

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru IŞIK

**DEPO YERLEŞİMİ PROBLEMİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YAKLAŞIMLARI: BİR OTOMOTİV İŞLETMESİ
UYGULAMASI**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPO YERLEŞİMİ PROBLEMİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YAKLAŞIMLARI: BİR OTOMOTİV İŞLETMESİ
UYGULAMASI**

Ebru IŞIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / / 2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPO YERLEŞİMİ PROBLEMİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMLARI: BİR OTOMOTİV İŞLETMESİ UYGULAMASI

Ebru IŞIK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN
Yıl: 2019, Sayfa: 113
Jüri : Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ
: Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN

İşletmelerin depolarına doğru malzeme seçimi ve yerleşimi, depoların verimli kullanımı açısından büyük bir öneme sahiptir. Depoya yerleştirilecek malzeme seçilmesi sürecinin, firmanın prosesle ilgili sorumlu ve yetkili olan çalışanlar tarafından birlikte değerlendirilmesi çok önemlidir. Fakat işletmelere ait bu tip kararların verilmesi, nitel ve nicel kriterler birlikte yer aldığı için belirsizlikler taşımaktadır. Bu sebeple birden fazla kriterli karar verme metodları bu tip kararların verilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu tür yöntemler birden fazla karar vericinin olduğu belirsizliklerin ortaya konulduğu problemleri aynı anda değerlendirerek en doğru kararın verilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu çalışma, Adana'da faaliyet gösteren bir otomotiv firmasının deposunda uygulanmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), TOPSIS ve Bulanık TOPSIS kullanılmıştır. Yapılan uygulama, depoya en uygun malzemenin yerleşimi konusunda her üç yöntemin de etkin yöntemler olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Malzeme Yerleşimi, Bulanık TOPSIS, AHP, TOPSIS, Depo

ABSTRACT

PhD THESIS

MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING APPROACHES FOR THE PROPOSAL OF WAREHOUSE: AN AUTOMOTIVE OPERATION APPLICATION

Ebru IŞIK

**CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING**

Supervisor : Assoc. Dr. Z. Figen ANTMEN

Year: 2019, Pages: 113

Jury

: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL

: Asst. Prof. Dr. Esra KARAKAŞ

: Asst. Prof. Dr. Z. Figen ANTMEN

The selection and placement of the right materials to the warehouses of the enterprises has a great importance in terms of the efficient use of the warehouses. It is very important that the process of selecting the material to be placed in the warehouse is evaluated together by the responsible and authorized employees of the company. However, the issuance of such decisions regarding the enterprises carries uncertainties as the qualitative and quantitative criteria are included together. For this reason, multiple criteria decision making methods help in making such decisions. These methods help to make the right decision by evaluating the problems at the same time where the uncertainties of more than one decision maker are presented. This study was carried out in the warehouse of an automotive company operating in Adana. AHP (Analytic Hierarchy Process), TOPSIS and Fuzzy TOPSIS were used for multi-criteria decision. The application shows that all three methods can be used as effective methods for the placement of the most suitable material for the warehouse.

Key Words: Material Placement, Fuzzy TOPSIS, AHP, TOPSIS, Warehouse

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Depolama, işletmelerin ekonomik anlamda gelişmesi ve piyasada etkin olmaları için önemli bir unsurdur. Depolama işlemi sadece endüstride değil, insanların kendi evlerinde bile doğru uyguladığı durumlarda ekonomik anlamda büyük katkı sağlayacak bir süreçtir.

Depolar, günümüzde tedarik zincirinin önemli yapılarından biridir ve işletmelerin piyasada başarılı ya da başarısız olmalarında önemli etki sahibidir. Depo, malların depolama ve dağıtım amaçlı kullanıldığı birimlerdir. Depolar, ürünün hammadde olduğu süreçten müşteriye teslimatına kadar olan işlemlerde görev alan tüm işletmeler tarafından kullanılır.

Verimliliğin önemli bir kriter olduğu günümüzde zamandan kazanç sağlamak, müşteriye zamanında teslimatın olması ve kar elde edilebilmesi açısından depoya en uygun malzeme yerleşiminin yapılması önemli bir unsurdur. İhtiyaç halinde malzemenin kolay bulunabilirliği çalışanların motivasyonunu da etkilemektedir. Depoya yerleşim için malzeme seçimi; karar verme sürecinde nitel ve nicel birden fazla kriterin var olması ve karşılaştırılarak karar verilmesi gerektiği için karışık bir problemidir.

Alternatifler arasında depoya en uygun malzeme seçilmesi çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Nicel ve nitel veriler içerir. Bu tür kararların verilmesi firmalar için çok önemlidir ve geri dönüşü olmayan maliyet gerektirir. İşletmenin giderleri ve gelirleri dengeleri üzerinde de etkisi vardır. Örneğin; uygun olmayan bir kararın verilmesi, taşıma maliyetlerinin fazla olmasına, iş gücünün fazla kullanımına, çalışma motivasyonunun düşmesine ve zarar verecek birçok etkiye sebep olabilir.

Depoya yerleştirilecek uygun malzeme seçimi kararının alınması için izlenebilecek adımlar aşağıda verilmiştir:

- Karar vericiler tarafından malzeme yerleşimi için uygun olan kriterlere karar verilmesi
- Önemli kriterlerin saptanması
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Uygun olan alternatiflerin seçim yapılmasıdır.

Deponun verimli bir şekilde kullanılması kararı iç lojistik sistemlerinin en önemli ve stratejik kararlarından biridir. Kararın verilmesinde birçok nitel ve nicel kriter etkilidir.

Depoya yerleşim için malzeme seçimi kararı, uzun dönemli ve işletmenin kar yapabilmesi açısından etkili olduğu için önemlidir. Bu çalışmada, işletmenin karlılığını maksimum seviyeye çekmek, zamandan tasarruf etmek, işçileri ve zamanı verimli kullanmak, işletme içerisinde düzenliliği sağlamak, maliyetleri minimum seviyeye indirmek amaçlanmıştır. Verimlilik, karlılık, maliyet unsurlarına ek olarak müşteriye zamanında ve kaliteli teslimatın yapılması ve müşteri memnuniyetinin elde edilmesi de karar vericilerin değerlendirmelerinde baz alınmıştır. Bu sebeple, alternatifleri değerlendirmek ve kriterlere en uygun alternatifi seçmek için AHP ve TOPSIS, nitel kriterlerin de değerlendirmeye alınması için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından ortaya atılmış ve 1977 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale gelmiştir. Bu yöntem, kriterlerin ve alternatiflerin çok olduğu karmaşık ortamlarda karar vermek için kullanılır. Çeşitli kriterlere göre değerlendirilen birden fazla alternatif arasından en iyi alternatifin seçimi için tasarlanmıştır. İkili karşılaştırmalara dayanarak bir nitelik açısından bir alternatifin diğerine oranla ne derecede önemli olduğunu gösterir.

TOPSIS, 1980 yılında Yoon ve Hwang tarafından geliştirilmiştir. Temeli ELECTRE yaklaşımına dayanmaktadır. Karar verilen durumların ideal çözüme

yakınlığı prensibini esas alır ve proses olarak ELECTRE yöntemine göre daha kısadır.

Bulanık TOPSIS yöntemi, çok kriterin ve alternatifin olduğu ortamlarda karar vermeye yaramaktadır. Hem nicel hem de nitel verilere uygulanabilir. Bu yöntem dilsel belirsizliğin olduğu durumlarda kullanılması daha uygundur.

Bu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemleri olan AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS kullanılarak depoya yerleşim için en doğru malzeme seçiminin yapılması amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı, depoya en doğru malzeme seçimi kararlarına hem nicel hem de nitel kriterler dahil edilerek en uygun alternatif seçilir.

Depoya yerleşim için malzeme seçimini etkileyen kriterler içerisinde; kullanım önceliği (sık kullanılabilirlik, üretim biriminin gereksinimi), ürünlerin taşıma maliyetleri, taşıma verimlilikleri (forklift, personel), kolay taşınabilirlik, büyüklük (kapladığı alan) belirlenmiştir. 5 alternatiften (montaj malzemeleri, araç bazlı malzemeler, hardware malzemeleri, istasyon malzemeleri, sarf malzemeler) en uygun olanın seçimi yapılmıştır.

Her üç yöntemin uygulamasının sonucu da aynı alternatifin seçiminin yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Alternatif 1 yani montaj malzemelerinin depo için en uygun malzeme olduğu belirlenmiştir.



TEŞEKKÜR

Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, depoya en uygun malzeme yerleşimi konulu bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS kullanılarak depoya en uygun malzeme seçimi yapılmıştır. Bu çalışmada piyasada ve literatürde uygulanan yöntemler incelenmiştir ve önemli durumlar dahil edilerek sonucun en uygun olması amaçlanmıştır.

Yüksek lisans analitik düşünmeme katkı sağlayan, sayısal modelleme üzerine kurulu tez konusunu belirlememde ve yazmamda yardımcı olan çok değerli eğitmenim Dr. Öğr. Üyesi Z. Figen ANTMEN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez yazma sürem boyunca her zaman yol gösterici olmuş, desteğini esirgememiş, sabırlı, anlayışlı davranmış ve motivasyonumu en üst düzeye taşımıştır.

