
VIKOR VE MOORA YÖNTEMLERİ İLE MALZEME TAŞIMA SİSTEMİ SEÇİMİ

Sevde Dilruba KARAYEL¹ H.Ediz ATMACA² Cemre YALÇIN³ Burçak EROL⁴

Öz

Malzeme taşıma ve depolama işlemleri, fabrika içi lojistik hareketlerini kapsayan ve üretimin her alanında etkin olarak kullanılan faaliyetlerdendir. Temel amacı, istenen malzemenin, doğru miktarda, doğru yerde, doğru zamanda, doğru koşullarda, minimum maliyetle ve güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamaktır. Yapılan çalışmada, savunma sanayinde yer alan bir firmanın üretim bölümündeki taşıma problemlerine çözüm getirmek ve uygun taşıma yönteminin seçimini sağlamak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, imalat bölümünde taşımada meydana gelen problemler ve bu problemlerin nedenlerini belirlemek için Pareto analizi yapılmıştır. Üretimi aksatan bu problemleri ortadan kaldırmak amacıyla öncelikle imalat ortamına özgü olarak taşımada önem arz eden kriterler (araç kapasitesi, satın alma maliyeti, taşıma hassasiyeti, araç hızı, üretim ortamına uygulanabilirlik, taşıma kolaylığı, bakım-onarım sıklığı, ergonomi olmak üzere sekiz farklı kriter) belirlenmiş ve kriterlerin önem dereceleri AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonrasında ise yine imalat ortamına uygun dört farklı taşıma alternatifi (el arabası, römorklu çekici tren, çatallı yük arabası ve otomatik yönlendirmeli araçlar) belirlenerek; bu alternatifler içerisinde en uygun olanın seçimi VIKOR ve MOORA yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Malzeme taşıma sistemleri, VIKOR yöntemi, MOORA yöntemi

JEL Sınıflandırması: C60, C61, C63

SELECTION OF MATERIAL HANDLING SYSTEM by USING VIKOR&MOORA METHODS

Abstract

Material handling and storage operations are activities that are used effectively in all areas of production including internal logistics movements. The main objective is to ensure that the needed material is transported in the right amount, in the right place, at the right time, in the right conditions, with minimum cost and safely. In this study, it is aimed to solve the material handling problems in the production department of a company in the defense industry and to ensure the selection of suitable material handling methods. In this context, Pareto analysis has been carried out in order to determine the material handling problems and the causes of these in the production. In order to eliminate these problems that interrupt the production, firstly, the criteria (eight different criteria for material handling: vehicle capacity, purchase cost, transportation accuracy, vehicle speed, applicability to production environment, ease of transportation, maintenance-repair frequency, ergonomics), which are important in the material handling and dependent to production environment, have been determined. And the importance degree of criteria are computed by AHP. Then, four different alternatives (wheelbarrow, trailer towing trailers, forklift trucks, auto-guided vehicles) suitable for production system are determined to select the most appropriate one among these alternatives by comparing VIKOR and MOORA methods.

Keywords: Material handling system, VIKOR method, MOORA method

JEL Classification: C60, C61, C63

¹ Arş. Gr., Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, dilrubasahin@gmail.com.

² Doç. Dr., Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, hediz@gazi.edu.tr.

³ Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, cemreyalcin.94@gmail.com.

⁴ Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, erolburcak1@gmail.com.

1. Giriş

Günümüzde, artan ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji kapsamında, özellikle gelişmiş ülkelerde faaliyet gösteren firmaların, taşıma faaliyetleri otomasyon seviyesine yükselmektedir. Malzeme taşıma, herhangi bir şekilde malzemenin taşınmasını veya bir araya getirilmesini sağlayan sistemdir. Malzeme taşıma sistemi seçimi ve bu malzeme taşıma sisteminin tesis içerisinde doğru yerleştirilmesi, firmaların uzun vadeli stratejik planlarını birebir etkileyen karmaşık ve çok kriterli bir problemdir. Bir firmanın sahip olduğu malzeme taşıma sistemi o firmanın üretim verimliliği ve üretimin maliyetlendirilmesi açısından önemli bir rol oynar. Doğru seçilen malzeme taşıma sistemi; optimum kaynak kullanımını, üretim sürecinin basitleştirilmesi ve hızlandırılması ve de iş güvenliği gibi kriterleri doğrudan etkilemektedir. Ayrıca üretim sürecinde kalite, emniyet ve verimliliği artırıp firmaların kar elde etme aşamasında önemli rol oynamaktadır.

Malzeme taşıma sistemi araçlarının geniş yelpazeye yayılmış olması ve seçim sırasında dikkat edilmesi gereken kriterler, taşıma sisteminin seçimini oldukça zorlaştırmaktadır. Bütün bu etkileri göz önüne alındığında, malzeme taşıma sisteminin seçimi için sistematik bir yaklaşım geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle çalışmada, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir firmanın Saç Metal Bölümündeki malzeme taşıma sisteminden kaynaklı sorunlar üzerinde durulmuş ve uygun malzeme taşıma sisteminin seçiminin yapılması planlanmıştır. Bu kapsamda öncelikle, imalat ortamının özellikleri incelenerek malzeme taşıma sisteminin seçiminde dikkate alınan kriterler belirlenmiş, AHP yöntemi yardımıyla kriterlerin önem dereceleri hesaplanmış, son olarak da imalat ortamına uygun olarak belirlenen 4 farklı alternatif arasından VIKOR ve MOORA yöntemleri ile seçim yapılmıştır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde sırasıyla; malzeme taşıma sistemleri, bu konuda literatürde yer alan incelemeler, çalışmada kullanılan yöntemlerin içeriği, uygulama kısmı verilmiştir. Çalışma, elde edilen sonuçlar ve bunlara bağlı yapılan değerlendirmeler verilerek tamamlanmıştır.

