstrisindeki önemi sebebi ile asenkron elektrik motorlarının seçimi irdelenmiştir. Sincap kafesli asenkron elektrik motoru seçimi yaparken sübjektif olmayan, nicel tekniklerle elde edilebilecek bir karar sistemi oluşturulmaya çalışılmıştır. Konuya nicel yaklaşım, çok kriterli karar verme (ÇKKV)

yöntemleri arasından seçilen, akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılan ve bu alanda doğru sonuçlar vereceği düşünülen TOPSIS, MOORA ve VIKOR yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir.

2. Literatür Taraması

Önceki çalışmalar incelediğinde elektrik motorları ile ilgili olarak ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Bununla beraber ekipman seçimi, personel seçimi, ekonomik ve finansal performans karşılaştırmaları vb. konularda çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmektedir. ÇKKV konusuna ilişkin son yıllarda yapılan çalışmalardan bazı örnekler aşağıda özetlenmiştir.

Can, Delice ve Özçakmak (2017) çalışmalarında pim imalatı yapan bir firmada, ısıtma işlem istasyonu ergonomik açıdan analiz edilerek oturma düzeneği seçimi çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda istasyonda sergilenen çalışma duruşlarının risk değerlendirmesi için Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (Rapid Entire Body Assessment-REBA) yöntemi uygulanmış, bu yöntemin sonuçlarına göre vücudun en çok zorlanan bölgeleri belirlenerek, yedi farklı oturma düzeneği dört karar verici tarafından karşılaştırılmıştır. Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA yöntemi, alternatiflerin sıralanmasında ise Ağırlıklı Birleşik Toplu Çarpım Değerlendirmesi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment-WASPAS) kullanılmıştır. Sonuç olarak belirlenen ikinci oturma düzeneğinin ilk sırada tercih edildiği belirlenmiştir.

Büyüközkan ve Güleriyüz (2016) çalışmalarında lojistik firma web sitelerinin performanslarının değerlendirmesinde çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) ve TOPSIS teknikleri kullanılarak Türk lojistik sektöründe öncü sayılan 15 firmanın web sitelerinin performanslarının sıralanması amaçlanmıştır. Yapılan analiz sonucunda lojistik web sitelerinin hizmet kalitesi için en önemli üç kriter sırasıyla fiziksel yapı, bilgi kalitesi ve karşılık verebilme olarak belirlenmiştir. Önem derecesi en yüksek alt kriterler; bilgi zenginliği (0,123), teknik performans (0,118) ve işlevsellik (0,111) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak lojistik firmaların web sitelerini tasarlarken bu kriterlere daha çok odaklanmaları önerilmiştir.

Doğanalp'in (2016) çalışması öğretim üyesi değerlemesinin bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile gerçekleştirilmesini amaçlamıştır. Bu kapsamda Çalışmada, bir devlet üniversitesinin Yönetim Organizasyon Bilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans programında 2014-2015 Güz Dönemi'nde dersleri ortak olan üç öğrenci karar verici olarak belirlenmiş, öğrencilerin tamamı fayda kriteri olan dokuz kriter üzerinde fikir birliği sağlamıştır. Bu karar vericiler tarafından en yüksek performansa sahip öğretim üyesinin belirlenmesine karar verme açısından en önemli bulunan karar kriterleri teorik bilgilerin yeterli örneklerle pekiştirilmesi, derste öğrenciler arası ve öğrenci-öğretim üyesi arasında iyi bir iletişim ortamının yaratılmış olması ve değerlendirme sisteminin öğrenilenlerin tümünü eşit ağırlıkta ölçecek nitelikte olması kriterleri olarak belirlenmiştir. Dört farklı öğretim üyesinin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi sonucu elde edilen veriler Bulanık TOPSIS yöntemi ile analiz edilerek öğretim üyelerinin sıralaması, yakınlık katsayısı en yüksekte en düşüğe doğru belirlenmiştir.

Ağaç ve Baki'nin (2016) çalışması sağlık ve sağlık hizmetleri alanında gerçekleştirilen Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) uygulamalarını kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamıştır. Sonuçta yapılan çalışmaların daha çok hastane ve tıbbi atık yeri seçmek, hizmet kalitesi değerlendirmek ve risk değerlendirmesi yapmak gibi konuların ele aldığı, en çok kullanılan tekniğin AHP olduğu, bütünlük olarak en fazla kullanılan tekniklerin ise ANP tabanlı olduğu ve son yıllara göre ÇKKV tekniklerinin kullanımında artış olduğunun gözlemlendiği yorumları yapılmıştır.

Özbek (2016) çalışmasında bir işletme için en uygun tedarikçileri belirlemede bulanık analitik ağ süreci (BAAS) ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. BAAS yöntemi, kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemede, VIKOR yöntemi ise belirlenen önem ağırlıklarını kullanarak en uygun tedarikçiyi seçmede kullanılmıştır. Literatür taraması sonucu analize esas kriterler; kalite, fiyat, teslimat, hizmet, esneklik, teknik yeterlilik, teknolojik kabiliyet, yönetim ve organizasyon, geçmiş performans, finansal durum ve coğrafi konum olarak belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda en etkili kriterin fiyat olduğu, bunu kalite kriterinin izlediği ve en az etkili kriterin ise esneklik olduğu belirlenmiştir. Tedarikçilerin sıralanması sonucu S2 tedarikçisinin en uygun tedarikçi olduğu belirlenmiştir. Bulunan seçim modelinin tedarikçi seçim sürecinde de başarılı şekilde uygulanabileceği yorumu yapılmıştır.

Çalışkan ve Eren'in (2016) çalışması 10 kamu, özel ve yabancı sermayeli mevduat bankasının finansal rasyoları ile çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak 2010-2014 dönemine ait finansal performanslarının karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Aktif büyüklüklerine göre, belirlenen yıllar arasında verisi bulunan 3 adet kamu sermayeli mevduat bankası, 6 adet Türkiye' de kurulmuş yabancı sermayeli banka, 6 adet özel sermayeli mevduat bankası ve 2 adet kamu sermayeli kalkınma ve yatırım bankası olmak üzere toplam 17 banka, 2010-2014 dönemlerine ait seçilmiş 10 rasyo kullanılarak analiz edilmiştir. AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile yapılan her iki analiz sonucunda en iyi finansal performansı kurumsal sermayeli bir banka olan Türkiye Cumhuriyeti Ziraat Bankası sergilediği belirlenmiştir.