Tez yazım süremde her zaman destek olan, yanımda olduklarını hissettiğim ve beni cesaretlendiren sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Mart, 2019

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Depo.....	2
1.2. Depolama.....	7
1.3. Depo İçerisindeki Ürünlerin Yerlerinin Stratejik Önemi ve Karar Verme Aşamaları.....	14
1.3.1. Depo Yeri Belirleme Stratejileri	16
1.3.2. Depo Yerleşimi Sürecindeki Önemli Faktörler	18
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Ahp, Topsis ve Bulanık Topsis Literatür Araştırması	19
2.2. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi.....	32
3. MATERYAL VE METOT	41
3.2. Metot.....	48
3.2.1. Karar Verme Yöntemleri ve Malzeme Seçiminde TOPSIS, AHP ve Bulanık TOPSIS Metotlarının Kullanılması.....	48
3.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminde Kullanılan Kavramlar	52
3.3. AHP	52
3.4. TOPSIS.....	62
3.5. Bulanık TOPSIS	66
3.5.1. Bulanık Küme Teorisi.....	66

3.5.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi.....	67
3.6. Çalışmanın Metodolojisi.....	72
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	75
4.1. AHP	75
4.1.1. AHP Kriterler Arası Ağırlıklandırma.....	75
4.1.2. Alternatifler Arası Kriterin Karşılaştırılması	76
4.1.4. AHP Kriterlerin Ortalaması	82
4.1.5. AHP Ağırlıklı Ortalama Hesabı	83
4.2. TOPSIS.....	84
4.2.1. TOPSIS Karar Verme Matrisi Oluşturma	84
4.2.2. TOPSIS Normalize Matrisin Elde Edilmesi.....	84
4.2.3. TOPSIS Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Elde Edilmesi	86
4.2.4. TOPSIS İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi ..	87
4.2.5. TOPSIS İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması.....	89
4.2.6. Sonuç Tablosu	89
4.3. Bulanık TOPSIS	91
4.4. Metotların Kıyaslanması	95
4.5. Deponun Önceki Durumu, İyileştirilmiş Durumunun Kıyaslanması	100
4.5.1. Önceki Durum.....	100
4.5.2. İyileştirilmiş Durum.....	101
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	105
EKLER.....	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Önceki Çalışmalar (AHP, TOPSIS, Bulanık TOPSIS).....	32
Çizelge 2.2. Önceki Çalışmalar (Depo).....	45
Çizelge 3.1. Önem Skalası	56
Çizelge 3.2. RI Değerleri	60
Çizelge 3.3. Dilsel İfadeler	68
Çizelge 3.4. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler	68
Çizelge 4.1. Kriter Ağırlık Tablosu	76
Çizelge 4.2. Kullanım Önceliği İçin Alternatif Karşılaştırılma	77
Çizelge 4.3. Taşıma Maliyetleri İçin Alternatif Karşılaştırılma	77
Çizelge 4.4. Taşıma Verimlilikleri İçin Alternatif Karşılaştırılma	77
Çizelge 4.5. Kolay Taşınabilirlik İçin Alternatif Karşılaştırılma	78
Çizelge 4.6. Büyüklük (Kapladığı Alan) İçin Alternatif Karşılaştırılma	79
Çizelge 4.7. Kullanım Önceliği İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları.....	79
Çizelge 4.8. Taşıma Maliyetleri İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları.....	80
Çizelge 4.9. Taşıma Verimlilikleri İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları.....	80
Çizelge 4.10. Kolay Taşınabilirlik İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları.....	81
Çizelge 4.11. Büyüklük İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları	81
Çizelge 4.12. Kriter Ağırlık Toplama	82
Çizelge 4.13. Kriter Ağırlık Toplam ve Satır Ortalama.....	82
Çizelge 4.14. Kriter Ağırlık Toplam ve Satır Ortalama.....	83
Çizelge 4.15. Yüzdelik Hesap.....	83
Çizelge 4.16. Alternatif Karar Matrisi	84

Çizelge 4.17. Alternatif Tablosu ve Normalizasyon.....	85
Çizelge 4.18. Normalize Matris Tablosu	85
Çizelge 4.19. Kriter Ağırlığı ve Normalize Matris	86
Çizelge 4.20. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	86
Çizelge 4.21. İdeal Çözüm.....	87
Çizelge 4.22. Negatif Çözüm.....	87
Çizelge 4.23. İdeal Uzaklık Hesabı.....	88
Çizelge 4.24. Negatif İdeal Uzaklık Hesabı.....	88
Çizelge 4.25. İdeal ve Negatif İdeal Tablosu	89
Çizelge 4.26. Sonuç Tablosu	90
Çizelge 4.27. Sonuç Tablosu Yüzdelik Hesap	90
Çizelge 4.28. AHP ve TOPSIS Karşılaştırması	91
Çizelge 4.29. Kriter Ağırlıklarının KV'ler Tarafından Değerlendirilmesi	91
Çizelge 4.30. Kriter Ağırlıklarının Bulanık Sayılarla Gösterilmesi.....	92
Çizelge 4.31. Kriter Ağırlıklarının Bulanık Sayılarla Gösterilmesi.....	92
Çizelge 4.32. Bulanık Karar Matrisi	93
Çizelge 4.33. FPIS ve FNIS' ten Olan Uzaklıklar	94
Çizelge 4.34. Yakınlık Katsayıları.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Depoda Uygulanan Belli İş Adımları (Rushton ve Ark.,2014).....	4
Şekil 1.2. Büyük Parçalar Halinde Teslim (Baran,2017).....	11
Şekil 1.3. Küçük Parçalar Halinde Teslim (Baran,2017).....	12
Şekil 1.4. Yer Seçimi Bileşenleri (Freese ve Ark., 1997).....	15
Şekil 1.5. Lojistik Sistem Tasarımı (Korpelaa ve Ark.,1996).....	18
Şekil 3.1. AHP-TOPSIS Bütünleşik Yapısının Oluşturulması	72
Şekil 4.1. Deponun Önceki Durumu.....	100
Şekil 4.2. Deponun İyileştirilmiş Durumu.....	101



SİMGELER VE KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
TOPSIS	: İdeal Çözümle Benzerlikten Sipariş Tercihi Tekniği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
SPSS	: Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı (Statistical Package for the Social Sciences)
YÖK	: Yüksek Öğretim Kurulu
VIKOR	: Diğer Kriterler Optimizasyonu ve Uzlaşma Çözümü (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (Atomic Absorption Spectroscopy)
ELECTRE	: Eliminasyon ve Seçim Tekniği (Elimination and Choice Translating Reality English)
ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytich Network Process)
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlama
QFD	: Kalite Fonksiyonu Yayılımı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
PROMETHEE	: Zenginleştirme Değerlendirmelerinde Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)
BIST	: Borsa İstanbul
GSM	: Güvenlik Merkezi Sistemleri
EVA	: Ekonomik Değer Ekleme (Economic Value Added)
XKMYA	: BİST Kimya Petrol Plastik Endeksi
MOORA	: Oran Analizi Bazında Çok Amaçlı Optimizasyon (Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis)
MAAM	: Çok Nitelikli Tutum Modeli (Multi Attribute Attitude Model)
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)

DEMATEL	: Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)
MCGP	: Çoktan Seçmeli Hedef Programlama (Multi-Choice Goal Programming)
a_{nn}	: Karşılaştırma Matrisinde Karar Değişkenine Ait Faktör Değişkeni
B_i	: Karşılaştırma Matrisinin Önem Derecesini Gösteren Vektör
a_{ij}	: A Matrisinin Elemanları
b_{ij}	: B Matrisinin Elemanları
W_i	: Öncelik Vektörü
c_{ij}	: C Matrisinin Elemanları
CR	: Tutarlılık Oranı
λ	: Öz Değer
E	: Temel Değer
CI	: Tutarlılık Göstergesi
RI	: Random Gösterge
R	: Standart Karar Matrisi
V	: Ağırlıklı Standart Karar Matrisi
A^*	: İdeal Çözüm
A^-	: Negatif İdeal Çözüm
J	: Yarar
J'	: Zarar
S_i^*	: İdeal Ayırım
S_i^-	: Negatif İdeal Ayırım
C_i^*	: İdeal Çözüme Göre Yakınlık Değeri
m_1^a ve n_1^a	: Kapalı Aralığın Üst Sınırı
KV	: Karar Verici
$\widetilde{W}_j$	: Kriterlerin Önemi

$\widetilde{X}_{ij}$	: Alternatiflerin Değerlendirilmesi
$\widetilde{R}$	: Normalize Edilmiş Karar Matrisi
$\widetilde{V}_{ij}$	: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi
FPIS	: Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
d_i^*	: Alternatiflerin Pozitif Uzaklığı
d_i^-	: Alternatiflerin Negatif Uzaklığı
cc_i	: Her Alternatife Ait Yakınlık Katsayıları
Malz	: Malzemeler
N_{ij}	: Normalize Matris
KO	: Kullanım Önceliği (Sık Kullanılabilirlik, Üretim Biriminin Gereksinimi)
TM	: Taşıma Maliyetleri
TV	: Taşıma Verimlilikleri
KT	: Kolay Taşınabilirlik
B	: Büyüklük (Kapladığı Alan)
Altern.	: Alternatif
Ort.	: Ortalama
K1	: Kriter 1
K2	: Kriter 2
K3	: Kriter 3
K4	: Kriter 4
K5	: Kriter 5
KV1	: Karar Verici 1
KV2	: Karar Verici 2
KV3	: Karar Verici 3
KV4	: Karar Verici 4
KV5	: Karar Verici 5



1. GİRİŞ

Günümüzde işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri, maliyetleri azaltmaktan, kar elde etmekten ziyade, müşteri memnuniyetini sağlamalarından geçmektedir. İşletmenin sürekliliği için maliyetleri azaltma noktalarından birisi de üretim sürecine ve depo konumuna uygun depolama koşullarının yerine getirilip gerekli sürecin uygulanmasıdır.

Depolar işletmelerin tedarikçilerle ve üreticiyle irtibatını sağlayan, gerekli koordinasyonların yapıldığı kısımlardır. Ürünün sipariş verildiği andan itibaren tüketiciye ulaşana kadar ki kısımda aktif rol oynamaktadır. Bu nedenle depolar işletmelerin kar merkezleridir. İşletmelerde deponun yerleştirilmesinde yapılan hataların geri dönüşü maliyet olarak yansımaktadır. Bu nedenle işletmelere depo yerleşimi yapılacağı zaman gerekli sorulara cevap verecek nitelikte minimum maliyetle sürdürülebilir nitelikte hesaplanarak yapılması gereklidir.

Depo konumlanmasına karar vermede oluşacak maliyetlerin yönetimi ve hesaplanması iyi bir şekilde yapılmalıdır. Deponun işletmenin neresine ve nasıl kurulacağına karar verme aşamasında elde bulundurma maliyeti, depolama maliyeti, ulaştırma maliyetleri, stok devir hızları ve güvenlik stokları dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, üretim sektöründe yer alan bir işletmeye ait deponun yerleştirilmesinin en uygun şekilde yapılması, operasyonlarda verimliliğin artırılması, ulaşım maliyetlerinin azaltılmasıdır.

Çalışmada dikkate alınan işletme, üretim sektöründe yer almaktadır. Piyasada kendi pazarını arttırmayı ve büyümeyle birlikte sektörde önemli bir konuma gelmeyi amaçlamaktadır. Depo konumlanması yapıldıktan sonra malzemelerin nasıl yerleştirileceği ile ilgili kararın verilmesi gereklidir. Depo yerleşimine karar verme aşaması çalışanlar ve yöneticilerle görüşüldükten sonra elde edilen veriler sonucunda çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak depo yerleşiminin nasıl olması gerektiğine karar verilecektir.