2. Malzeme Taşıma Sistemleri

Malzeme taşıma sistemi; malzeme aktarma, depolama ve malzemelerin kontrolü gibi aktiviteleri içeren entegre bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Temel amacı doğru miktardaki malzemeyi doğru yerde, doğru zamanda, doğru sırada, doğru koşullarda ve doğru maliyetle sağlayacak doğru metotların kullanılmasıdır. İç ve dış taşımalar olmak üzere ikiye ayrılan bu sistemler, malzeme için zaman ve yer faydası yaratan ve malzemenin gereksinim duyulan yer ve zamanda hazır bulundurulması için kullanılan araçlar sistemidir.

Üretim ortamlarında rekabet gücünü belirleyen faktörlerden biri olan bu sistemlerin amaçları; malzeme akışının etkinliğini artırmak, taşıma maliyetlerini azaltmak, tesis kullanımını geliştirmek, emniyeti sağlamak ve taşıma koşullarını geliştirmek, üretim sürecini kolaylaştırmak ve tüm bunlara bağlı olarak verimliliği arttırmaktır. Böylece hem üretim ortamı desteklenmiş hem de müşteri isteklerine hızlı cevap verebilen işletmeler rekabet gücünü arttırmış olacaktır.

Günümüzde kullanılan çok farklı malzeme taşıma yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemler gerektirdiği iş gücü ve kontrol mekanizmasına göre çeşitlilik göstermektedir. Tablo 1’de malzeme taşıma yöntemleri, Tablo 2’de ise bu yöntemlerin sahip olduğu özellikler verilmiştir.

Tablo 1: Malzeme Taşıma Yöntemleri

Yöntem	İş Gücü	Kontrol
Manuel	İnsan	İnsan
Mekanize	Makine	İnsan
Otomatik	Makine	Makine

Manuel, mekanize ve otomatik olmak üzere 3 farklı malzeme taşıma yöntemi vardır. Günümüzde çoğunlukla mekanize ve otomatik araçlar kullanılmaktadır.

Tablo 2: Malzeme Taşıma Yöntemlerinin Özellikleri

Özellikler	Malzeme Taşıma Yöntemi		
	Manuel	Mekanize	Otomatik
Ağırlık	Düşük	Yüksek	Yüksek
Hacim	Düşük	Yüksek	Yüksek
Hız	Düşük	Orta	Yüksek
Frekans	Düşük	Orta	Yüksek
Kapasite	Düşük	Orta	Yüksek
Esneklik	Düşük	Orta	Düşük
Satın Alma Maliyeti	Düşük	Orta	Yüksek
Operasyon Maliyeti	Düşük	Orta	Düşük

Tablo 2’de verilen özellikler malzeme taşıma yöntemine göre farklılık göstermektedir. Her bir yöntemin bu özellikleri barındırma kapasitesi de birbirinden farklıdır. Kurulum maliyetinin yüksek olması nedeniyle her işletme kendi üretim ortamının özelliklerini dikkate alarak ve malzeme taşıma sisteminin özelliklerini inceleyerek uygun sistemin seçimini sağlamaya özen göstermelidir. Genel olarak kullanılan malzeme taşıma ekipmanları; konveyörler, palanga ve vinçler, robotlar ve endüstriyel yük arabalarıdır.

3. Literatür İncelemesi

Malzeme taşıma üretim sistemi içerisinde bir çok operasyonu etkilediğinden ve sistem üzerinde bir çok kısıt oluşturduğundan araştırmacılar tarafından ilgi gören bir konu olmuştur. Matematiksel modelleme, simülasyon gibi çözüm yöntemleri taşıma rotası ve taşınan malzeme miktarının belirlenmesinde kullanılırken, Çok kriterli karar verme (ÇKKV) metotları uygun sistemlerin seçiminde kullanılmıştır. Yapılan çalışmada taşıma sisteminin seçiminde ÇKKV yöntemleri (VIKOR ve MOORA) kullanıldığından literatür incelemesi yapılırken özellikle bu yöntemi tercih etmiş çalışmalar dikkate alınmıştır. İncelenen çalışmaların, malzeme taşıma sistemi başlığı altında hangi problem tipinin dikkate alındığı, çözüm yöntemleri ve veri kaynakları irdelenmiştir.

Gül vd. (2017) malzeme taşıma sisteminin seçimi için Bulanık Promethee yöntemini kullanmışlardır. Yöntemin performansını değerlendirmek ve geçerliliğini göstermek için aynı örneği Bulanık VIKOR, Bulanık TOPSIS ve Bulanık ELECTRE yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Nguyen vd. (2016), esnek üretim sistemlerinde sıklıkla kullanılan konveyörlerin seçimi için Bulanık AHP ve Bulanık ARAS yöntemlerini kullanmışlardır. Seçim kriterleri hem nitel hem de nicel özellikleri ifade ettiğinden bulanık yöntemler tercih edilmiştir. Kriter ağırlıkları Bulanık AHP yöntemiyle alternatifler arasından seçim ise Bulanık ARAS yöntemi ile yapılmıştır. Saputro ve Rouyendegh (2016), depo için malzeme taşıma sistemi seçimini incelemiş ve kriterlerin (dört farklı kriter: operasyonel kapasite, teknik parametreler, uygunluk, bakım durumu) öznel ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık AHP yöntemi, alternatifler (beş farklı alternatif) arasından seçimde ise bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bairagi vd. (2015), geliştirdikleri Hassas Üstünlük Sırası (TPOP: Technique of Precise Order Preference) tekniğini malzeme taşıma sistemi seçimi üzerinde uygulamış; kriter ağırlıklarını bu teknik ile belirleyerek farklı ÇKKV yöntemleri ile entegre etmişlerdir. Chamzini (2014), taşıma ekipmanı seçimi için Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmış, kriter ağırlıklarını Bulanık AHP yöntemi ile hesaplamış, ekipman seçiminde ise Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Kullanılan yöntemin belirsizlik ve bulanıklıkla daha iyi başa çıktığı gözlemlenmiştir.