Işık (2016) çalışmasında QUALIFLEX ve ORESTE çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak sigorta şirketi seçimi probleminde bir yaklaşım getirmeyi amaçlamıştır. Yapılan analiz sonucunda hem QUALIFLEX hem de ORESTE yöntemleri A1 alternatifinin en iyi alternatif olduğu belirtilmiştir. Sonuçta sigorta şirketi seçim problemi için QUALIFLEX ve ORESTE yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanılabileceği yorumu yapılmıştır.

Yıldırım (2015) çalışmasında ARAS yönteminin literatürde kullanım alanlarını incelemiş, yöntemin aşamalarını detaylı olarak ele almış ve son olarak örnek bir karar problemi üzerinde ARAS yöntemi uygulanarak elde edilen bulguları yorumlamıştır. Sonuçta ARAS yönteminin karar vericiler için kolaylıkla uygulanabilir bir alternatif olduğu, karar sürecinde hakim olan belirsizliğin giderilmesi için Bulanık Sistem Teorisi ve yeterli bilgi bulunmadığı durumlarda Gri Sistem teorisi ile birlikte kullanılabileceği yorumları yapılmıştır.

Aksoy, Ömürbek ve Karaatlı'nın (2015) çalışmasında Türkiye kömür işletmelerinin performans değerlendirmesinin AHP temelli MULTIMOORA ve COPRAS yöntemleri kullanılarak gerçekleştirmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Türkiye Kömür İşletmelerine ait 8 işletmenin 2008-2012 yılları arasında toplam satış, faaliyet karı, rezerv durumu,

çalışan sayısı, dekapaj miktarı, yatırım harcamaları ve üretim miktarı kriterleri açısından analiz edilerek AHP, MULTIMOORA ve COPRAS çok kriterli karar verme yöntemleri ile performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuçta, her iki yöntemde de en iyi performans gösteren işletme ELİ (Ege Linyitleri İşletmesi) belirlenmiş, söz konusu şirketin bulunduğu bölgede 2013 yılı Kurumlar Vergisi Rekortmeni olduğu belirtilmiştir. İki yöntemin sonuçlarının büyük oranda aynı çıkmış olması, işletmelerin performansının değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanılabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Özbek'in (2015) akademik birim yöneticilerinin MOORA yöntemiyle seçilmesi üzerine yaptığı araştırmada akademisyenlerin görüşleri karar verme sürecine dahil edilerek seçim sistemi oluşturulmuştur.

Şimşek, Çatır ve Ömürbek'in (2015) turizm sektöründe tedarikçi seçimini ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile incelediği çalışmada 5 ana kriter ve 20 alt kriter açısından 6 tedarikçi firmanın kıyaslaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda en uygun olan ve en uygun olmayan firmalar belirlenmiştir.

Yıldırım ve Önder'in (2014) çalışmaları çok kriterli karar verme tekniklerini kullanarak İstanbul'un potansiyel taşımacılık köylerinin değerlendirilmeyi amaçlamıştır. Çalışmada AHP yöntemi ile kriterlerin önem düzeyi belirlenmiş, bu önem düzeyleri PROMETHEE yöntemine girdi olarak kullanılmış ve lojistik köy yerleşimi problemine bir çözüm yaklaşımı getirilmiştir. Önerilen modelin uygulanması sonucunda Silivri en iyi alternatif, Pendik ise en kötü alternatif olarak belirlenmiştir. Ağ yapılandırılması ve ölçütler arasındaki bağımlılığın belirlenmesi için analitik ağ sürecinin (ANP) kullanılabileceği yorumu yapılmıştır.

Eroğlu, Yıldırım ve Özdemir (2014) çalışmalarında personel seçiminde, çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan ORESTE yöntemini kullanmışlardır. Bu kapsamda gerçek bir işletmenin Muhasebe ve Pazarlama departmanları için personel seçim sürecine ilişkin problem, ORESTE yöntemi ile yapılan analiz ile çözüm yaklaşımı gerçekleştirilmiş, adayların sıralanması sağlanmıştır. Yöntemin, işletmecilikte karşılaşılan tedarikçi seçimi, çok sayıda alternatifin bulunduğu yatırım problemleri, proje seçimi vb. karar problemlerine uygulanabileceği, ayrıca bulanık sayı ve kümeler ve gri teori ile birlikte genişletilerek daha fazla uygulama alanının bulunabileceği yorumu yapılmıştır.

Yıldırım ve Öney (2013) çalışmalarında bulut teknolojisi üzerine yazılmış bir rapordaki veriler kullanılarak beş farklı firmanın sağladığı hizmeti, yine raporda verilen değerlendirme kriterlerini baz alarak AHP ve MOORA yöntemleri aracılığı ile sıralamayı amaçlamıştır. Raporda sıralama yapılmamış, yapılan testlerde en iyi performansı gösteren firma belirtilmiştir. MOORA yöntemi ile yapılan analiz sonucu sıralamada birinci olan firma ile raporda en iyi performansı gösteren firmanın aynı firma olduğu belirlenmiştir.

Ertuğrul ve Özçil'in (2014) klima seçimine ÇKKV önerisini getirdiği çalışmada TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanılarak 8 farklı marka arasından en uygun alternatif belirlenmiştir.

Urfalıoğlu ve Genç (2013) Türkiye'nin ekonomik performansının Avrupa birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılmasını ÇKKV teknikleri ile gerçekleştirmiştir. ELECTRE, TOPSIS

ve PROMETHEE yöntemleri ile yapılan analizler sonucunda yöntemlerin kendi aralarında karşılaştırmalarında ülkelerin performans ölçümleri için yakın sonuçlar verdikleri görülmüştür.

Çakır ve Perçin'in (2013) ÇKKV yöntemlerinden CRITIC, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanarak lojistik firmalarının performansını ölçmeyi amaçladığı çalışma sonucunda çok net bir performans değerinin tam olarak yansıtılamadığı, performans ölçümünde objektif ve subjektif kriterlerin birlikte değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Dinçer ve Görener'in (2011) hizmet sektöründe performans değerlendirmesinde AHP, VIKOR, TOPSIS yaklaşımları üzerine yaptığı araştırma sonucunda performans ölçüm kriterlerinin analizinde AHP tekniğinin, alternatiflerin değerlendirilmesinde ise VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı modele göre, her iki yöntemde de yabancı bankaların diğer gruplara oranla daha iyi bir performansa sahip olduğu gösterilmiştir.