Bu araştırmanın önemi, çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS' in depo yerleştirilmesinde kullanılması, AHP ile kriterlere ait ağırlıklar bulunmuş daha sonra TOPSIS ve Bulanık TOPSIS kullanılarak alternatiflerin ağırlıkları elde edilmiştir.

Araştırmanın birinci bölümünde depo, depolama ve depoda yürütülen faaliyetler konu edilmiştir. Araştırmanın ikinci bölümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde ise depo yerleşimi ile ilgili gerekli kriterler belirlendikten sonra uygulama aşamasına geçilmiştir. Bu bölümde işletme içerisinde yeni faaliyet gösterecek olan depoya ait yerleşim üzerinde araştırma yapılmış, çalışanların ve yöneticilerin fikirleri alınmıştır. Fikirler Analitik Hiyerarşi Prosesi, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kaynak alınarak karşılaştırma yapılmıştır ve çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1. Depo

Depo, profesyonel bir bakış açısı, sistemli çalışmayı gerektiren ve katma değer yaratan bir kar merkezdir. Malzeme sevk zamanlarının kısaltılması ve müşteriye teslimat sürelerinin azaltılmasında önemli paya sahiptir. Depo, depo müdüründen, forklift operatörüne, sevkiyat şeflerinden bilgisayar operatörüne kadar nitelikli işgücü gerektirir.

Depolar, lojistik süreç içerisinde gerekli süreçler tam olarak uygulandığı takdirde katma değerli hizmetin sağlandığı en önemli noktalardan biridir. Bu nedenle önemli kar merkezlerinden biridir. Depo yerleşimlerinde yapılan hataların geri dönüşümleri işletmelere maliyet olarak yansımaktadır. Bu nedenle depo yeri belirleme sürecinde, şirket stratejilerine karşılık en uygun konumda deponun kurulması gerekmektedir (Baran, 2017).

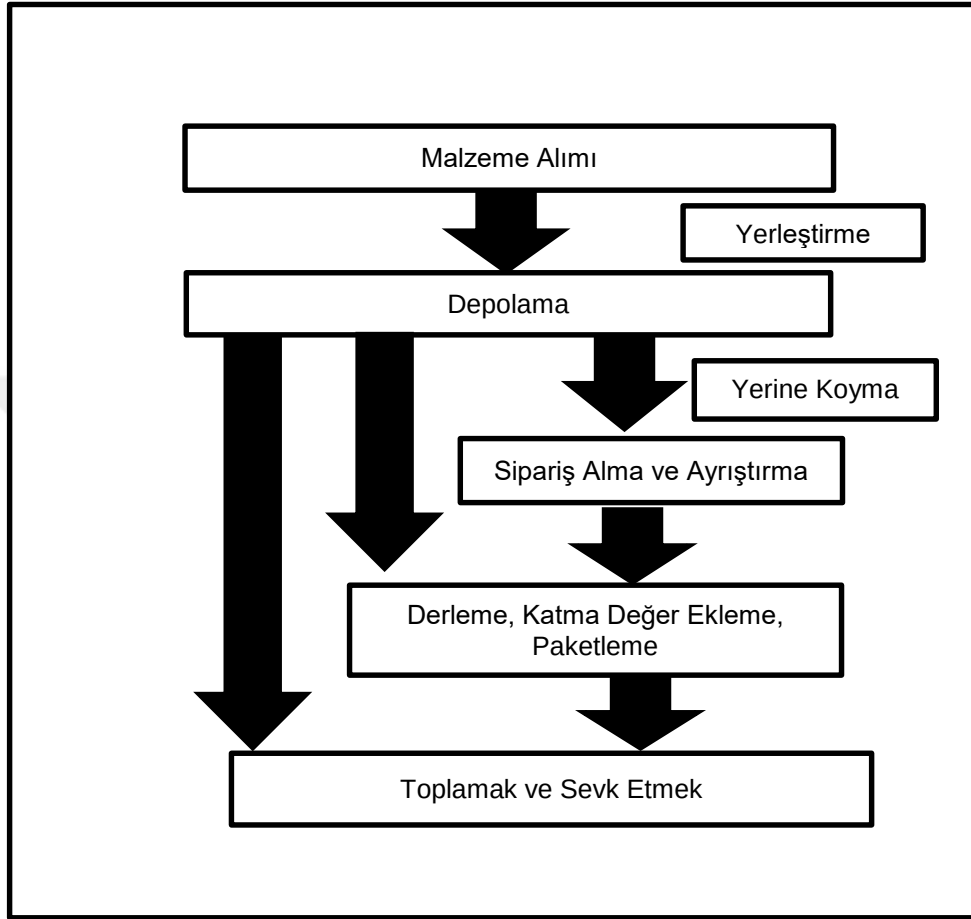
Önceki dönemlerde depolar, sevkiyatının hızlı ve verimli şekilde yapıldığı yerler olarak görülüyordu. Depolama yönetiminin temel süreçleri yıllar boyu aynı kalmıştır. Taleplere göre ürünler alınır, siparişler verilir, ikmaller yapılır, katma

değerli hizmetler yapılır ve sevkiyatlar gerçekleştirilirdi. Teknoloji ve otomasyonun daha çok kullanılmasıyla birlikte depolamadaki gelişmeler, verimlilik ölçümleri, kar tabloları, kaynakların etkili kullanımına doğru gelişme göstermiştir (Richards, 2014).

Depoların çoğunun asıl amacı, tedarik zincirinin son halkası olan son tüketiciye kadar malların hareketini kolaylaştırmaktır. Depoların verimli bir şekilde kullanılması için çeşitli sistemler mevcuttur. Tam zamanında üretim, müşteriye zamanında ve kaliteli ürün teslimatının yapılması ve ortak planlama, tahmin ve ikmal depo faaliyetlerinin yürütülmesinde önemli etkenlerdir (Rushton ve ark., 2014).

Genel hatlarıyla depoda yapılan işlemlerden arasında; depolama alanının iş süreçlerine uygun hale getirilmesi, gelen malzemelerin teslim alınması, malzemelerin depoya aktarılması, stoklanması ve birleştirilmesi, malzemelerin depoya yerleşiminde forklift, raf, taşıma arabaları ve paletlerden yararlanılması, depo sürecinde bilim ve teknolojiye dayanarak malzemelerin depoda uygun bir şekilde istiflenmesi, raflara konulması ve saklanması, depodaki sıcaklık, nem, ışık gibi benzeri risk faktörlerinin uygun seviyede tutulmasıdır. Ek olarak farklı tedarikçilerden gelen benzer ürünlerin depo içerisinde birleştirilmesi işleminden sonra aynı müşteriye ait olan malların özel bir alanda toplanması, malzemelerin bir sonraki tedarikçiye ulaşmasından önce ambalajlanması paketlenmesi ve etiketlenmesi, malzemelerin sevkiyat öncesi hazır hale getirilmesi, malzemelerin boyutlarına, türlerine göre uygun araçlarla bir sonraki tedarikçiye gönderilmesi işlemidir.

Şekil 1.1’de tipik depo fonksiyonlarından bahsedilerek şekil ile gösterilmiştir:



Şekil 1.1. Depoda Uygulanan Belli İş Adımları (Rushton ve Ark.,2014)

Şekil 1.1.’de bahsedilen iş adımları aşağıdaki gibidir (Rushton ve Ark.,2014):

Malzeme Alımı: Malzemenin depoda karşılaştığı ilk süreçtir. Malzemeler depoya girmeden önce bir üretim yerinde veya dağıtım merkezinde muhafaza edilir. Bu işlem malzeme alımının fiziksel taşınmasını, siparişlerin kontrol edilmesini, gelen malzemenin stok miktarının kaydedilmesini içerir. Yapılan işlemlere ek olarak paket açma, yeniden paketleme ve malzeme giriş kalite kontrollerini de içerebilir.

Gerekli durumlarda malzemeye birtakım ek işlemler yapılarak depo depolama sürecine hazır hale getirilir. Malzeme alımının son aşaması depoya fiziksel olarak malzemeyi koyma işlemidir.

Depolama: Malzemeleri alımı yapıldıktan sonra yedek depolama alanına alınır. Malzemeleri istifleme işlemi olarak tanımlanır. Fiziksel depolama sürecinde malzemeler niteliklerine göre önceden ayrılmış depo bölümlerine yerleştirilir. Depo bölümleri ikiye ayrılabilir:

1. **Ayrım Bölgesi:** Malzemelerin olabilecek en ekonomik depolama alanlarının olduğu bölgelerdir. Taşıma ve palet sistemlerinden oluşur.
2. **İleri (Forward) Bölge:** Malzemelerin depo görevlileri tarafından uygun yerlere kolaylıkla taşınmasına olanak sağlayan özel bölgelerdir. Raf sistemlerinden oluşan bu depolama malzemelere kolay erişimin sağlanabilmesi için küçük partiler şeklinde depolanır.

Sipariş Alma ve Ayrıştırma: Müşteriden alınan siparişlerin doğru miktarda ve zamanında alınması gereklidir. Sipariş alma hem maliyet hem de hizmet açısından önemli bir depo operasyonudur. Siparişlerin alınması, malzemelerin bir sonraki sürece hazırlık için depolandıkları bölümden alınmasını tanımlar. Sipariş alma işlemi fiziksel yöntemlerle (forklift, manuel) olabileceği gibi otomatik (asansör, mobil raf vb.) olarak da yapılabilir. Sipariş alma ve ayrıştırma sürecinden sonra malzemelerin giriş kalite kontrol testleri yapılarak hatalı olanlar hurda veya iade bölümüne gönderilmek üzere ayrıştırılır. Gerekli birimlere bilgi verilir.

Derleme: Küçük boyutlu siparişlerin toparlanarak tek bir sipariş şeklinde hazır hale getirilmesidir.

Katma Değer Ekleme, Paketleme: Malzemelerin istasyonlara ulaşmadan önce üretimi hızlandırmak için toplu olarak gönderilmesi ve paketlenmesi sürecidir. Paketleme işlemi malzemenin hem depo içindeki taşınmalarında hem de nakliye esnasında karşılaşılabilecekleri tehlikelerden korunmak için yapılır.