Tablo 3’de yukarıda bahsedilen çalışmalar ve literatürde yer alan diğer çalışmalar belirli özellikler açısından sınıflandırılarak verilmiştir. Problem tipi, çözüm yöntemi ve kullanılan verinin kaynağı dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 3: Malzeme Taşıma Sistemi Seçimi İçin Yapılan Çalışmalar

Referans	Problem Tipi	Çözüm Yöntemi	Veri Kaynağı
Gül vd.(2017)	Mühendislik uygulamaları için malzeme seçimi	Bulanık PROMETHEE	CS
Nguyen vd.(2016)	Konveyör ekipman değerlendirme ve seçimi	Bulanık AHP ve Bulanık ARAS	CS
Saputro ve Rouyendegh (2016)	Depo için malzeme taşıma sistemi seçimi	AHP ve TOPSIS	CS
Bairagi vd.(2015)	Malzeme taşıma sistemi seçimi	Technique of Precise Order Preference (TPOP)	CS
Chamzini (2014)	Taşıma ekipman seçimi	Bulanık AHP ve TOPSIS	CS
Hassan (2013)	Taşıma ekipman seçimi	Veri Zarflama Analizi (DEA)	CS
Karande (2013)	Malzeme taşıma sistemi seçimi	Ağırlıklı Kullanım Oranı Katkısı (WUAM)	CS
Tuzkaya vd.(2010)	Malzeme taşıma ekipman seçimi	Bulanık ANP ve PROMETHEE	CS
Yılmaz ve Dağdeviren (2010)	Taşıma ekipman seçimi	AHP, Bulanık PROMETHEE ve PROMETHEE	CS

Not: CS: vaka analizini göstermektedir.

Tablo 3 ve literatür incelendiğinde; malzeme taşıma sistemlerinin seçiminde çoğunlukla AHP, TOPSIS ve PROMETHEE yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. AHP çoğunlukla seçimde etkili olan kriter ağırlıklarında kullanırken, TOPSIS ve PROMETHEE ise belirlenen alternatifler arasından seçim yapılmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle çalışmada bu yöntemlere göre nadiren tercih edilen VIKOR ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Böylece farklı yöntemlerin problem üzerindeki etkisi incelenmiş ve karşılaştırma ile yapılan seçimin güvenilirliği test edilmiştir. Ayrıca problem tipi incelendiğinde malzeme taşıma sistemi seçimi ve taşıma ekipmanı seçimi olarak problemin zamanla farklı alt başlıklara ayrıştığı gözlemlenmiştir.

4. Yöntem (AHP, VIKOR ve MOORA)

Çalışmada öncelikle, firma istekleri, mevcut durum ve literatür çalışmaları incelenerek malzeme taşıma sisteminin seçiminde dikkate alınması gereken kriterler belirlenmiştir. Kriterlerin önem dereceleri **AHP yöntemi** yardımıyla hesaplanmıştır. Belirlenen alternatifler arasından seçim **VIKOR ve MOORA yöntemlerinin** karşılaştırması ile yapılmıştır. Çalışmanın devamında yöntemler sırasıyla verilmiştir.

4.1. AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi)

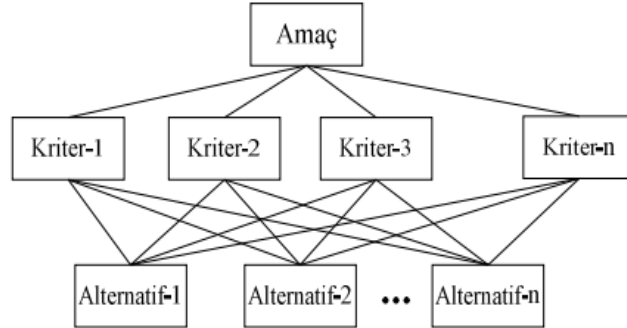
Analitik Hiyerarşi Prosesi 1970'li yılların ortasında Pensilvanya Üniversitesinden Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan bir matematiksel teoridir (Saaty, 2008:85). AHP literatürde yaygın olarak çalışılmıştır ve son 20 yılda çok kriterli karar verme ile ilgili neredeyse tüm uygulamalarda kullanılmıştır (Ho, 2008:212). Bunun nedeni olarak, karar vericilerden tarafından kolay anlaşılabilir olması söylenebilir.

AHP yönteminin uygulama adımları şu şekildedir:

Adım 1: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması:

Karar amacı ile tepeden başlayarak karar hiyerarşisi oluşturulur. Orta seviyede kriterler ve en düşük seviyede ise alternatifler bulunur (Saaty, 2008:86). AHP yönteminin hiyerarşik yapısı verilmiştir.

Şekil 1: AHP'nin Hiyerarşik Yapısı

**Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisleri (A) ve Üstünlüklerin Belirlenmesi:**

Amaç, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için 1 numaralı ifadede gösterilen (nxn) ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1990:25). Karar verici kriter matrisi veya alternatif matrisi için kriterleri veya alternatifleri ikili olarak karşılaştırır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

1 numaralı eşitlikte yer alan her bir ölçütün, amaca katkısı açısından göreceli önemleri ve her bir hedefin de ölçütler yönünden üstünlükleri, uygulayıcıların yargılarına göre, ikili karşılaştırma yolu ile belirlenir. Burada üstünlüklerin belirlenmesi için Saaty tarafından geliştirilen ve Tablo 4'de verilen önem ölçeği kullanılmaktadır.

Tablo 4: AHP değerlendirme tablosu

Sayısal Değer	Tanım
1	Öğeler eşit önemde veya aralarında kayıtsız kalınıyor.
3	1. öğe 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor.
5	1. öğe 2.'ye göre fazla önemli veya fazla tercih ediliyor.
7	1. öğe 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor.
9	1. öğe 2.'ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor.
2,4,6,8	Ara değerler

Adım 3: Öz vektörün (Görelî Önem Vektörünün) Belirlenmesi:

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonraki adım, ilgili matristeki her bir öğenin diğer öğelere göre önemini gösteren öz vektörün hesaplanmasıdır (Sipahioğlu, 2008:15). Matrisin nx1 boyutunda öz vektörü şu şekilde belirlenmektedir (eşitlik 2):

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için $W = [w_i]_{n \times 1}$ şeklindeki sütun vektörlerinin hesaplanması gerekmektedir. W sütun vektörü, 3 numaralı eşitlikte belirtilen b_{ij} değerlerinin meydana getirdiği matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalamasından elde edilir.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (3)$$

Adım 4: Özvektörün Tutarlılığının Hesaplanması:

Her ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır ve bu oran için üst limitin 0,10 olması istenir. Oranın 0,10'un üstünde olması, karar vericinin yargılarında tutarsızlık olduğunu ifade eder. Bu durumda, yargıların iyileştirilmesi gerekmektedir. CR değerine ulaşmak için öncelikle A matrisinin en büyük öz vektörünü (λ_{max}) hesaplamak gerekmektedir (eşitlik 5).