Yücel ve Ulutaş'ın (2009) çalışmaları Malatya şehrinde bulunan kargo firmasının yeni açacağı mağazasının yerinin belirlenmesinde bir ÇKKV yöntemi olan ELECTRE yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda firma kendisine uygun olduğunu düşündüğü 6 yer seçeneğini belirlemiştir. Yine şirket tarafından belirlenen kriterler ELECTRE yöntemi ile analiz edilmiş ve en uygun çözüm alanı olarak Şıra Pazarı belirlenmiştir.

Ata ve Sennaroğlu'nun (2008) çalışmasında çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan analitik hiyerarşi proses metodu ile savaş gemisi tasarımındaki kriterlerin ağırlık katsayılarının hesaplanması konusu incelenmiştir. Analizde savaş gemilerinin tasarımında önemli görülen 6 farklı ana kriter analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tüm ana kriterler içerisinde silah sistemleri en büyük ağırlık değerine sahip kriter olarak belirlenmiştir. Mobilite ana kriterinde sürekli hız en büyük ağırlık değerine sahip olurken, bağımsızlık ana kriterinden en büyük ağırlık değerine sahip alt kriter füze kapasitesi olmuştur. Duyarlılık ana kriterinde en büyük ağırlık değerine sahip alt kriter RCS sistemi bulunurken, maliyet ana kriterinde en büyük ağırlık değerine sahip alt kriter bakım maliyeti olarak belirlenmiştir.

3. Materyal

Seçimi yapılacak elektrik motorları için ülkemizde faaliyet gösteren ve pazarda kayda değer bir ağırlığı olan 3 farklı firmanın asenkron elektrik motorlarının teknik özellikleri ve fiyatları temin edilmiştir. Veriler, sanayide sıkça kullanılan motorlardan rassal olarak seçilen 90 kW nominal gücünde, 1500 rpm nominal devire sahip, B3 gövde yapısında ve IE3 verimlilik sınıfında motor için temin edilmiştir. Konuya ilişkin veriler aşağıda (Tablo 1) verilmiştir.

Üretici Firma	F1	F2	F3
Nominal Motor Gücü (kW)	90	90	90
Nominal Motor Gerilimi (V)	400	400	400
Frekans (Hz)	50	50	50
Nominal Motor Devri (Rpm)	1487	1485	1485
Nominal Motor Akımı (A)	159	157	158
Motor Verim Sınıfı	IE3	IE3	IE3
Gövde Tipi	B3	B3	B3

Üretici Firma	F1	F2	F3
Koruma Sınıfı	IP55	IP55	IP55
Çalışma Sınıfı	S1	S1	S1
İzolasyon Sınıfı	F	F	F
Isı Artış Sınıfı	B	B	B
Nominal Motor Torku (Nm)	578	579	579
Motor Verimi (%100 yükte)	95,9	95,2	95,2
Motor Verimi (%75 yükte)	96	95,5	95,2
Motor Verimi (%50 yükte)	95,5	95,3	94,8
Güç Faktörü (%100 yükte)	0,85	0,87	0,86
İlk Alım Maliyeti (TL)	10789*	9719**	7220
Temin Süresi (Hafta)	13	9	6

*,** F1 ve F2 motorları ithal motorlar olduğundan, ilgili firmalar ilk alım maliyeti verisini Euro para birimi cinsinden vermişlerdir. Değerlendirmenin yapılabilmesi için verilerin aynı cinsten olması gerekmektedir. Bu sebeple ilk alım maliyeti verileri (F1 için 3164 euro, F2 için 2850 euro) T.C. Merkez Bankası'nın 01.11.2016 tarihli paritesi (1 Euro = 3,41 TL) kullanılarak eskalasyon yapılmıştır. (<http://www.tcmb.gov.tr>)

Tablo 1. Değerlendirilecek Motorların Özellikleri

İlgili tabloda özellikleri verilen motorların ilk 11 özelliğinin karakteristik özellik olması ve her motor için aynı değere sahip olması sebebi ile kriter değerlendirme matrisinde bu özelliklere yer verilmemiştir. Bunların dışında motor torku, motorun gücü ile orantılı olan bir diğer karakteristik özelliktir. Ancak, bazı uygulamalarda torkun türevlerinin (kilitli rotor torku) dikkate alınması gerekliliği sebebi ile bu veriye kriter değerlendirme matrisinde yer verilmiştir.

Asenkron elektrik motoru seçimi yapılabilmesi için konu ile ilgili olarak sanayi sektöründe çalışmakta olan 10 farklı karar vericinin görüşleri alınmıştır. Karar vericiler en az lisans seviyesinde üniversitelerin ilgili bölümlerinden mezun, 28-47 yaş aralığında, 5-24 yıl arası sektör tecrübesi olan bir demografik yapıya sahiptir. Karar vericilerden Tablo 2'de verilen kriterlere, kendi subjektif ölçütlerine göre en önemsiz kriter 1 olmak üzere, 1'den 9'a kadar rakamsal değer girmeleri istenmiştir.