Toplamak ve Sevk Etmek: Paketleme işlemi yapıldıktan sonra özellik olarak birbirine yakın ürünler bir arada toplanır. Sevkiyata hazır şekilde iletilecek malzemeler farklı bölgelere gönderilmek üzere dağıtımına hazır hale getirilir. Konsolide terimi malzemelerin bir araya getirilmesi ve biraya getirilen malzemelerin üretim hattına veya müşteriye sevki işlemi demektir. Ek olarak konsolidasyon işlemi farklı merkezlerden gelen malzemelerin aynı tüketiciye gönderilmek üzere bir arada toplanması ve daha sonra dağıtım için birleştirilmesini ifade eder. Sevkiyata hazır hale getirilen malzemeler paletler, kutular, variller taşıma ürünleriyle yerleştirilme işlemi yapılarak sonraki tüketiciye ulaştırılır.

Depolar, tedarik zincirinin en önemli unsurlarından biridir, depolar ile ilgili süreçlerin karar verilmesinde birçok işletme etkeni dikkate alınmalıdır. Depoların kapsamı çok geniştir ve çeşitli maddeler içermektedir:

Pazar/Endüstri Eğilimleri: Endüstriler, gelişen teknolojiye ayak uydurmak için pazar alanlarında önemli değişimler yaşamışlardır. Bu türden gelişmeler depoların yeniden tasarlanması gerektiğini düşündürmektedir. Bu sebeple, piyasada gerçekleşen son değişimler takip edilmeden yapılan depolar, faaliyete başladığında beklenen yetenekleri yerine getiremediği için fonksiyonel olarak yetersiz kalabilmektedir.

Kurumsal Amaçlar: Firmaların, piyasadaki konumları, çalışanların ve çevrenin politikaları, çeşitli beklentiler göz önüne alındığında oldukça farklı amaçları vardır. Bu sebeple depoların planları şirketlerin varoluş amacına uygun yapılmalıdır.

İşletme Planı: Firmaya ait planlar, piyasanın durumuyla paralel satış öngörülleri ve faaliyetleri gibi faktörleri içermelidir.

Tedarik Zinciri Stratejisi: Depolar, tedarik zincirine ait olduğu göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Tedarik zinciri stratejisi; işletmenin piyasadaki rolünü, firmanın konumunu ve deponun büyüklüğünü belirler. Deponun büyüklüğü, stok kapasitesi dikkate alınarak belirlenebilmektedir.

Diğer Stratejiler: İşletmenin planı, departman hedefleri gibi stratejiler kapasite belirlenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Müşteri Hizmetleri Seviyesi: Satış sonrası hizmetler, pazarlama, müşteri beklentileri ve tedarik zincirine ait daha önceden belirlenen stratejiler, deponun etkinlik derecesini belirlemektedir.

Dış Faktörler: Bu faktörler çoğunlukla firmanın piyasadaki kısıtlarını oluşturmaktadır.

Depo tasarımı öncesi bahsi geçen faktörlerin dikkate alınması gerekir (Rushton ve Ark.,2014).

1.2. Depolama

Depolama denilince insanların aklına fazla maliyet, katma değeri olmayan, çok vakit alan faaliyetler gibi firmaya zarar verici etmenler gelmektedir. Birçok işletme çeşitli sebeplerden dolayı depolama işlemlerini yerine getirmek zorundadır. Depolama faaliyetlerine lojistik süreç olarak bakılırsa, zaman ve durumu uyumlu olarak birbirine bağlayan önemli bir öğedir. Firmaları depolama faaliyetlerine doğru iten bazı önemli sebepler şunlardır:

- Lojistik performansının iyileştirilmesi
- Üretkenliğin sağlanması
- Ek hizmetlerin yerine getirilmesi
- Taşıma masraflarının azaltılması
- Talep edilen ve istenilen miktarlar arasında dengenin sağlanması
- Pazar konumunun kullanılması
- İşlem basamaklarıdır (Hompel ve ark.,2007).

Depolama faaliyetlerinin doğru bir şekilde yürütülmesi için aşağıdaki maddelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Tompkins,1998):

1. **Uzmanlaşmanın Sağlanması:** Depolama süreci, tedarik zincirinin ve lojistiğin önemli bir basamağı ve diğer şirketlere karşı rekabet unsuru olarak kabul edilmelidir.
2. **Müşteri Bilincinin Dikkate Alınması:** Müşteri istekleri bilinip tahmin edilmeli ve bu beklentilerin karşılanması gereklidir.
3. **Performans Değerlendirilmesi:** Depolamaya ait kriterler önceden belirlenmeli, belirlenen kriterler dikkate alınarak ölçümler yapılmalı ve değişiklikler zamanında tespiti edilmeli ve duruma uygun önlemler alınarak giderilmelidir.
4. **Operasyon Planlanması:** Depo yetkililerinin planlamalarının doğru bir şekilde yürütülmesi için sistem ve süreçlerin önceden belirlenmesi gereklidir.
5. **Lojistik Süreci:** Planlaması iyi yapılmış bir lojistik sisteminde depolar, diğer öğelerle bütünleşik olarak görülmeli ve değerlendirme yapılırken bu şekilde dikkate alınmalıdır.
6. **Parti Büyüklüğü:** Operasyonlardaki verimliliğin maksimum olması için sevkiyatın en uygun miktarda olması, termin sürelerinin ve stok devir hızının da dikkate alınması gereklidir.
7. **Hız:** Depo sürecindeki verimliliğe hizmet hızının artması ile ulaşılabilir.
8. **Çeşitlilik:** Stok miktarının düşük olması, müşteri isteklerini yerinde ve zamanında karşılama, depoda yapılması gerekli işlemlerin çeşitlendirilmesiyle yerine getirilebilir.
9. **Tepkilere Hızlı Cevap Verebilme:** Deponun hızının ve yapılan işlemlerin çeşitliliğinin artmasının sonucunda depo çalışanlarının, ekipmanların ve kullanılan sistemin negatif etkilere karşı hızlı yanıt verebilir nitelikte olması gereklidir.

10. **Belirsizlik:** Süreçle ilgili belirsiz olan durumların ortadan kaldırılması ve disiplinin arttırılması gereklidir.
11. **Entegre Olma:** Depoda yapılan yerleştirme, seçme, yükleme ve alma gibi tüm etkinlikler birbirleriyle bütünleşmiş olmalı ve lojistik sistemde tüm işlemler entegre olmuş bir şekilde sürdürülmelidir.
12. **Stok Yönetimi:** Depo yönetiminin daha etkin yürütülmesi için stok doğruluğunun en üst düzeyde olması gerekli ve dönemsel sayım yapılmalıdır.
13. **Depo Alanı Kullanımı:** Depo alanlarının yönetimi ve etkin kullanımı depolama için önemli bir öğedir.
14. **Kurum Yönetimi:** Piyasada etkin bir kurum olabilmek için kurum yönetiminin ön planda olması gereklidir.
15. **Sipariş:** Depoya ait prosedürler ve düzenlemeler verimliliği ve deponun etkinliğinin artıracak şekilde düzenlenmeli ve siparişlerin önemi göz önünde bulundurulmalıdır.
16. **Takım Bazlı Sürekli İyileştirme:** Personel bazlı başarıların ortaya çıkarılması ile takım bazlı sürekli iyileştirmenin yapılması amaçlanmalıdır.
17. **Sürekli Akış:** Lojistik sistemde fazla miktarda stok tutulması engellenmeli ve ürünlerin alınması ve yerleştirilmesi üzerine odaklanılmalıdır.
18. **Depo Yönetimi Sistemleri:** Piyasaya uygun depo yönetiminin etkin bir şekilde yürütülmesi için barkod ve radyo sinyali sisteminin kullanılması gerekliliği üzerinde durulmalıdır.
19. **Lojistik Toplam Maliyeti:** Ürünlerin siparişinin verilmesinden teslimatına kadar geçen süreçte lojistik maliyetlerinin minimum yapılması amaçlanmalıdır.
20. **Liderlik:** Yöneticilerin yönlendirmesi ile çalışanların liderlik performanslarının ortaya çıkarılması arasında paralellik olmalıdır.

Bahsedilen maddeler depoların etkin kullanımı ve doğru yönetilmesi için dikkate alınması gereklidir.

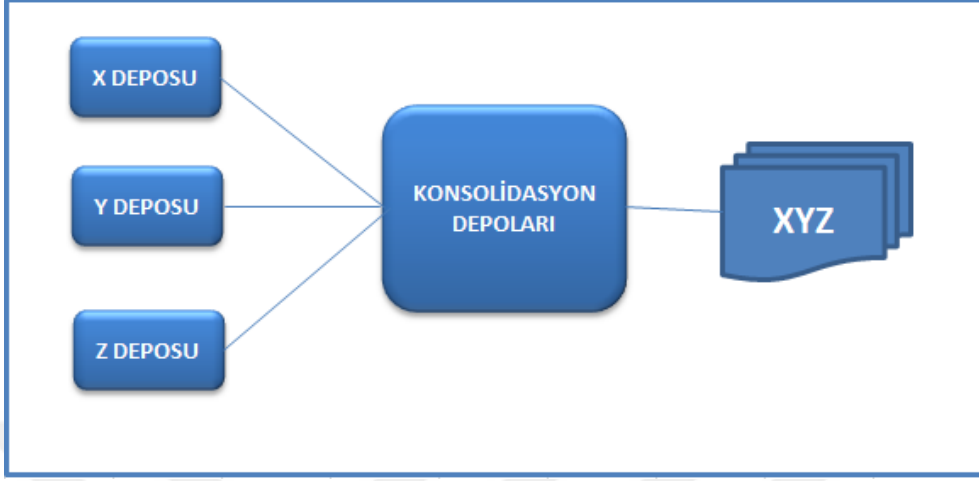
Depolama faaliyetleri ile işletmelere sağlanan ekonomik faydalardan bazılarından bahsedecek olursak;

- a. Malzemelerin teslimat için birleştirilmesi ve küçük parçalar halinde teslimata hazır hale getirilmesi,
- b. Malzemelerin sıralanması,
- c. Malzemelerin mevsimsel depolanması,
- d. Tersine lojistik işlemlerinin yürütülmesidir.

a. Malzemelerin Teslimat İçin Birleştirilmesi ve Küçük Parçalar Halinde Teslimata Hazır Hale Getirilmesi:

Depo faaliyetlerinde gerçekleştirilen ve işletmeye sağlanan en önemli faydanın malzemelerin birleştirilerek partiler halinde sevkiyatın sağlanması işlemidir. Bu yolla ulaşım masrafları düşürülür. Birleştirme faaliyetinde farklı merkezlerden gelen aynı malzemeler alınır ve tek bir gönderi sağlayacak şekilde hazırlanarak sevkiyat sağlanır.