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} * [w_i]_{n \times 1} = [d_j]_{n \times 1} \quad (4)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (5)$$

Tutarlılık oranının hesaplanmasında ihtiyaç duyulan bir başka değer ise rassallık endeksi (RI)'dir. Sabit sayılardan meydana gelen ve n değerine göre belirlenen RI değerlerinin yer aldığı veriler Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Rassallık indeksi (RI) değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Bu bilgiler doğrultusunda CR değerinin hesaplanması 6 numaralı eşitlikte verilmiştir.

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1) * RI} \quad (6)$$

Adım 5: Hiyerarşik Yapının Genel Sonucunun Elde Edilmesi:

Önceki dört aşama, hiyerarşik yapının tamamı için hesaplanır. Bu aşamada hiyerarşik yapıdaki n tane ölçütün her birinin meydana getirdiği mx1 boyutundaki üstünlük sütün vektörleri bir araya getirilerek mxn boyutundaki DW karar matrisi oluşturulur. Elde edilen matrisin ölçütler arası W üstünlük vektörü ile çarpımı sonucunda R sonuç vektörüne ulaşılır (eşitlik 8).

$$DW = [w_{ij}]_{n \times m} \quad (7)$$

$$R = DW * W \quad (8)$$

4.2. VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)

Yöntemin temelinde, alternatifler çerçevesinde ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözümün oluşturulması vardır. Bu uzlaşık çözüm, ideal çözüme en yakın çözümdür (Chu,2007:1014). Yöntemde, alternatifler için çok kriterli sıralama indeksi oluşturularak, belirli koşullar kapsamında ideal çözüme en yakın kararın verilmesi söz konusudur. İdeal alternatifte yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır (Opricovic, 2007:515).

VIKOR yönteminin adımları şu şekildedir:

Adım 1: Her bir değerlendirme kriteri için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir. i karşılaştırma kriterlerini j ise alternatifleri göstermektedir. En iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$f_{ij}^* = \max_j f_{ij} \quad f_{ij}^- = \min_j f_{ij}$$

Adım 2: Her bir değerlendirme birimi için S_j ve R_j değerleri hesaplanır. w_i kriter ağırlıklarını temsil etmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (9)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)] \quad (10)$$

Adım 3: Her bir değerlendirme birimi için Q_j değerleri hesaplanır.

$$Q_j = (v(S_j - S^*) / (S^- - S^*)) + ((1-v) (R_j - R^*) / (R^- - R^*)) \quad (11)$$

Yukarıdaki 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, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $(1-v)$ değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Vikor yönteminde maksimum grup faydası için $v > 0,5$ çoğunluk tercihini, $v=0,5$ konsesusu (uyuşma) ve $v < 0,5$ vetoyu temsil etmektedir ve bu v değeri grup kararı ile belirlenmektedir (Yaralıoğlu, 2010:39). Çalışmamızda, literatürde “ v ” değeri genel olarak 0,5 alındığından ve uyuşma durumu göz önünde bulundurularak, “ $v=0,5$ ” olarak alınmıştır.

Adım 4: Hesaplanan Q_j , S_j , R_j değerleri sıralanır. En küçük Q_j değerine sahip değerlendirme birimi, alternatif grubu içerisindeki en iyi seçenek olarak ifade edilmektedir.

Adım 5: Elde edilen sonucun geçerli kabul edilebilmesi için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde min. Q değerine sahip alternatif, en iyi veya en uygun olarak nitelendirilebilir.

- **Koşul 1 (C1) - Kabul edilebilir avantaj:** En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunu ifade eden koşuldur.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q)$$

- **Koşul 2 (C2) - Kabul edilebilir istikrar:** En iyi Q değerine sahip P_2 alternatifi S ve R değerlerinin en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. Belirtilen iki koşuldan birisi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- 2.Koşul sağlanmıyorsa: P_1 ve P_2 alternatifleri,

- 1.Koşul sağlanmıyorsa: P_1, P_2, \dots, P_M alternatifleri $Q(P_M) - Q(P_1) \geq D(Q)$ eşitsizliği dikkate alınarak ifade edilir (Opricovic, 2004:448).

4.3. MOORA (Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis)

Oran Analizi Temeline Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemi (The Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis Method), Brauers ve Zavadskas (2006) tarafından literatüre kazandırılmıştır. MOORA yöntemi, farklı öngörülerin gruplandırılmasına dayanmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2006: 445-469). Yöntem tüm alternatif ve kriterlerin yanıtlarının olduğu bir matris ile başlamaktadır. Matris “ x_{ij} ” şeklinde gösterilmektedir. x_{ij} ifadesi, i . niteliğin veya amacın j . alternatifte tepkisi/yanıtı olarak tanımlanmaktadır (Brauers ve Ginevicius, 2009: 123). Literatürde Oran metodu, Referans nokta yaklaşımı, Önem katsayısı ve Tam çarpım formu şeklinde farklı MOORA yöntemleri mevcuttur. Bu çalışmada Oran yaklaşımı ve Önem katsayısı yöntemleri kullanılarak seçim yapılmıştır.