Karar Vericiler	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
KV1	2	6	9	6	8	9	8
KV2	5	8	9	5	5	8	8
KV3	2	5	8	3	3	9	8
KV4	3	5	7	1	1	8	7
KV5	8	8	6	2	3	8	6
KV6	4	6	8	3	2	8	6
KV7	2	5	7	2	4	9	7
KV8	3	6	8	3	3	8	7
KV9	2	6	9	2	2	7	8
KV10	2	7	8	6	6	8	7

Tablo 2. Karar Vericilerin Kriter Değerlendirme Matrisi

Bu çalışmanın asıl konusu olmamakla beraber, hem çalışmanın derinliğini arttırmak hem de konu hakkındaki genel eğilimi anlayabilmek amacı ile karar vericilerin konuya ilişkin görüşleri kullanılarak IBM SPSS Statistics 23 programı ile güvenilirlik analizi

gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının Cronbach's Alpha sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,569	7

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
TORK	36,5000	28,722	-,186	,746
VERIM100	33,6000	21,822	,520	,464
VERIM75	31,9000	24,767	,290	,537
VERIM50	36,5000	14,944	,773	,273
GUCFAKTORU	36,1000	13,433	,694	,288
ILKALIMMALIYETI	31,6000	27,600	,094	,580
TEMINSURESİ	32,6000	26,489	,186	,564

Tablo 3. Güvenilirlik Analizi Sonuçları

Analiz sonucunda güvenilirlik oranı %56,9 olarak belirlenmiştir. Toplam istatistik verilerinin en sağ sütununda kriterlerden birinin silinmesi ile yeni Cronbach's Alpha değerinin ne olacağı verilmiştir. Tork kriterinin araştırmadan çıkarılması durumunda, analiz sonucundan da görüleceği üzere güvenilirlik oranı %74,6 olacaktır. Tork değerinin Tablo 2'deki toplam puanı ve ağırlık değeri göz önünde bulundurulduğunda sonuca olan etkisi çok düşük olacağından çalışmada kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

4. Bulgular

Karar vericilerden gelen geri beslemelerde satış sonrası hizmet ve benzeri bazı ek özelliklerin de önemli olduğu belirtilmiştir. Ancak bu ek özellikler sayısal değerlendirmeye uygun olmadığından tercih kriterleri kapsamına alınmamıştır. Diğer kriter değerlendirme verileri kullanılarak 3 farklı ÇKKV yöntemi ile değerlendirilmiştir.

4.1. TOPSIS Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi, "Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution" kelimelerinin baş harflerinin kullanıldığı bir kısaltmadır. Bu yöntem, alternatifler arasından en iyi seçimin yapılmasına imkan tanıyan bir tekniktir (Özdemir, 2014:134). TOPSIS yöntemi ile karar verirken seçilen bir alternatifin ideal çözüme yakın olması ve ideal olmayan çözüme (negatif ideal) de uzak olması beklenir (Lai ve Diğerleri, 1994: 488). TOPSIS yöntemi, ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanır. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Bu süreçler motor seçimi için uygulanmıştır.

Adım 1. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. Çalışmamızda aşağıdaki tabloda (Tablo

4) satırlarda karar noktası olan motorlar, sütunlarda ise motorların değerlendirilecek özellikleri verilmiştir.

	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	578	95,9	96	95,5	0,85	10789	12
M2	579	95,2	95,5	95,3	0,87	9719	9
M3	579	95,2	95,2	94,8	0,86	7220	6

Tablo 4. Karar Matrisi

Adım 2. Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart karar matrisi, karar matrisinin (Tablo 4) verilerinden yararlanarak ve aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1)$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

(1) ve (2) no'lu formüllerden hareketle;

	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	0,577	0,580	0,580	0,579	0,571	0,665	0,743
M2	0,578	0,576	0,577	0,578	0,584	0,599	0,557
M3	0,578	0,576	0,575	0,575	0,577	0,445	0,371

Tablo 5. Standart Karar Matrisi (R)

Adım 3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Değerlendirme kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$).

	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
Ağırlık	0,083	0,156	0,198	0,083	0,093	0,206	0,181

Tablo 6. Ağırlık Değerleri (w_i)

Daha sonra standart karar matrisinin (R) her bir sütunundaki değerler ilgili w_i değeri ile çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi (V) oluşturulur.

	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	0,0478	0,0904	0,1151	0,0480	0,0530	0,1371	0,1344
M2	0,0479	0,0897	0,1145	0,0479	0,0543	0,1235	0,1008
M3	0,0479	0,0897	0,1142	0,0477	0,0537	0,0917	0,0672

Tablo 7. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V)**Adım 4.** İdeal (A*) ve Negatif İdeal (A-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır. İdeal çözüm setinin bulunması için ağırlıklı standart karar matrisi sütunlarındaki en büyük değerler seçilir.

$$A^* = \{0.0479, 0.0904, 0.1151, 0.0480, 0.0543, 0.0917, 0.0672\}$$

Negatif ideal çözüm setinin bulunması için ağırlıklı standart karar matrisi sütunlarındaki en küçük değerler seçilir.

$$A^- = \{0.0478, 0.0897, 0.1142, 0.0477, 0.0530, 0.1371, 0.1344\}$$

Adım 5. İdeal ve İdeal Olmayan Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Elde Edilmesi

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian uzaklık yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (Si*) ve Negatif İdeal Ayırım (Si-) ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. Bu ölçülerin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (3)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4)$$

(3) ve (4) no'lu formüllerden hareketle;

	S_i^*
M1	0,0811
M2	0,0462
M3	0,0014

Tablo 8. İdeal Uzaklık Tablosu

	S_i^-
M1	0,0012
M2	0,0363
M3	0,0811

Tablo 9. Negatif İdeal Uzaklık Tablosu**Adım 6.** İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Tüm karar noktalarının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. İdeal çözüme göreli yakınlık değeri aşağıdaki formülle (5) hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (5)$$

Formülden hareketle sonuç tablosu (Tablo 9) oluşturulmuştur.

	S_i^*	S_i^-	C_i^*
M1	0,0811	0,0012	0,0144
M2	0,0462	0,0363	0,4398
M3	0,0014	0,0811	0,9835

Tablo 9. Sonuç Tablosu

İdeal çözüme göreli yakınlık C_i^* ile sembolize edilir. C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme mutlak çözüm yakınlığını gösterirken, $C_i^* = 0$ ise ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir (Yıldırım ve Önder, 2015: 139). Buradan hareketle en uygun motor, en yüksek C_i^* değerine sahip olan M3 motorudur. M3 motoru için bulunan C_i^* değerinin 1'e çok yakın olması, bu seçimin çok güçlü bir şekilde ideal çözüme yakın olduğu anlamına gelmektedir.

4.2. MOORA Yöntemi

Diğer bir ÇKKV yöntemi olan MOORA, "The Multi Objective Optimization by Ratio Analysis Method" kelimelerinin baş harflerinin kullanıldığı bir kısaltmadır (Brauers ve Zavadskas, 2006: 446). Yöntem, oran sistemi ve referans noktası yaklaşımı olmak üzere iki temel bölümden oluşmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2006: 445-469).