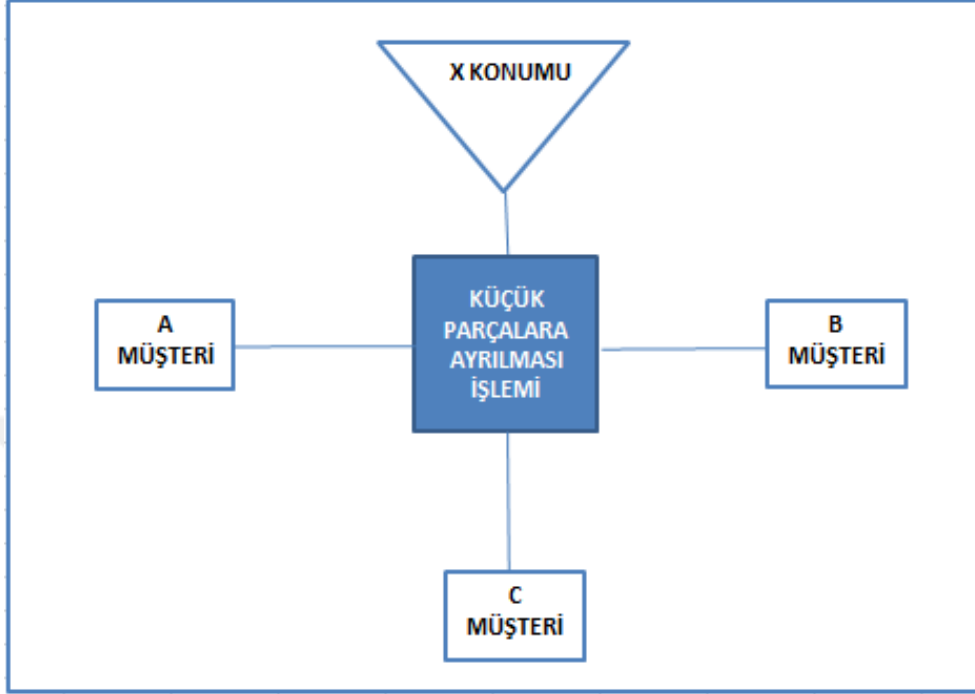
Birleştirme işlemiyle maliyetlerin azaltılması, sevkiyatın zamanında ve kontrollü olması, ürünleri alan müşterinin alış sürecindeki yoğunluğunun azaltılması amaçlanır. Bahsedilen birleştirme işlemi hem dışardan gelen malzemeler hem de müşteriye gönderilen malzemeler için olabilir.



Şekil 1.2. Büyük Parçalar Halinde Teslim (Baran,2017)

Ürünlerin küçük parçalar halinde teslimatı farklı yerlerdeki farklı müşterilere küçük partiler halinde teslim edilmesidir. Bu durumda ürünler müşterilere ayı ayrı yerel olarak teslim edilir.

Birleştirme ve küçük partiler halinde teslimatın yapılmasındaki amaç ulaşım etkinliğinin artırılmasıdır. Her iki işlemin birlikte yürütüldüğü organizasyonlar sayıca fazladır.



Şekil 1.3. Küçük Parçalar Halinde Teslim (Baran,2017)

b. Malzemelerin Sıralanması:

Çapraz sevkiyatların ve karışık olan malzemelerin dokunarak ayırma çeşitleri olarak sayılan sıralama işlemlerinin faydası sürecin başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar maliyetlerin azaltılması olarak sayılabilir.

Perakende depo işletmecilerinin başvurduğu çapraz sevkiyattaki amaç farklı merkezlerden gelen ürünlerin tek bir müşteriye gönderilmek üzere aynı çatı altında toplanmasıdır. Bahsi geçen sevkiyatta en önemli nokta ürünlerin zamanında müşteriye teslim edilmesidir.

Kombine olan malzemelerin dokunarak ayrıştırma yönteminde ise küçük partiler halinde ayrılan ürünlerin sevkiyat sırasında yol üzerinde yer alan farklı merkezlere ayrı ayrı teslimatın yapılmasıdır. Bu sevkiyattaki amaç yol üzerinde bulunan merkezlere ürünlerin birleşik olarak teslim edilmesi ile ayrı ayrı teslim edilmesindeki oluşacak masrafların en aza indirgenmesidir. Ürünlerin ara

merkezlere gelmesi ile müşterinin istediği varış noktalarına göre ayrılır ve bu şekilde ayrı ayrı gönderime hazır hale gelmesi planlanır.

c. Malzemelerin Mevsimsel Depolanması

Ürünlerin mevsimsel depolanması yönteminde yılın belirli aylarında müşterilere sevkiyatın sağlanması amaçlanmıştır. Örnek olarak buğday üretiminin yılın belirli zamanlarında olması ve satışın yıl içinde her zaman yapılması verilebilir. Diğer bir örnek ise kıyafet üretiminin yılın her zamanında yapılabilmesi fakat kışlık kıyafet satışının yılın belirli aylarında olmasıdır. Her iki yöntemde ise stok depolanması satış pazarlama durumlarıyla paralel niteliktedir. Satış pazarlamadan gelen önceki verilere uygun olarak ürünlerin ne zaman depolanıp ne zaman satış yapacağını belirlenmesi amaçlanabilir. Böylelikle ürünlerin depolarda fazla stok tutulması engellenmiş ve elde bulundurma maliyeti en aza indirgenmiş olur.

d. Tersine Lojistik İşlemlerinin Yürütülmesi

Tersine lojistik kavramı hammadde, yarı mamul, nihai ürün ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından başlangıç noktasına doğru, geri kazandırılması ya da uygun şekilde yok edilmesini sağlamak amacıyla gerçekleşen süreci planlama, uygulama ve kontrol edilmesidir (Şengül, 2011). Tüketicinin artan bilinçlenmesi, hükümetler tarafından uygulanan ilgili yasaların gündeme gelmesi ve gerekli çalışmaların yapılması, üreticilerin işletme maliyetlerini azaltmak istemeleri, hizmet talebinin artması, kalite artırma çalışmaları, yeniden üretim, tamir etme vb. çalışmalardan dolayı tersine lojistik kavramı ilgi çekici hale gelmiştir (Blumberg, 2005). 2000’li yıllarda ortaya çıkan bu alanda, ürünlerin geri kazandırılması ile ilgili lojistik işlemler tasarlanır ve geri kazanılan ürünlerin yeniden üretilip pazarlara dağıtılması sağlanır (Fleischmann ve ark., 1997). Çalışmadaki amaç, nihai ürünlerden en yüksek faydayı sağlamak, yükleme boşaltma giderlerini minimum seviyeye indirmektir (Gaurang, 2006).

Tersine lojistik işlemlerinin sıralaması şu şekilde yapılabilir (Baran, 2017):

1. Ürünlerin iade edilmesi yönetimi,
2. Hatalı ürünlerin tekrar üretimi ve tamir edilmesi,
3. Ürünlerin tekrar pazarlanması,
4. Ürünlerin geri dönüşümü yok etmedir.

Ürünlerin iade edilmesinde satış tarafından hedeflenen rakamların elde edilememesi sonucu geride kalan ürünlerin iade edilmesidir. Hayatın her alanında karşılaşıldığı üzere hatalı ürünlerin üretime tekrar kazandırılması için tamir edilmesi veya tekrar üretilmesi işlemidir. Ürünlerin tekrardan pazarlanması tüketicinin arzına karşılık belirli stratejilerle tüketici taleplerinin artması işlemlerini içermektedir. Ürünlerin geri dönüşümü sürecinde ise ürünün kullanılamaması kararının verilmesinden sonra alt parçalarının farklı yollarla üretime geri kazandırılması sürecidir. Son olarak da ürünü yok etme sürecinde ürünün hiçbir şekilde geri kazanılmayacağına karar verildikten sonra tamamen elden çıkarma sürecinin yürütülmesidir. Elden çıkarma işlemine farklı bir açıdan bakılacak olursa; doğaya zarar veren ve insan sağlığını tehdit eden ürünlerin gerekli denetimler yapıldıktan sonra piyasadan toplanmasıdır.

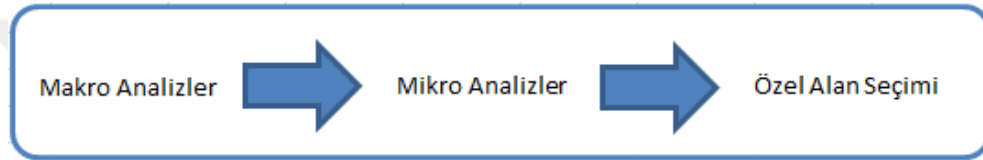
1.3. Depo İçerisindeki Ürünlerin Yerlerinin Stratejik Önemi ve Karar Verme Aşamaları

Depolama süreçleri yürütülürken ürünlerin dağıtım, birleştirme, depolama ve toplanma yerlerinin birlikte düşünülmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Böylelikle depolama süreçlerinin yönetilmesi için gerekli önemli durumlar tespit edilmiş olur. Depo yönetim süreci, genel itibarıyla düzenli olmayan yapıların düzeltilmesi ve sistemlerin düzenli kontrolünü içermektedir (Hompel ve Ark., 2007).

Lojistik işlemleri, malzeme ve bilgi yönetiminin bütünleşmiş hali olarak düşünüldüğünde fabrikanın ve müşterinin beklentisine önemli bir katkısı vardır. Ek

olarak lojistik faaliyetleri rekabetçi bir öge olarak düşünülebilir. Gereken önem verildiği ve katma değerli lojistik faaliyetleri yapıldığı takdirde hem müşteriye daha iyi bir hizmet vermek için hem de işletmeyi kara geçirmek için yapılabilecek önemli bir ögedir.

İşletmenin depo yeri tanımlandıktan sonra yapılması gereken diğer adım malzemelerin depo içerisindeki yerlerinin doğru tayin edilmesidir. Konum belirleme stratejileri genel anlamda 3 adımdan oluşmaktadır.



Şekil 1.4. Yer Seçimi Bileşenleri (Freese ve Ark., 1997)

Makro analizler, fabrikaya ait deponun konumunun belirlenmesini içerir. Depo yerinin seçilmesinde simülasyonlara ve matematiksel modellemelere başvurulabilir.