4.3.1. Oran Yaklaşımı

$i = 1, 2, \dots, m$ alternatifin sayısı, $j = 1, 2, \dots, n$ kriter (amaç) sayısı olmak üzere, her bir alternatifin karelerinin toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon işlemi yapılır. Bu işlem 12 numaralı eşitlikte verilen formül ile ifade edilmektedir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (12)$$

x_{ij}^* ; i . alternatifin, j . amaçtaki (kriterdeki) değerinin normalleştirilmiş halidir. $x_{ij}^* \in [0,1]$ 'dir. Bazı durumlarda $x_{ij}^* \in [-1,1]$ olabilmektedir (Önay ve Çetin, 2012:94). Bu normalizasyon işleminden sonra normalleştirilmiş matris değerleri tablosundaki maksimum değerlerin toplamından minimum değerlerin toplamının çıkarılmasıyla y_i^* değerleri bulunur. y_i^* : i . alternatifin tüm amaçlara göre normalleştirilmiş değeridir (13 numaralı eşitlik). y_i^* değerlerinin sıralanmasıyla işlem tamamlanmış olunur.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (13)$$

4.3.2. Önem Katsayısı Yaklaşımı

Oran sistemi ve referans noktası yaklaşımında amaçların eşit önem değerine sahip olduğu düşünülerek işlemler yapılmaktadır. Ancak bazı durumlarda amaçlardan bazılarının önem değerleri diğerlerine göre farklı önem değerine sahip olabilmektedir. Bu gibi durumlarda ilk olarak [0;1] aralığına ait amaçlarla ilgili alternatifler x_{ij}^* formülü kullanılarak normalize edilmektedir. Elde edilen normalize edilmiş alternatif değerleri her amaca göre verilmiş olan önem değerleri ile çarpılmaktadır. Bu işlem "Önem Katsayısı" olarak adlandırılmakta ve \check{y}_i^* olarak 14 numaralı eşitlikte gösterilmektedir.

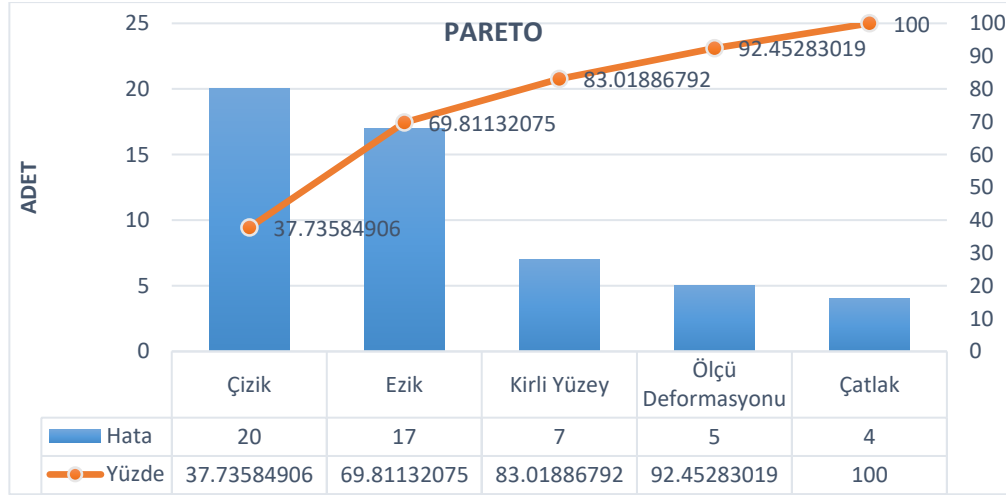
$$\check{y}_i^* = \sum_{j=1}^g s_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n s_j x_{ij}^* \quad (14)$$

Burada $j=1, 2, \dots, g$ maksimize edilecek amaçları, $j=g+1, g+2, \dots, n$ minimize edilecek amaçları, $s_j = j$. amacın önem katsayısı; \check{y}_i^* : i. alternatifin tüm amaçlara göre normalleştirilmiş değerlendirme şeklinde tanımlanmaktadır.

5. Uygulama

Bu çalışmada Savunma Sanayinde yer alan bir firmanın Saç Metal İmalat Bölümünde, panellerin taşınma problemleriyle ilgilenilerek, bu bölümdeki taşıma sisteminin revizyonunun sağlanması amaçlanmıştır. Saç Metal İmalat Bölümü'nde üretimi yapılan uçakların gövde ve kanatları için panel üretimi yapılmaktadır. Firmanın talepleri doğrultusunda hammaddenin ilk kesim aşamasından son işlem aşamasına kadar bölümler arasında gerçekleşen taşıma sorunları gözlemlenmiştir. Yapılan Pareto analizi sonucunda (Grafik 1) çizik, ezik ve çatlak gibi hataların ilk sıralarda yer aldığı belirlenmiştir. Bu hasarlar sebebiyle ürünler ıskarta ve tekrar düzeltmeye gitmektedir. Hata oranlarının yüksek olması sebebiyle problemin çözüme ulaştırılması gerekmektedir. Firmayla yapılan görüşmeler sonucunda yeni bir malzeme taşıma sistemi seçilmesine karar verilmiştir.

Grafik1: Hasara Neden Olan Sebepler ve Yüzdeleri



5.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Malzeme taşıma sistemlerinin değerlendirme süreçlerinde birden çok kriter etkilidir ve bu kriterler çoğu zaman birbiriyle çelişen yapıdadırlar. Örneğin sistemin kullanım kolaylığı arttırılırken maliyetlerde yükselmeler meydana gelmektedir. Ayrıca kriterler hem nitel hem de nicel değerlere sahip olabilmektedir. Firma ile yapılan görüşmeler ve literatür incelemesi sonucunda; malzeme taşıma sisteminde etkili olan 8 kriter belirlenmiştir:

- **Aracın kapasitesi (C1):** Taşıma aracının taşıyabileceği maksimum yük miktarı.
- **Satın Alma Maliyeti (C2):** Taşıma aracının ilk alım maliyeti.
- **Taşıma Hassasiyeti (C3):** Taşıma aracının taşıdığı yüke gösterdiği hassasiyet.
- **Aracın Hızı (C4):** Taşıma aracının birim zamandaki hızı.
- **Kuruluşa Uygulanabilirlik (C5):** Taşıma aracının kuruluşun fiziki durumuna uygunluğu.
- **Taşıma Kolaylığı (C6):** Operatörün taşıma arabasını taşıma kolaylığı.
- **Bakım Onarım Sıklığı (C7):** Taşıma aracının ihtiyaç duyduğu bakım onarım sıklığı.
- **Ergonomi (C8):** Taşıma aracının operatör açısından ergonomik olması.