Oran sistemi yaklaşımı, herhangi bir amaçla ilgili alternatiflerin tepkisinin karşılaştırıldığı durumdaki fayda (fayda: bu amaçla ilgili tüm alternatiflerin temsil edilebilmesi) olarak tanımlanmaktadır. Oran sistemi yaklaşımı çözümü için ilk olarak değerinin hesaplanması gerekmektedir (Şimşek ve Çatır, 2015: 143).

Referans noktası yaklaşımında ise, oran sistemi yaklaşımında da kullanılan formül ile normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Değerler formülden dışarı çıkarılarak "Maksimal Araç Referans Noktası" elde edilmektedir. Maksimal araç referans noktası, gerçekçi ve sübjektif olmayan koordinatlar olarak adlandırılmaktadır. İşlem sonucu elde edilen değerlerle oluşturulan matris "Tchebycheff'in Min-Max Metrik" formülü kullanılarak nihai sıralama yapılmaktadır (Şimşek ve Çatır, 2015: 144).

MOORA yöntemi asenkron elektrik motoru seçimi için kullanılmış, hem oran sistemi yaklaşımı hem de referans noktası yaklaşımı için değerlendirmeler yapılmıştır.

Adım 1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi TOPSIS bölümünde kullanılan karar matrisinin (Tablo 4) aynısıdır.

	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	578	95,9	96	95,5	0,85	10789	12
M2	579	95,2	95,5	95,3	0,87	9719	9
M3	579	95,2	95,2	94,8	0,86	7220	6

Tablo 11. Karar Matrisi

Adım 2. Standart Karar Matrisinin Oluşturulması

Yine TOPSIS bölümünde detaylı anlatılan ve formül (1) ve (2) kullanılarak bulunan standart karar matrisi Tablo 5'te verilmişti. Aynı matris, MOORA yöntemi için de standart karar matrisi olarak kullanılmıştır.

Adım 3. Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Oluşturulması

Kriterler için Tablo 6'da verilen ağırlık değerleri ile standart karar matrisindeki (Tablo 5) değerlerin çarpımı ile bulunan ağırlıklı standart karar matrisi aşağıda (Tablo 12) verilmiştir.

	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	0,0478	0,0904	0,1151	0,0480	0,0530	0,1371	0,1344
M2	0,0479	0,0897	0,1145	0,0479	0,0543	0,1235	0,1008
M3	0,0479	0,0897	0,1142	0,0477	0,0537	0,0917	0,0672

Tablo 12. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

Adım 4. Oran sistemi yaklaşımı değerlendirmesi

Tablo 12'de bulunan değerler kullanılarak (6) formülü ile y_i^* değerleri hesaplanır ve bu hesaplamaya göre sıralama yapılır (Tablo 13).

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (6)$$

	y_i^*	Oran metodu sıralama
M1	0,0829	3
M2	0,1301	2
M3	0,1942	1

Tablo 13. y_i^* Değerleri ve Sıralama

Burada g, maksimize edilecek amaçların sayısını, (n-g), minimize edilecek amaçların sayısını ve y_i^* değeri i. alternatifin tüm amaçlara göre normalleştirilmiş değerini göstermektedir. y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. y_i^* sıralamasına göre birinci sıradaki alternatif en uygun seçenek olarak değerlendirilir.

Buradan hareketle, y_i^* değeri en büyük olan M3 alternatifi en uygun seçenektir. M3'ten sonra uygun seçenekler sırasıyla M2 ve M1 motorlarıdır.

Adım 5. Referans noktası yaklaşımı değerlendirmesi

Bu yaklaşımda MOORA-Oran Yöntemi ile elde edilen normalleştirilmiş veriler temel alınır. Referans Noktası yaklaşımında alternatiflerin her bir amaca göre maksimizasyon durumunda en iyi değeri, minimizasyon durumunda ise en düşük değeri referans noktası (r_i) olarak alınır (Özbek, 2015: 9).

	MAKS	MAKS	MAKS	MAKS	MAKS	MİN	MİN
	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	0,0478	0,0904	0,1151	0,048	0,053	0,1371	0,1344
M2	0,0479	0,0897	0,1145	0,0479	0,0543	0,1235	0,1008
M3	0,0479	0,0897	0,1142	0,0477	0,0537	0,0917	0,0672
Referans noktaları	0,0479	0,0904	0,1151	0,048	0,0543	0,0917	0,0672

Tablo 14. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

Eşitlik (7) kullanılarak alternatiflerin her bir amaca göre referans noktasına olan uzaklıkları bulunur.

$$d_{ij} = |r_i - x_{ij}^*| \quad (7)$$

Her alternatifin en yüksek değeri bulunur (Pi). Alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Birinci sıradaki alternatif en iyi seçenek olarak kabul edilir.

	Nominal Tork (Nm)	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti (TL)	Temin Süresi (Hafta)	Maksimumlar	Referans nokta yakınlık sıralaması
M1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0454	0,0672	0,0672	3
M2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0318	0,0336	0,0336	2
M3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	1

Tablo 14. Alternatiflerin Referans Noktaya Yakınlıkları Matrisi

Tablo 14'te bulunan veriler ışığında referans noktaya en yakın değere sahip olan M3 alternatifi en uygun seçenektir.

4.3. VIKOR

“Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje” ifadesinin kısaltılmış yazımı olan VIKOR’un dilimizdeki anlamı ise; çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözümdür. Yöntemin temelinde, alternatifler çerçevesinde ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözümün oluşturulması vardır. Bu uzlaşık çözüm (compromise solution), ideal çözüme en yakın çözümdür. Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından temelleri atılan uzlaşık çözüm, birbiriyle çelişen kriterlerin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir konsensüs ile anlaşmaya varmak anlamına gelmekte ve ideale en yakın uygun çözümü vermektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004: 448).

ÇKKV literatüründeki uzlaşık çözüm tekniklerinden biri olan VIKOR yöntemi Opricovic (1998) tarafından önerilmiş olup ÇKKV literatüründe ilk kez Opricovic ve Tzeng’in (2004) çalışmasında kullanılmıştır. VIKOR Yöntemiyle elde edilen uzlaşık çözüm minj j S ile gösterilen çoğunluğun maksimum grup faydasını ve minj j R ile ifade edilen, karşıt görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını sağladığından karar vericiler açısından tatmin edici bir çözüm olmaktadır (Çakır ve Perçin, 2013: 451).