Makro analiz yaklaşımı maddeleri;

1. Amacın tanımlanması,
2. Dengelerin ve karşılaştırmaların tanımlanması,
 - 2.1. Verilerin depolanması,
 - 2.2. Karar verme kriterinin geliştirmesi,
3. Taşıma malzemelerinin optimal numaralarının belirlenmesi
4. Analizler ile alternatif senaryoların değerlendirilmesidir.

Mikro analiz yaklaşımı ile depoda bulunan malzemelerin nerede konumlanacağı konusu ele alınır. Konumlandırmada, üretime yakınlık, sık kullanılabilirlik, malzemelerin büyüklüğü göz önünde bulundurulur.

Özel alan analizlerinde depodaki malzemelerin konumlandırılacağı alanların tespiti yapılır. Oluşturulan alan amaca hizmet etmelidir. Analiz sonucunda depo konumlanmasına göre karar vericiler yapının yeniden mi oluşturulacağı yoksa var olan düzene mi ayak uydurulacağı tespit edilir.

1.3.1. Depo Yeri Belirleme Stratejileri

Geçmiş dönemlerde tüm depo yöneticileri “Depolama ürüne değer katıyor mu?” sorusunu sormakta ve sorunun cevabı olumsuz olarak düşünülmekteydi. Depolama maliyeti gibi unsurlar göz önünde bulundurulmamaktaydı. İş gücü verimliliği, envanter kayıpları ve diğer etmenler önemli etmenler olarak sayılmıyordu. Bu durumda iş gücü masraf olarak görünmemekte, insan gücünün düşük maliyetli kullanılması önemli görülmekteydi. Bu durumda iyileştirmeler çalışma metodlarının düzeltilmesi olarak görülmekte ve depolama faaliyeti satış pazarlama ve üretim arasında köprü olarak görülmekteydi. 2. Dünya Savaşı’ndan sonraki süreçte sanayileşmenin gelişmesiyle stratejik depolamanın önemi fark edilmiştir. Dağıtımın ön planda olduğu sektörlerde her satış bölgesindeki envanterin en iyi ve en doğru şekilde bulundurulması depo yönetiminde en iyi yöntem olarak alınmaktadır. Depolamanın önemi doğru envanteri doğru zamanda ve doğru yerde bulundurmakta yatmaktadır (Tompkins, 1998).

Depolamaya daha bilimsel bir yaklaşım getirmenin anahtarı başarıya yönelik depolama gereksinimlerinin bilinmesi ve kabul edilmesidir. Başarının gereği için aşağıdaki üç soruya cevap alınmalıdır (Tompkins, 1998):

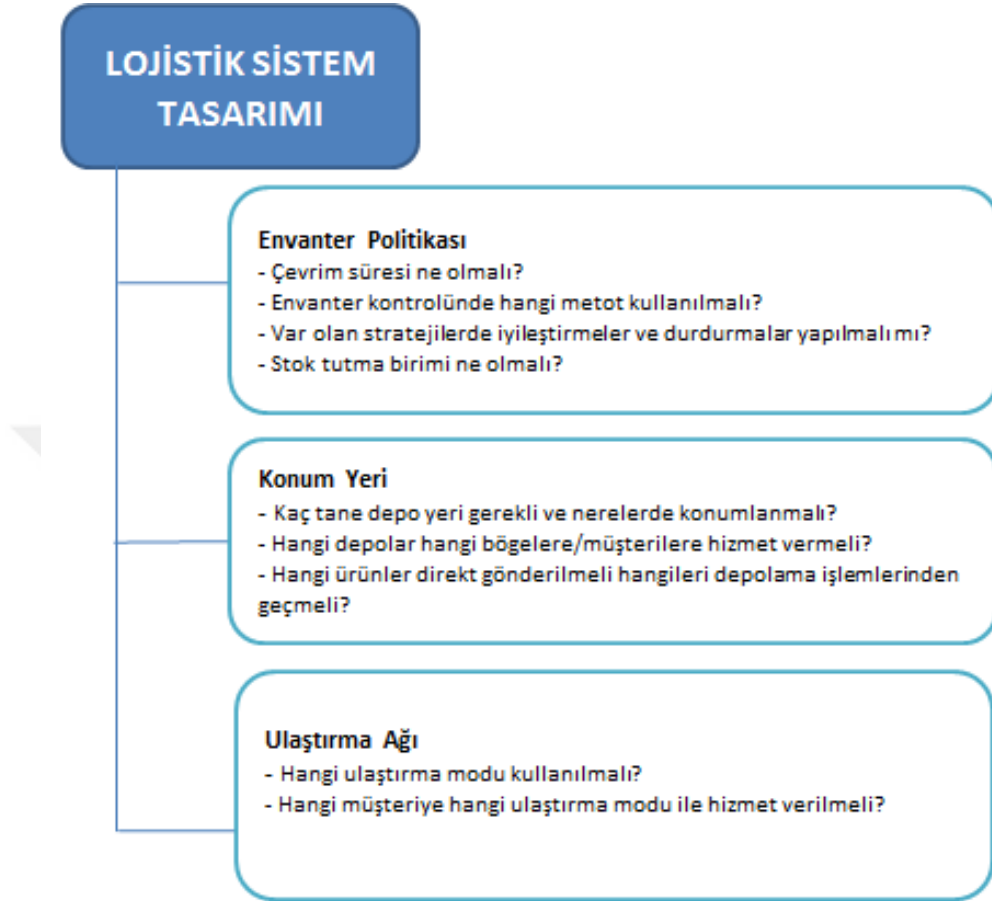
1. Depolama nedir?
2. Depolamanın kuralları nelerdir?
3. Depo paradigmaları nelerdir?

İşletme içerisinde depo yerleşimi belirleme kararlarında müşteriye sağlanan hizmet düzeyinin, malzemenin zamanında üretime teslim edilmesinin, malzemenin boyutuna en uygun yerin bulunmasının, gerekli maliyetlerin azaltılmasının önemli

etkisi vardır. Depolar yer ve zaman tasarrufu sağlamak için yapılan işletmenin önemli parçalarından birisidir. Depolar işletmeye maliyet ve servis avantajı sağlar.

Deponun temel fonksiyonları arasında aşağıdakiler sıralanabilir:

1. Talep ve arz tutarsızlığından kaynaklanan stok bulundurma,
2. Ayrı ayrı yerlerden gelen birçok yüklemeyi birleştirip tek bir yüklemeyle varış noktasına ulaştırma,
3. Farklı yerlere ulaştırılacak yüklemelerin bölüştürülüp ulaştırılması,
4. Müşteri siparişlerine uygun ürünlerin birleştirilip farklı yerlere sevkiyat yapılmasıdır (Baran,2017).



Şekil 1.5. Lojistik Sistem Tasarımı (Korpelaa ve Ark.,1996)

1.3.2. Depo Yerleşimi Sürecindeki Önemli Faktörler

Depolama sistemlerinin iyi bir şekilde tanınması, depo düzenlemesinin en iyi şekilde yapılması, en uygun depolama politikasının ve yöntemlerinin seçilmesi ek olarak hangi ürünlerin nasıl depolanacağını saptanması depolama işlemlerinden elde edilen faydayı artıracaktır. Üreticiler üretimde kullandıkları malzemeleri hem malzemelerin tedariki için harcanan zamanı hem de maliyetleri en aza indirmek amacıyla yüksek miktarlarda almakta ve daha sonraki süreçte kullanmak amacıyla depolarında bulundurmaktadır. İşletmelerde üretim durumuna ve çeşitli sebeplere göre bir ya da birden fazla depoya ihtiyaç duyulabilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin uygulandığı birçok çalışma mevcuttur.

2.1. Ahp, Topsis ve Bulanık Topsis Literatür Araştırması

Saaty (1990), “How to Make a Decision” isimli çalışmasında analitik karar verme yöntemlerinden çoklu kriterli karar verme yöntemi olan AHP yaklaşımının prensipleri ve uygulama alanlarından bahsedilmiştir. Açıklamalar, konular ve prensipler birçok çalışmanın yürütülmesi için öncülük etmiştir.

Romero (1991), Handbook of Critical Issues in Goal Programming adlı kitabında 1. bölümünde Hedef Programlamaya genel bakıştan ve çoklu kriterli karar verme yöntemlerinden bahsetmiştir. İkinci bölümde, hedef programlamanın zayıf yöntemlerine değinilmiştir. Hedef programlama için algoritmalar, hedef programlama için alınacak çözümler üzerinde durulmuştur.

Korpela ve ark. (1996), “A Decision Aid Warehouse Site Selection,” isimli makalesinde güneş enerjisi tesisi seçimi sırasında bir karar destek sistemi önermektedir. Çalışmada, bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık AHP) ve ideal çözüm için benzerlik üzerine sipariş tercihi tekniğine (TOPSIS) dayanan nitel ve nicel değişkenlerin entegrasyonu amaçlanmıştır. Tayland'daki bir güneş enerjisi tesisi alanının seçimine ilişkin bir vaka çalışmasında seçim sürecini etkileyebilecek niteliksel ve niceliksel ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek için bulanık AHP-TOPSIS Bulanık AHP yöntemleri kullanılmıştır. Bulanık AHP, belirsiz ve eksik bilgi modellemesinde kullanılmıştır. Ek olarak, sıralama kriterleri olan karar verme yöntemi olan TOPSIS, alternatif yerleri genel verimlilik temelinde sıralamak için kullanılmıştır. Çalışmanın katkısı, karar alıcıya esnek ve pratik olan, paydaş ihtiyaçları çerçevesinde güneş enerjisi santrali alan seçimlerine yönelik kılavuz ilkelerin sağlanmasında yeni bir yaklaşımın geliştirilmesidir. Aynı zamanda, arzulanan işlevler, taşkınlardan kaçınma, maliyeti düşürme, zamanı azaltma ve daha

az çevresel etkiye neden olma amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan yaklaşım, 2011-2012 yıllarının dördüncü çeyreğinde Tayland'daki büyük seller sırasında yaşanan ampirik çalışmada değerlendirilmiştir.