5.2. AHP Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Belirlenen kriterler ile hazırlanan değerlendirme matrisleri firmada bulunan 10 adet uzman tarafından değerlendirilmiş ve AHP yönteminin adımları sırasıyla uygulanarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Uzmanlara yaptırılan değerlendirmeler sonucu meydana gelen ikili karşılaştırma matrisi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: 10 Adet Karşılaştırmanın Geometrik Ortalaması

A Matrisi	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1,00	0,27	1,39	3,49	0,49	2,62	3,38	2,80
C2	3,80	1,00	3,94	6,81	2,15	5,81	7,05	6,01
C3	0,71	0,25	1,00	3,03	0,36	1,99	3,27	2,27
C4	0,28	0,14	0,31	1,00	0,20	0,54	1,05	0,54
C5	2,01	0,46	2,75	5,11	1,00	3,97	5,20	4,18
C6	0,36	0,16	0,47	1,63	0,24	1,00	1,73	0,82
C7	0,31	0,14	0,32	1,06	0,19	0,57	1,00	0,61
C8	0,35	0,16	0,44	1,83	0,23	0,95	1,82	1,00

İkili karşılaştırma matrisleri birleştirildikten ve normalize edildikten sonra; adımlar sırasıyla uygulanarak kriterlerin önem dereceleri hesaplanmış ve Tablo 7 de verilmiştir:

Tablo 7: Kriterlerin Önem Dereceleri

Kriterler	w
Araç Kapasitesi	0,13*
Satın Alma Maliyeti	0,36*
Taşıma Hassasiyeti	0,11
Aracın Hızı	0,04
Kuruluşa Uygulanabilirlik	0,21*
Taşıma Kolaylığı	0,05
Bakım Onarım Sıklığı	0,04
Ergonomi	0,06

Tablo 7'ye göre; Satın alma maliyeti%36 ile en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Devam eden sırada ise; %21 ile Uygulanabilirlik ve %13 ile Araç kapasitesi yer almaktadır. Bakım onarım sıklığı, araç hızı ve taşıma kolaylığı kriterlerinin taşıma sistemi seçiminde çok etkili olmadığı gözlemlenmiştir.

Hemen ardından, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olarak hesaplamalar yapılmıştır. Gerekli λ değerinin hesaplanması için D sütun vektörü

hesaplanmış ve ağırlık matrisi ile çarpılarak tutarlılık analizleri yapılmıştır. A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir. Bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir. Aritmetik ortalama sonucu elde edilen temel değer $\lambda=8,0296$ 'dır. λ hesaplandıktan sonra 6 numaralı eşitlikten faydalanarak CR (tutarlılık oranı) hesaplanmıştır.

$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1) * RI} = 0,0028 < 1$ olması uzmanların yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. (Kriter sayısına bağlı olarak RI=1,41 Tablo 5'den alınmıştır.)

5.3. VIKOR Yöntemi İle Alternatifler Arasından Seçimin Yapılması

Kriterlere ve firma isteklerine bağlı olarak belirlenen 4 farklı taşıma sistemi alternatifi şunlardır:

- El arabası (EA)
- Römorklu Çekici Tren (RÇT)
- Çatallı Yük Arabası (ÇYA)
- Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (AGV)

Adım 1: Her bir alternatif için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerlerin belirlenmesi (Tablo 8):

Tablo 8: Herbir Alternatif İçin En İyi ve En Kötü Değerler

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
EA	0,191	0,203	0,176	0,181	0,245	0,316	0,091	0,278
RÇT	0,266	0,229	0,233	0,287	0,233	0,243	0,262	0,305
ÇYA	0,270	0,241	0,296	0,228	0,195	0,227	0,236	0,262
AGV	0,272	0,326	0,293	0,302	0,324	0,212	0,409	0,153
MAX f_i	0,272	0,326	0,296	0,302	0,324	0,316	0,409	0,305
MIN f_i	0,191	0,203	0,176	0,181	0,195	0,212	0,091	0,153

Adım 2: Her bir alternatif için 9 ve 10 numaralı eşitlikten faydalanarak S_j (ortalama grup değeri) ve R_j (en kötü grup değeri) değerleri hesaplanır (Tablo 9):

Tablo 9: Her Bir Alternatif İçin S_j Ve R_j Değerleri

	S_j	R_j
EA	0,813	0,357
RÇT	0,563	0,282
ÇYA	0,577	0,247
AGV	0,114	0,056

Adım 3: Her bir alternatif için 11 numaralı eşitlikten faydalanarak Q_j (maksimum grup faydası) değerleri hesaplanır (Tablo 10):

Tablo 10: Her Bir Alternatif İçin Q_j Değerleri

Alternatifler	Q_j
Q1-EA	1,00
Q2-RÇT	0,69
Q3-ÇYA	0,64
Q4-AGV	0,00

Adım 4: Hesaplanan Q_j , S_j , R_j değerleri sıralanması (Tablo11):

Tablo 11: Her Bir Alternatif İçin Q_j, S_j, R_j Değerleri

Alternatifler	Q _j	S _j	R _j
AGV	0	0,11	0,05
ÇYA	0,64	0,56	0,24
RÇT	0,69	0,57	0,28
EA	1	0,81	0,35

Tablo 11’de verilen değerlere göre en küçük Q_j değerine sahip alternatif grup içerisindeki en iyi alternatif olarak kabul edilmektedir. Alternatifler, en küçük Q_j değerinden en büyük Q_j değerine doğru sıralandığında; otomatik yönlendirmeli aracın en iyi alternatif olduğu belirlenmiştir. Sıralamanın devamında; çatallı yük aracı, römorklu çekici tren ve el arabası vardır.

Adım 5: En iyi alternatif kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar açısından değerlendirilmesi:

Kabul edilebilir avantaj (C1) ve kabul edilebilir istikrar (C2) kümeleri belirlenmiş ve DQ değerinin 0,33333 olduğu saptanmıştır. Q_j sıralaması da C1 ve C2 koşullarını sağlamıştır.