Adım 1. En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi

Karar matrisindeki her bir kriter için en iyi (f_j^*) ve en kötü (f_j^-) değerleri belirlenir. j kriteri değerlendirme açısından “fayda” anlamında bir kriter ise, j = 1,2,...,n için; f_j^* ve f_j^- aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Dinçer ve Görener, 2011: 244-260).

$$\begin{aligned} f_j^* &= \max_j f_{ij} \\ f_j^- &= \min_j f_{ij} \end{aligned} \quad (8)$$

Karar vericilerin görüşlerine göre belirlenmiş ağırlıklarla beraber motor özellikleri Tablo 16'da verilmiştir.

Ağırlıklar (w_i)	8,29%	15,58%	19,85%	8,29%	9,30%	20,60%	18,09%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	max	max	max	max	max	min	min
	Nominal Tork	Verim %100	Verim %75	Verim %50	Güç Faktörü %100	İlk Alım Maliyeti	Temin Süresi
M1	578	95,9	96	95,5	0,85	10789	12
M2	579	95,2	95,5	95,3	0,87	9719	9
M3	579	95,2	95,2	94,8	0,86	7220	6

Tablo 16. Kriter Özellikleri Ve Ağırlıkların Eklendiği Veri Seti

İlgili tablodan hareketle en iyi ve en kötü kriter değerleri belirlenmiş ve Tablo 17'de verilmiştir.

w_i	8,29%	15,58%	19,85%	8,29%	9,30%	20,60%	18,09%
X	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	max	max	max	max	max	min	min
M1	578	95,9	96	95,5	0,85	10789	12
M2	579	95,2	95,5	95,3	0,87	9719	9
M3	579	95,2	95,2	94,8	0,86	7220	6
f_j^*	579	95,9	96	95,5	0,87	7220	6
f_j^-	578	95,2	95,2	94,8	0,85	10789	12

Tablo 17. En İyi Ve En Kötü Kriter Değerlerinin Belirlenmesi

Adım 2. Normalize matrisin oluşturulması

Karar matrisini oluşturan değerleri birimlerden arındırmak ve karşılaştırılabilir seviyeye getirmek üzere lineer normalizasyon işlemi uygulanır. m alternatif ve n kriterden oluşan bir karar problemine ait karar matrisi, normalizasyon işlemi sonunda m x n boyutlarında R normalizasyon matrisine dönüştürülür (Kuzu, 2014: 120). Matrisin elemanları;

$$r_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (9)$$

Hesaplama sonucu oluşturulan R normalizasyon matrisi aşağıda (Tablo 18) verilmiştir.

w_i	8,29%	15,58%	19,85%	8,29%	9,30%	20,60%	18,09%
R	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	max	max	max	max	max	min	min
M1	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000
M2	0,000	1,000	0,625	0,286	0,000	0,700	0,500
M3	0,000	1,000	1,000	1,000	0,500	0,000	0,000

Tablo 18. R Normalize Karar Matrisi

Adım 3. Normalize karar matrisinin ağırlıklandırılması

Karar vericilerin görüşleri alınarak elde edilen önem ağırlıkları (w_i) kullanılarak normalize karar matrisi, ağırlıklandırılmış normalize karar matrisine dönüştürülmüştür. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi aşağıda (Tablo 19) verilmiştir.

w_i	8,29%	15,58%	19,85%	8,29%	9,30%	20,60%	18,09%
V	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	max	max	max	max	max	min	min
M1	0,083	0,000	0,000	0,000	0,093	0,206	0,181
M2	0,000	0,156	0,124	0,024	0,000	0,144	0,090
M3	0,000	0,156	0,198	0,083	0,046	0,000	0,000

Tablo 19. V Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

Adım 4. S_j ve R_j değerlerinin belirlenmesi

Her bir alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösteren S_j ve R_j değerleri hesaplanır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (10)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (11)$$

(10) ve (11) numaralı formüllerden hareketle S_j ağırlıklandırılmış normalize karar matrisindeki ilgili satır değerlerinin toplamı, R_j ise ilgili satır değerlerinin maksimum değerli olanı seçilerek bulunmuştur.

	S_i	R_i
M1	0,563	0,206
M2	0,538	0,156
M3	0,484	0,198

Tablo 20. S_j ve R_j Değerleri Matrisi**Adım 5.** Q_j değerlerinin belirlenmesi

(12) numaralı denklemde, $S^* = \min_j S_j$; $S^- = \max_j S_j$; $R^* = \min_j R_j$; $R^- = \max_j R_j$ değerlerini ifade etmektedir. v değeri ise kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını, bir başka deyişle maksimum grup faydasını göstermektedir. v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1-v)$ değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004: 448). Genellikle $v=0,5$ kullanılır (Lixin, Ying ve Zhiguang, 2008: 1209).

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (12)$$

(12) numaralı denklemde hesaplanan Q_j değerleri ile S_j ve R_j değerleri aşağıda (Tablo 21) verilmiştir.

	S_j	R_j	Q_j	Q_j	Q_j	Q_j	Q_j
			($v=0,00$)	($v=0,25$)	($v=0,50$)	($v=0,75$)	($v=1,00$)
M1	0,563	0,206	1,001	1,000	0,999	0,998	0,998
M2	0,538	0,156	-0,004	0,168	0,341	0,514	0,687
M3	0,484	0,198	0,850	0,636	0,423	0,209	-0,004

Tablo 21. S_j ve R_j Değerleri Matrisi**Adım 5.** Sıralama sonuçları ve koşulların denetlenmesi

Elde edilen sonucun geçerli kabul edilebilmesi için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde minimum Q değerine sahip alternatif, en iyi veya en uygun olarak nitelendirilebilir (Dinçer ve Görener, 2011: 249).

En uygun seçeneğin belirlenebilmesi için 2 koşulun denetlenmesi gerekmektedir. Bunlar;

Koşul 1. Kabul edilebilir avantaj: En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunu ifade eden koşuldur. A^1 , en düşük Q değerine sahip olan 1. en iyi alternatif, A^2 ise en iyi ikinci alternatiftir.