Mortagy (1997), makalesinde itfaiye tesislerinin yerini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu yazıda çok kriterli bir modelleme hedef programlama yoluyla, çelişen hedefleri içeren yangın istasyonu konum problemine yaklaşımı ortaya konmuştur. Önerilen model, kentin hizmet edecek 31 alt alanda olası yerleri değerlendirmiştir. Model, yangın istasyonlarının yerlerini ve yerlerini belirlemeye çalışmaktadır. Model dikkate alınan diğer maliyetle ilgili hedefleri de göz önüne almaktadır. Modelin sonuçları, geliştirilen tamsayı hedef programlama modelinin ideal bir model olduğunu göstermiştir. Belirtilen teknik, yangın istasyonu konum seçimi sorununa uygulanabilir.

Castillo ve ark. (2002), Building and Solving Mathematical Programming Models in Engineering and Science adlı kitabında fiziksel ve matematiksel gerçekler arasında bağlantı kurmaya matematikse modellemelerin gerçek yaşamla nasıl entegre edilebilirliğinin üzerinde durulmuştur. Farklı yapılar, modeller ve konseptlerin analizine öncülük edilmiştir. Kitapta, nonlinear ve linear programlamalar üzerinde durulmuştur, geniş çaplı ilginç pratik problemlerin çözümünde verilecek amaçlardan bahsedilmiştir. Diğer kitaplardan farklı olarak okuyucuya pratik problemleri çözmek için bu yöntemlerin gücünü göstermeye ve daha sonra ana konsepti ve araçları seçmek için yardımcı olmaya çalışmışlardır.

Piantanakulchai ve ark. (2003), makalelerinde ulaşım planının AHP yöntemi kullanılarak değerlendirilmesini ele almıştır. Uygulama olarak alternatif otoyol üzerinde bir vaka çalışmasına yer verilmiştir. Tayland'da yapılan uygulamada Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve AHP modeli kullanılmıştır. Çalışmada her açıdan en uygun yolun bulunması amaçlanmıştır.

Yurdakul (2003), makalesinde Türk Otomotiv firmalarının performans ölçümü ve analizine yönelik TOPSIS yöntemini kullanan bir örnek çalışmayı konu almıştır. Bahsi geçen çalışmada, Türkiye'de otomotiv sanayiinde faaliyet gösteren

beş büyük otomotiv firmasının bilançoları kullanılarak firmaların sıralanmasına yönelik bir örnek çalışma oluşturulmuştur.

Yurdakul ve ark. (2005), makalelerinde malzeme taşıma sistemlerinin seçilmesine yönelik karar destek sistemlerinden bahsedilmiştir. Daha sonra literatürdeki karar destek sistemlerinin eksiklerini tamamlayan UZMANIM adında bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. UZMANIM karar destek sisteminin nasıl işlediği ile ilgili akış şeması gösterilmiştir. Karar destek sisteminin içinde sıralama yapan AHP ve TOPSIS yöntemi sunulmuştur.

Yılmaz (2006), Türk Havacılık sektörünün mevcut durumuna göre olası bir uçak seçimi kararında dar gövdeli ve orta menzilli uçak seçeneklerinden (Airbus A321–200, Airbus A320–200, Boeing B737–800, Boeing B737–900 ve Boeing B737–900X) teknik yönden hangisinin seçileceği ile ilgili değerlendirme yapılmıştır. Uçak seçiminin yapılmasında Analitik Hiyerarşi Prosesi modelinden, Matlab 6.5 programından yararlanılmıştır. Belirsiz ve kesin olmayan verilerin değerlendirilmesinde de Bulanık (Fuzzy) AHP yönteminden yararlanılıp iki yönetime ait sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

Aytürk ve ark. (2006), çalışmalarında piyade tüfeklerinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde AHP yönteminden yararlandıklarından bahsedilmiştir. Uygulamada kriterler ve alt kriterler uzman ve askeri personelin görüşleri alınarak belirlenmiştir. Uygulama 3 tüfek kullanılmıştır. Uygulamanın sonucu Türk Silahlı Kuvvetlerinin yeni bir silah alımında karar verici niteliktedir.

Akad ve ark. (2007), sundukları makalede kent içi koridorda hangi toplu taşıma sisteminin kullanılacağıyla ilgili karar süreci AHP yöntemiyle ele alınmıştır. Kriterler yolcu talebi, ödeme süresi, iniş ve biniş süreleri, taşıt hızı olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterlere göre taşıma performanslarının nasıl değiştiğini görmek için diğer çalışmalardan farklı olarak simülasyon modeli geliştirilmiştir. Çıkan sonuçlar AHP yöntemine uyarlanmıştır. Diğer nitel ölçütler belirlendikten sonra karşılaştırmalar sayısal değerlerle yapılmıştır. Uygulamada AHP yöntemi otobüs yolu ve tramvay seçenekleri için uygulanmıştır.

Yıldırım (2008), yaptığı çalışmada işletmelerde kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin iki ayrı işletme için seçilmesi konusunu ele almıştır. Seçim aşamasında yetkili kişilerle ve ERP uzmanlarıyla görüşülüp kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir. ERP kullanacak iki pilot işletme seçilip her ikisi için ayrı ERP sistemi seçilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen verilerle ikili matrisler oluşturulup Expert Choice programı yardımıyla karşılaştırılmıştır. Değerlendirme de AHP tekniği yardımıyla yapılmıştır.

Mulcahy and ark. (2008), A Supply Chain Logistics Program for Warehouse Management kitabında ambar operasyonlarına, malzeme dağıtımlarına ve merkezlerine farklı bir bakış açısı sağlamaya çalışmıştır. Kitap, ambar operasyonlarını geliştirmek için çizimler formlar ve çeşitli diyagramlar içermektedir.

Palaz ve ark. (2008), yazılan makalede denizaltı filosunda ihtiyaç duyulan denizaltı tiplerinin seçimi problemini AHP yöntemiyle sunmuştur. Denizaltı Savunma Harbi branşlarında görevli 5 kişilik bir grup tarafından denizaltı seçim kriterleri belirlenmiştir. Kriterler belirlendikten sonra AHP yöntemiyle en uygun denizaltı seçimi değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar ve değerlendirmeler “Super Decision” programı kullanılarak yapılmıştır.

Zıngıl (2009), “Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi” isimli yüksek lisans çalışmasında İstanbul’a bir özel hastanenin tedarikçi seçimi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Sayısal ve sözel kriterler değerlendirildikten sonra derecelendirilir. Sözel kriterlere ait ağırlıklandırmalar Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile yapılarak en uygun tedarikçi seçimi yapılmaya çalışılmıştır.

Wang ve ark. (2010), tarafından yazılan makalede Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi metodolojisinin nasıl olması gerektiğinden bahsedilmiş, gerekli değerlendirmeler ve ağırlıklandırmalar yapıldıktan sonra uygulanan formüller yardımıyla sorunun çözümüne yönelik çalışmaların yapılması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Ersöz ve ark. (2010) makalelerinde Savunma Sanayisinde yapılan akademik çalışmalarında en çok kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri seçilmiştir. Araştırma sonucunda çok kriterli karar verme yöntemlerinden en çok Hedef Programlama ve AHP yönteminin kullanıldığı görülmüştür. Günümüz şartlarında AHP yönteminin yerini Analitik Şebeke Süreci (ANP)'nin aldığı görülmüştür.

Özbay (2010), makalesinde gayrimenkul değerlendirme projelerine AHP yöntemiyle bir yaklaşım ileri sürmüştür. Alışveriş, dinlenme, çalışma, barınma gibi farklı ünitelerin belirlenmesi AHP ile yapılmıştır. Uygulamada Expert Choice programı kullanılmıştır.

Tu ve ark. (2010), makalelerinde havaalanı kargo lojistik merkezinin konum seçimi için AHP-QFD Kavramsal Model ve Hedef Programlama yöntemlerinin uygulanmasından bahsedilmiştir. Havalimanı kargo lojistik merkezi konum seçimi kararı bir operasyon ve gelişme için uzun vadeli ve çok önemli biri karar olduğundan bahsedilmiştir. İlk olarak, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemiyle seçimin karar verilmesinde hava limanı taşıma servisinin gerçek şartları maddeler halinde karar alt süreçlerle belirtilmiştir. Daha sonra seçim kriterlerinin belirlenmesi kararı için sıfır-bir hedef programlama ikili modeli uygulanmıştır. Önerilen yaklaşımı desteklemek için Tayvan'da bir şirkette uygulaması yapılmıştır.

Durmuş (2010), depo yer seçimine etki eden faktörlerin modellenmesi konulu çalışmasında İstanbul'da Anadolu ve Avrupa yakalarında lojistik firmalarının dağılımı incelenmiştir. İstanbul'da depo yer seçimine etki edecek faktörlerin saptaması yapılmıştır. Faktörler açık biçimde ortaya konulmuş ve oluşturulacak modelin akış diyagramı hazırlanmıştır. Depo yer seçimine karar verilirken makro ve mikro ölçekte olmak üzere iki bakış açısı bünyesinde barındırdığı üzerinde durulmuştur. ABD kökenli konum teorisyeni Edgar M. Hoover'a göre makro ölçekte yer seçiminde pazara göre konumlandırma, ürüne göre konumlandırma, orta noktaya göre konumlandırma şeklinde üç kısımda incelenebilir. Çalışmada model oluşturmak, yer seçim kriterlerini belirlemek ve yer seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasını sağlamak için SPSS ve v17.0 programından yararlanılmıştır.

İstanbul'daki depo verileri IMP (İstanbul Metropolitan Planlama) tarafından 2007 yılında yapılan anket çalışmalarından alınmıştır. Çalışmada kriterler dikkate alınarak 6 Hipotez ortaya konulmuş ve sırasıyla SPSS programına girilen veriler sonucunda hipotezlerin kabul veya reddi analiz edilmiştir.

Ersoylu (2011), “Bulanık VIKOR ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Performans Ölçümü: Havacılık ve Uzay Teknoloji Enstitüsü'ne Öğrenci Seçimi” isimli yüksek lisans tezinde öğrenci seçimi için üç farklı yöntemden yararlanılmıştır. İlk önce kriterler ve alternatifler ağırlıklandırılmalarının yapıldığı AHP yöntemiyle belirlenmiştir. Daha sonra dilsel kriterlerin hesaplanmasında kullanılan Bulanık AHP yönteminden yararlanılmıştır. Daha sonra belirlenen kriterlerin sıralanması için VIKOR yönteminden faydalanılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılarak uygulanan yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya çıkarılarak öğrenci seçimi doğru bir şekilde yapılmaya çalışılmıştır.