C1 => 0,6481 > 0,3333 koşulu sağlanmaktadır.

C2 koşuluda sağlanmaktadır.

5.4. MOORA Yöntemi İle Alternatifler Arasından Seçimin Yapılması

MOORA-Oran ve MOORA-Önem katsayısı yaklaşımı için ilk adım olarak normalizasyon işlemi 12 numaralı eşitlikte verilen formül ile gerçekleştirilir. Tablo 12 de normalize karar matrisi verilmiştir. Maksimizasyonu istenilen kriterler; aracın kapasitesi, ergonomi, taşıma hassasiyeti, hızı, kuruluşa uygulanabilirliği, taşıma kolaylığı; minimizasyonu istenilen kriterler ise bakım onarım sıklığı ve satın alma maliyetidir.

Tablo 12: MOORA Yöntemleri İçin Normalize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
EA	0,177	0,186	0,162	0,158	0,162	0,206	0,109	0,191
RÇT	0,226	0,214	0,201	0,215	0,171	0,196	0,200	0,217
ÇYA	0,277	0,267	0,276	0,233	0,190	0,230	0,231	0,244
AGV	0,392	0,437	0,387	0,377	0,345	0,313	0,428	0,263

Daha sonra, MOORA-Oran yaklaşımında, 13 numaralı eşitlik kullanılarak, edilen maksimum (Alternatiflerin maksimum olanlarının kümülatif toplamı) ve minimum (Alternatiflerin minimum olanlarının kümülatif toplamı) değerler toplandıktan sonra maksimum değerlerin toplamından minimum değerlerin toplamı çıkartılarak nihai sonuç elde edilmektedir. Tablo 13’de verilen nihai sonuçta elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanarak en uygun alternatif seçilmiştir.

Tablo 13: MOORA-Oran Yaklaşımı İle Elde Edilen Sıralama

Alternatifler	Fark (max)	Sıralama
AGV*	1,213	1
ÇYA	0,954	2
RÇT	0,813	3
EA	0,763	4

MOORA-Oran yöntemine göre en uygun malzeme taşıma sistemi otomatik yönlendirmeli araçlar (AGV) ve son sırada ise el arabaları (EA) yer almaktadır. Bu sıralamanın VIKOR yönteminde elde edilen sıralama ile aynı olduğu görülmektedir.

MOORA-Önem Katsayısı yönteminde ise; normalize karar matrisine 14 numaralı eşitlik ve AHP yönteminde bulunan kriter ağırlıkları uygulanarak alternatifler sıralanmıştır. Tablo 14’de verilen nihai sonuçta elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanarak en uygun alternatif seçilmiştir.

Tablo 14: MOORA-Önem Katsayısı Yaklaşımı İle Elde Edilen Sıralama

Alternatifler	\bar{y}_i^*	Sıralama
AGV*	0,041	1
ÇYA	0,037	2
RÇT	0,035	3
EA	0,033	4

MOORA-Önem katsayısı yöntemine göre en uygun malzeme taşıma sistemi otomatik yönlendirmeli araçlar (AGV) ve son sırada ise el arabaları (EA) yer almaktadır. Bu sıralamanın da VIKOR yönteminde elde edilen sıralama ile aynı olduğu görülmektedir.

6. Sonuç ve Değerlendirme

Günümüzdeki mevcut malzeme taşıma cihazlarının doğru seçiminin önemi malzeme taşıma maliyetlerinin üretim maliyetlerinin %13-40'ını oluşturmasından dolayı artmıştır. Ancak çok çeşitli tipte ve modelde malzeme taşıma aracının satılması ve farklı tipteki araçların alımında farklı kriterlere bakılma zorunluluğu seçim problemini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle ÇKKV yöntemlerinin kullanılması hem kolay hem de uygun çözümler oluşturması bakımından tercih edilmiştir. Ayrıca hem nitel hem nicel birden çok kısıt altında karar vermeyi kolaylaştırmıştır.

Çalışmada uygun malzeme taşıma sistemi seçimi için belirlenen alternatifler (4 farklı alternatif) ve kriterler (8 kriter) doğrultusunda öncelikle AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Burada, Satın alma maliyeti %36 ile en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Devam eden sırada ise; %21 ile Uygulanabilirlik ve %13 ile Araç kapasitesi yer almaktadır. Bakım onarım sıklığı, araç hızı ve taşıma kolaylığı kriterlerinin taşıma sistemi seçiminde çok etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu $CR = 0,0098 < 0,1$ ile gösterilmiştir.

Sonrasında ise belirlenen 4 farklı alternatif (El arabaları, Römorklu Çekici Tren, Çatallı Yük Arabası ve Otomatik Yönlendirmeli Araçlar) arasından seçim yapılmıştır.

Öncelikle maksimum grup faydasını dikkate alan VIKOR yöntemi ile seçim yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en iyi alternatif (kabul edilebilirlik koşullarını da sağlayarak) Otomatik Yönlendirmeli Araçlar olmuştur. Sonrasında, yapılan sıralamanın uygun olup olmadığını gözlemek için amaçların birbirine göre normalize değerleri üzerinden işlem yapan MOORA-Oran ve MOORA-Önem Katsayısı yaklaşımları kullanılarak sıralama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda; en uygun-en iyi alternatif yine Otomatik Yönlendirmeli Araçlar olarak karşımıza çıkmıştır. Bu durum her iki yöntem sonuçlarının birbirini desteklediğini göstermektedir.

Çalışmada en önemli kriter olarak satın alma maliyeti belirlenirken, alternatif seçiminde her iki yöntem sonucu satın alma maliyetinin göz ardı edilerek en önemli ikinci kriter olan uygulanabilirliği en iyi sağlayan alternatifin tercih edildiği görülmektedir. Bu nedenle işletmenin bu duruma özen göstermesi ve sistematik yaklaşımlar olan ÇKKV yöntemlerini kullanması önerilmektedir.