$D(Q) = 1/(j-1)$ şeklinde ifade edilmektedir. j , değerlendirme birimi sayısını göstermektedir. Değerlendirme birimi sayısı 4'ten küçükse $D(Q) = 0,25$ alınır (Chen ve Wang, 2009: 233-242). Çalışmamızda değerlendirme birimi sayısı 3 olduğundan $D(Q)$ değeri 0,25 alınmıştır.

Bu koşulun denetlenmesinde $Q(A^2) - Q(A^1) \geq D(Q)$ denkleminin sağlanabilmesi gerekmektedir.

Koşul 2. Kabul edilebilir istikrar: En iyi Q değerine sahip A^1 alternatifi ve değerlerinin az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- 2.Koşul sağlanmıyorsa A^1 ve A^2 alternatifleri,
- 1.Koşul sağlanmıyorsa $A^1, A^2, \dots, A^m$ alternatifleri $Q(A^m) - Q(A^1) \geq D(Q)$ eşitsizliği dikkate alınarak ifade edilir (Opricovic ve Tzeng, 2004: 449).

Q değerlerinin sıralamasının yapıldığı ve koşulların denetlendiği matris Tablo 22'de verilmiştir.

	Sıralama				
	($v=0,00$)	($v=0,25$)	($v=0,50$)	($v=0,75$)	($v=1,00$)
M1	3	3	3	3	3
M2	1	1	1	2	2
M3	2	2	2	1	1
$Q(A^2)$	0,850	0,636	0,423	0,514	0,687
$Q(A^1)$	-0,004	0,168	0,341	0,209	-0,004
$Q(A^2) - Q(A^1)$	0,854	0,468	0,082	0,305	0,691
$D(Q)$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Koşul 1	DOĞRU	DOĞRU	YANLIŞ	DOĞRU	DOĞRU
Koşul 2	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU	DOĞRU

Tablo 22. Sıralama Sonuçları ve Koşulların Denetlenmesi

Maksimum grup faydası değeri (v), çalışmalarda genel olarak 0,5 alınmaktadır. Bu çalışmada 0 ile 1 arasında toplam 5 ağırlık değeri için hesaplama yapılmıştır. 0,00-0,25-0,50 grup faydası değeri için M2 motoru en düşük Q_j değerine sahipken, 0,75-1,00 grup faydası değeri için M3 motoru en düşük Q_j değerine sahiptir.

Koşulların denetlenmesi açısından bakıldığında ise $v = 0,00$ değeri için $Q(A^2) - Q(A^1) \geq D(Q)$ denklemi sağlandığından bu grup faydası değeri için en küçük Q_j değerine sahip seçenek olan M2 motoru için koşul 1 doğrulanmaktadır. Aynı şekilde yine $v = 0,00$ değeri için en küçük değerine sahip seçenek olan M2 motoru S_j değeri için en iyi skoru elde edememesine rağmen R_j değeri için en iyi skoru elde etmiş ve dolayısı ile koşul 2 doğrulanmıştır. $v = 0,00$ değeri için kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını aynı anda sağladığı için M2 motoru en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Benzer denetlemeler grup faydası değeri (v)'nin 0,25-0,50-0,75-1,00 değerleri için de gerçekleştirilmiş ve ilgili tabloda (Tablo 22) koşullar belirtilmiştir. $v = \{0,00; 0,25\}$ değerleri için M2, $v = \{0,75; 1,00\}$ değerleri için M3 motoru en iyi alternatif olarak

belirlenmiştir. $v=0,50$ değeri için ise kabul edilebilir avantaj koşulu doğrulanmamıştır. Bu durumda $v=0,50$ değeri için M2 veya M3 motorlarının her ikisi de uzlaşık ortam çözüm olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada analiz sayısal değerler üzerinden yapılmış olsa da karar verici kriterleri sezgisel olarak ağırlıklandırmak süratiyle sürece öznellik kazandırmaktadır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar için karar vericinin görüşlerini yansıtan ve ideal derecesinin karar vericiye bağlı olduğu durumda belirlenen sonuçlar olduğu söylenebilir (Kuzu, 2014:132).

5. Sonuç

Hemen tüm süreçlerin üretime dolayısı ile sanayiye dayalı olarak ilerlediği günümüzde kuşkusuz ki endüstriyel ekipmanlara büyük iş düşmektedir. Bu bağlamda elektrik motorları büyük yükü omuzlamaktadır. Endüstride kullanım alanlarının çok geniş olması, pazarın büyük olmasına ve dolayısı ile birçok üreticinin motor üretimi sektörüne girmesine neden olmaktadır.

Bu marka çeşitliliğinde karar vericilere sübjektiflikten uzak, nicel kararlar alabilmeleri için nümerik değerler kullanılarak alternatifleri karşılaştırebilmelerine olanak sağlayabilecek modeller incelenmiştir. Karar vericinin ihtiyaçları doğrultusunda modeller oluşturulmuş ve uygun alternatifler belirlenmiştir.

Üç farklı ÇKKV yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiş ve sonuçları irdelenmiştir. TOPSIS yönteminde İdeal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) değeri hesaplanmıştır. En yüksek değere (0,9835) sahip olan M3 motoru, bu değer 1'e en yakın değer olması sebebi ile en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. M3 motoru için bulunan C_i^* değerinin 1'e çok yakın olması, bu seçimin çok güçlü bir şekilde ideal çözüme yakın olduğu anlamına gelmektedir.

MOORA yönteminde iki yaklaşım incelenmiştir. Birinci yaklaşım oran sistemi yaklaşımıdır ve herhangi bir amaçla ilgili alternatiflerin tepkisinin karşılaştırdığı durumdaki fayda (fayda: bu amaçla ilgili tüm alternatiflerin temsil edilebilmesi) incelenmiştir. Fayda araştırması sistematiği sonucu bulunan y_i^* değerlerinin en büyüğüne sahip olan M3 motoru en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. İkinci yaklaşım olan referans nokta yaklaşımında ise gerçekçi ve sübjektif olmayan koordinatlar olarak adlandırılan maksimal araç referans noktası elde edilmeye çalışılmıştır. İşlem sonucu M3 motoru için elde edilen değer referans noktaya en yakın değer olduğu görülmüş, bu nedenle M3 motoru en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

VIKOR yönteminde ise alternatifler çerçevesinde ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözüm oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu uzlaşık çözümün ideal çözüme en yakın çözüm olduğu kabul edilmiştir. İki farklı koşulun, maksimum grup faydasının (v) farklı değerleri için sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır. Kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını aynı anda sağlandığı 2 değer için M2 motoru, farklı 2 değer için M3 motoru en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. $v = 0,50$ değeri için M2 veya M3 motorlarının her ikisi de uzlaşık ortam çözüm olarak kabul edilmiştir. Bu durumda, karar verici kriterleri sezgisel olarak ağırlıklandırmak süratiyle sürece öznellik kazandırdığı kanaatine varılmıştır.