Kaynakça

- Bairagi, B., Dey, B., Sarkar, B. ve Sanyal, S.K. (2015). A De Novo Multi-Approaches Multi-Criteria Decision Making Technique With An Application in Performance Evaluation Of Material Handling Device. *Computers & Industrial Engineering*, 87, 267-282.
- Brauers, W. K. M. ve Ginevicius, R. (2009). Robustness in Regional Development Studies: The Case of Lithuania. *Journal of Business Economics and Management*, 10 (2), 121-140.
- Brauers, W. K. M. ve Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA Method and Its Application to Privatization in a Transition Economy. *Control and Cybernetics*, 35 (2), 445-469.
- Chamzini, A.Y. (2014). An Integrated Fuzzy Multi Criteria Group Decision Making Model For Handling Equipment Selection. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(5), 660-673.

- Chu, M.T., Shyu, J., Tzeng, G.H. ve Khosla, R. (2007). Comparison Among Three Analytical Methods for Knowledge Communities Group Decision Analysis, *Expert Systems with Applications*, 33(4), 1011-1024.
- Gül, M., Çelik, E., Gümüş Taşkın, A. ve Güneri, A.F. (2017). A Fuzzy Logic Based PROMETHEE Method For Material Selection Problems. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, In Press.
- Hassan, M.M.D. (2013). An Evaluation Of Input And Output Of Expert Systems For Selection Of Material Handling Equipment. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(7), 1049-1067.
- Ho, W., (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process And Its Applications-A Literature Review, *European Journal of Operational Research*, 186, 211-228.
- Karande, P. Ve Chakraborty, S. (2013). Material Handling Equipment Selection Using Weighted Utility Additive Theory. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Industrial Engineering*, Vol.2013, 1-9.
- Nguyen, H.T., Dawal, S.Z.M., Nukman, Y., Rifai, A.P. ve Aoyama, H. (2016). An Integrated MCDM Model for Conveyor Equipment Evaluation and Selection In An FMC Based On A Fuzzy AHP and Fuzzy ARAS In The Presence of Vagueness. *Journal of PLOS One*, 11(4), 1-26.
- Opricovic, S. & Tzeng, G.H. (2004). Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2007). Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods, *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514-529.
- Önay O. ve Çetin E. (2012). Turistlik Yerlerin Popülaritesinin Belirlenmesi: İstanbul Örneği, *İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, Sayı: 72, 90-109.
- Saaty, T.L. (1990). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book, 287.
- Saaty, T.L., (2008). Decision Making With Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, 1(1), 83-99.
- Saputro, T.E. ve Rouyendegh, B.D. (2016). A Hybrid Approach For Selecting Material Handling Equipment in A Warehouse. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 11(1), 34-48.
- Sipahioğlu, A., (2008). Analitik hiyerarşi süreci (AHP) ders notları, Osman Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Tuzkaya, G., Gülsün, B., Kahraman, C. ve Özgen, D. (2010). An İntegrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methodology For Material Handling Equipment Selection Problem And An Application. *Expert Systems with Applications*, 37, 2853-2863.
- Yaralıoğlu, K. (2010). *Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Detay Yayıncılık, 24-39.
- Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M. (2010). Ekipman Seçimi Probleminde Promethee Ve Bulanık Promethee Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. Gazi Üniv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4), 811-826.

SELECTION OF MATERIAL HANDLING SYSTEM WITH VIKOR AND MOORA METHODS

Extended Abstract

Aim: Nowadays, under increasing needs and developed technology, especially the companies' operating in the developed countries, handling operations are rising to the level of automation. Material handling and storage operations are activities that are used effectively in all areas of production including internal logistics movements. The main objective is to ensure that the needed material is transported in the right amount, in the right place, at the right time, in the right conditions, with minimum cost and safely. Disruption of these activities or not payed enough attention to these activities will reduce the competitiveness of companies. This situation encourages companies to develop their material handling policies. In this study, it is aimed to solve the material handling problems in the production department of a company in the defense industry and to ensure the selection of suitable material handling methods.

Method(s): In this context, Pareto analysis has been carried out in order to determine the material handling problems and the causes of these in the production. As a result of the Pareto analysis, it is determined that the products are sent back to the production environment as scrap or reconditionable products due to problems such as scratches, crushed and cracks that occurred during transportation. In order to eliminate these problems that interrupt the production, firstly, the criteria, which are important in the material handling and dependent to production environment, have been determined. And the importance degree of criteria are computed by AHP (Analytical Hierarchy Process). AHP is one of the most well-kown multi criteria decision making technics because of easy to use for every area. Then, four different alternatives suitable for production system are determined and the most appropriate one is selected among these alternatives by using the VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) and MOORA (Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis) methods. VIKOR tries to find the nearest solution to ideal solution of the problem. Besides, MOORA tries to find the best alternative with grouping different forecastings.

Findings: As a result of the studies made in the production environment, eight criteria have been identified as vehicle capacity, purchase cost, transportation accuracy, vehicle speed, applicability to production environment, ease of transportation, maintenance-repair frequency and ergonomics. Wheelbarrow, trailer towing trailers, forklift trucks and auto-guided vehicles have been identified as a four different alternative that is planned to meet these criteria and may be appropriate to production environment conditions.

Conclusion: First of all, expert opinions from production environment are taken and the criteria are sorted according to their importance degree by using the AHP method. In the results obtained; the purchase cost is in the first place with 36%, applicability to the production environment is second with 21% and vehicle capacity is third with 13%. In the ongoing sequence, transportation accuracy (11%), ergonomics (6%), ease of transport (5%), maintenance (4%) and vehicle speed (4%) are placed. According to significance level of criteria, purchase cost is found to be the most important criterion among others. Because it has vital role for firms and cost. The consistency rate of the comparisons that experts made are found to be 0.0098 and because it is less than 0.1, the comparisons are found to be consistent. Finally, the best alternative to providing the maximum group benefit in the results obtained with the VIKOR method is determined as automatic guided vehicles (AGV). It has been found that this alternative also provides acceptable advantages and acceptable stability conditions. AGV is also found the best alternative according to MOORA-Ratio and MOORA-Significance Coefficient methods. Both MOORA and VIKOR methods support each other about selection of the best or feasible alternative.