Sonuçta TOPSIS ve MOORA yöntemlerinin nümerik veriler kullanılarak yapılan seçimlerde doğru sonuçlar verdiği, VIKOR yönteminde ise nümerik verilere rağmen, karar vericinin sezgisel ağırlıklarının da sonuca etki ettiği, sürece öznellik kazandıran

bir yöntem olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada kullanılmayan diğer ÇKKV yöntemleri benzer çalışmalarda kullanılarak ideal çözüme ulaşmadaki başarı oranları test edilebilir.

Kaynakça

- Ağaç, G., Baki, B. (2016). "Sağlık Alanında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanımı: Literatür İncelemesi". Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 19(3): 343-363
- Aksoy, E., Ömürbek, N., Karaatlı, M. (2015). "AHP Temelli MULTIMOORA ve COPRAS Yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi". Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 33(4): 1-28
- Almeida, A.T., Ferreira, F., Fong, J., Fonseca, P. (2008). "EUP Lot 11 Motors". Preparatory study for the Energy Using Products (EuP) Directive, Coimbra, S: 14-18
- Ata, A., Sennaroğlu, B. (2008). "Savaş Gemisi Tasarımındaki Kriter Katsayı Ağırlıklarının Saptanmasında Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı ". Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 4(1): 1-16
- Brauers, W.K.M., Zavadskas, E.K. (2006). "The MOORA Method and Its Application to Privatization in a Transition Economy". Control and Cybernetics, 35(2): 445-469
- Büyükköçkan, G., Güler, S. (2016). "Lojistik Firma Web Sitelerinin Performanslarının Çok Kriterli Değerlendirilmesi". Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31-4: 889-902
- Can, G.F., Delice, E.K., Özçakmak, B.C. (2017). "Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Oturma Düzeneği Seçimi". Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5: 213-225
- Chen, L.Y., Wang T. (2009). "Optimizing Partners' Choice in IS/IT Outsourcing Process: The Strategic Decision Of Fuzzy Vikor". International Journal of Production Economics, 120(1): 233-242.
- Çakır, S., Perçin, S. (2013). "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü". Ege Akademik Bakış Dergisi, 13(4): 449-459.
- Çalışkan, E., Eren, T. (2016). "Bankaların Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi". Ordu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 6(2): 85-107
- Dinçer, H., Görener, A. (2011). "Performans Değerlendirmesinde Ahp - Vikor Ve Ahp - Topsis Yaklaşımları: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama". Sigma: Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 29: 244-260
- Doğanalp, B. (2016). "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme İle Öğretim Üyesi Değerleme Çalışması". Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12: 498-517
- Eroğlu, E., Yıldırım, B. F., Özdemir, M. (2014). "Çok Kriterli Karar Vermede "ORESTE" Yöntemi Ve Personel Seçiminde Uygulanması". İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi, 76: 81-95
- Ertuğrul, İ., Özçil, A. (2014). "Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi". Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1): 267-282
- Esen, G. K. (2015). "Türkiye ve Dünyada Elektrik Motorları Enerji Tüketimi Ve İlgili Teknik Mevzuat", Türk Standardları Enstitüsü Elektroteknik Laboratuvarı Gebze Müdürlüğü, Kocaeli
- Işık, A.T. (2016). "Sigorta Şirketi Seçim Probleminde QUALIFLEX ve ORESTE Yöntemleri". Alphanumeric Journal, 4: 55-68
- Kuzu, S. (2014). VIKOR (Editör, B. F. Yıldırım & E. Önder). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (pp. 117-132). Bursa: Dora Yayıncılık.
- Lai, Y.J., Liu, T.Y., Hwang, C.L. (1994). "TOPSIS for MODM". European Journal of Operational Research, 76: 486-500
- Lixin, D., Ying, L., Zhiguang, Z. (2008). "Selection of logistics service provider based on analytic network process and VIKOR algorithm". ICNSC 2008 - IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, Proceeding Book, Sanya, China, S: 1207-1210.
- Opricovic, S., Tzeng, G. (2004). "The Compromise Solution by MCDM methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS". European Journal of Operational Research, 178: 445-455
- Özbek, A. (2015). "Akademik Birim Yöneticilerinin MOORA Yöntemiyle Seçilmesi: Kırıkkale Üzerine Bir Uygulama". Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 38: 1-18

- Özbek, A. (2016). "Tedarikçi Seçiminde çok kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması". *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16: 85-101
- Özdemir, M. (2014). TOPSIS (Editör, B. F. Yıldırım & E. Önder). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (pp. 133-153). Bursa: Dora Yayıncılık.
- Şimşek, A., ÇATIR, O., ÖMÜRBEK, N. (2015). "TOPSIS ve MOORA Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi: Turizm Sektöründe Bir Uygulama", *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(33): 133-161
- Türkiye İstatistik Kurumu, "Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı 2014", http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029, Erişim Tarihi: 4 Kasım 2016.
- Urfalıoğlu, F., Genç, T. (2013). "Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Türkiye'nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri İle Karşılaştırılması". *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35: 329-359
- Waide, P., Brunner, C.U. (2011). "Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems Working Paper". International Energy Agency, France, S: 11
- Yıldırım, B. F. (2015). "Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Aras Yöntemi". *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(9): 285-296
- Yıldırım, B. F., Önay, O. (2013). "Bulut Teknolojisi Firmalarının Bulanık AHP – MOORA Yöntemi Kullanılarak Sıralanması". *İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi*, 75: 59-81
- Yıldırım, B. F., Önder, E. (2014). "Evaluating Potential Freight Villages in Istanbul Using Multi Criteria Decision Making Techniques". *Journal of Logistics Management*, 3(1): 1-10
- Yücel, M., ULUTAŞ, A. (2009). "Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya'da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi". *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9: 327-