Choudhary ve ark. (2012) makalelerinde sürdürülebilir çevrenin devamı için bulanık AHP ve TOPSIS yöntemiyle termik santral alanının seçilmesini konu almıştır. Alternatif yerler için sosyal, teknik, ekonomik, çevresel ve politik kriterler belirlenmiştir, nicel ve nitel kriterler AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır, belirsiz olan kriterler bulanık AHP yöntemiyle modele adapte edilmiştir. TOPSIS yöntemiyle de ağırlıklandırılan yerler arasından en uygun yer seçimi yapılmıştır. Önerilen yöntem Hindistan'da termik santrallerin konum seçimine ilişkin bir vaka çalışmasıyla sunulmuştur.

Bakshi ve ark. (2012), yayınladıkları makalede AHP ve hedef programlama yöntemlerinin karar vermeye yardımcı olan yöntemler olduğu vurgulanmaktadır. Yöntemlerin, sınırlı kaynakları göz önünde bulundurarak en avantajlı seçimi yapmamıza yardımcı olduğuna değinilmiştir. Karar verme süreci yetkililer tarafından uygun projeyi sadece ekonomik açıdan değil, aynı zamanda teknik gereksinimleri ve ardından müşteri gereksinimlerinin de göz önünde bulundurarak yapılmalıdır.

Toksoy (2012), “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve VIKOR Yöntemi ile Bir Uygulama” isimli yüksek lisans tezinde AHP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE çok kriterli karar verme yöntemlerinden ayrıntılı şekilde bahsedilmiş ve güncel çalışmalara yer verilmiştir. VIKOR yöntemi üzerinde daha çok durulmuş ve İstanbul’da bir akaryakıt istasyonunun 3. Bölgede yeni akaryakıt istasyonu açmayı planladığı ve istasyonun nereye kurulması gerektiği problemi çözülmeye çalışılmıştır.

Ömürbek ve ark. (2013), yazdıkları akademik makalede lisansüstü öğrencilerinin bilim dalı seçerken dikkate aldıkları kriterler doğrultusunda en uygun bilim dalının belirlenmesine yönelik çalışmadan bahsedilmiştir. İlk aşamada bilim dalı seçiminde dikkate alınan kriterler; öğrenciye yönelik kriterler, öğretim üyesine yönelik kriterler, diğer etkenlere yönelik kriterler ve bilim dalına yönelik kriterler olarak belirlenmiştir. ANP tekniğiyle kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır ve alternatifler doğrultusunda TOPSIS yöntemiyle en çok tercih edilen bilim dalı seçilmiştir.

Tinelli ve ark., (2013) makalelerinde depolara uygulanan operasyonel optimizasyon işlemini konu almışlardır. Ürünlerin doğru yerleştirilmesi depo maliyetlerinin azaltılmasında doğrudan etkide bulunmuştur. Depolarda, malzemenin üretim hattına gidene kadar aldığı mesafeyi azaltmaya yarayan ürünlerin seçimi Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak yapılmıştır. Malzemelerin özellikleri (boyut, kırılabilirlik ve ağırlık) göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmada sonuç olarak ürünlerin daha iyi konumlandırılması ve malzeme taşıma operasyon süresinin azaltılması sağlanmıştır.

Özkan (2013), yüksek lisans tezinde karar verme yöntemlerinden olan AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemini tanıtmış ve hayvan yetiştiriciliğine yönelik bir uygulamada 24 kuzunun verileri dikkate alınarak kuzuların ekonomik değer açısından en uygunu seçilmesi ve sıralanması yapılmıştır.

Ömürbek (2014), çalışmasında analitik hiyerarşi sürecine dayalı TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile ADİM üniversitelerinin performans değerlendirilmesi çalışması yapılmıştır. Çalışmada öncelikle 10 üniversite dikkate alınmıştır. Literatür çalışmaları ve üniversitelerin faaliyet ve değerlendirme raporlarındaki bilgiler dikkate alınarak 21 kriter belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılması AHP yöntemiyle yapılmıştır, daha sonra TOPSIS ve VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Her iki yöntemin sonucunda da aynı üniversite ilk sırada yer almıştır.

Richards (2014), Depo Yönetimi Verimliliği Artırma ve Maliyetleri En Aza İndirme İçin Tam Bir Kılavuz isimli kitabında depo yönetimi ile ilgili maliyet yaratan ana konuları ayrı ayrı başlıklar altında incelemiş, maliyetlerin hesaplanmasının nasıl olması gerektiği her konunun altında ayrı olarak hesaplanmış ve maliyetlerin azaltılması için yapılması gerekenlerin üzerinde durulmuştur.

Mahendran ve ark. (2014), Ölçüm Seçimi için Bulanık Bir AHP Yaklaşımı isimli makalesinde AHP yöntemi kullanılarak mühendislik bölümü seçimi problemine yer verilmiştir. Makalede, diğer makalelerde ve yüksek lisans tezlerinin çoğunda olduğu gibi AHP yönteminin nasıl bir teknik olduğu ve nerelerde kullanılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Öğrenciler için mühendislik bölümü seçimi faktörleri, öğrencilerden alınan veriler yardımıyla oluşturulmuştur. Çok seviyeli ve çok kriterli verilere dayanarak AHP yöntemiyle çiftli kıyaslamalar yapılmıştır. Uygulamada altmış birinci sınıf öğrencisi arasında dört tip mühendislik kurumunun verilen yanıtlara göre AHP yöntemiyle analiz edilmesi konu edilmiştir.

Erol (2014), tersanelerde gemi tiplerinin belirlenmesi çalışmasının yapıldığı tezinde Türkiye’de tersanede üretimi gerçekleştirecek olan gemi tipinin seçimi için üst düzey yöneticilerle görüşmeler yapılarak kriterler belirlenmiş ve oluşturulan kriterler ve alternatif olarak ifade edilen gemi tipleri değerlendirilmiş ve bulanık sayılar kullanılarak TOPSIS ve VIKOR yöntemleri yardımıyla analizler yapılmıştır ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Yetim (2014), “Analitik Hiyerarşi Prosesine Dayalı TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri ile Adım Üniversitelerinin Değerlendirilmesi” isimli yüksek lisans

tezinde ADIM üniversitelerinin performanslarının değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Karaağaçlı (2014), yüksek lisans tezinde üçüncü parti tersine lojistik sağlayıcı firmaların seçimini ve bunların değerlendirilmesine yönelik bütünlük model tasarımının oluşturulması amaçlanmıştır. Literatür araştırılması yapıldıktan sonra incelenen çalışmalardan yola çıkılmasıyla üçüncü parti tersine lojistik sağlayıcı firmaların seçimi ve değerlendirilmesine yönelik uygulama AHP ve TOPSIS bütünlük model tasarımının yapılması amaçlanmıştır. Oluşturulan modelin, bir ambalaj üreticisi firma tarafından üçüncü parti tersine lojistik sağlayıcı firma alternatiflerinin değerlendirilmesine yönelik uygulaması yapılmıştır. Uygulamada üç adet üretici firma ve sekiz adet kriterin değerlendirilmesiyle AHP-TOPSIS bütünlük modelin sonucuna göre işletmelerin tercih sıraları belirlenmiş ve en uygun seçim yapılmıştır.

İpeksaç (2014), “Çok Kriterli Karar Analizinde AHP, TOPSIS, VIKOR Çözümleri ve Bir Yazılım Uygulaması” isimli yüksek lisans tezinde yüksek lisans başvurusu yapan üç öğrenciye ait yds, not ortalaması, ales, sorumluluk ve kararlılık kriterlerine göre sıralama yapılmış ve verilen puanlara göre bir bilgisayar uygulamasında sıralaması yapılmıştır. Ek olarak Asya, Avrupa, Amerika ve Afrika kıtalarından seçilen 6’er adet devletten toplam 12 adet devletin önemli kriterleri bilgisayar uygulaması tarafından sıralaması yapılmıştır.

Karaman (2014), “0-1 Hedef Programlama Destekli Bütünlük AHP–VIKOR Yöntemi: Hastane Yatırımı Projeleri Seçimi” isimli yüksek lisans tezinde kısıtlar belirlenerek hastane projeleri seçimi ele alınmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve VIKOR yöntemi kullanılmıştır. Verilen kararlara göre kaynak atamasını sağlamak amacıyla Hedef Programlama modeli kurulmuştur.

Civir (2015) tarafından yapılan çalışmada otomotiv sektöründe AHP ve TOPSIS karşılaştırması yapılarak en uygun tedarikçinin seçimine yer verilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında firmalarda anket çalışması yapılarak tedarikçi seçiminde

dikkat edilmesi gereken kriterler belirlenmiştir. İkinci aşamada mevcut olan ve aday olan tedarikçilerin belirlenen kriterlere göre göreceli olarak sıralaması yapılmıştır. Tedarikçilerin öncelik sıralaması yapılırken AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılarak farklı bir bakış açısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Arıbaş (2015) akademik araştırma projelerinin değerlendirilmesine yönelik kriterler belirlenmiş, daha sonra kriterlerin ağırlıklandırılması AHP yöntemiyle kriterler ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklar TOPSIS yöntemiyle araştırma projelerinin önem dereceleri belirlenmiş ve alternatiflerin sıralaması önem derecelerine göre yapılmıştır.

Yıldırım ve ark. (2015), makalelerinde gemilerin kaza yapma nedenleri arasında insan hatasının değerlendirilmesi yapılmıştır. Açılan soruşturma raporlarından alınan veriler incelenmiş, kaza nedenleri ve çözüm önerilerinin analiz edilmesinde AHP yönteminden faydalanılmıştır. Çalışmanın sonucunda güvertede çalışan zabıt sayısının artırılması, çalışma öncesi eğitim ve gemide eğitim, köprü üstü kaynak yapılması, gözcü kullanılması, gemi içi uygulamaları ve çeşitli cihazların olduğu belirlenmiştir.

Çakal (2015), “AHP ve VIKOR Kullanılarak Birim-Yük Üçüncü Parti Depoların Karşılaştırmalı Verimlilik Değerlendirilmesi” isimli yüksek lisans tezinde en verimli üçüncü parti depo firmasını seçmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve VIKOR’ dan yararlanmıştır. Uygulama için 6 ana kriter belirlenmiştir. Bunlar; operasyonel, hizmet, yapı, kalite, pazar, sosyal sorumluluk ya da yeşil projeler olarak sıralanabilir.

Balkuvar (2015), “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP ve VIKOR ile Tablet Seçimi” isimli yüksek lisans tezinde günümüzde sıklıkla kullanılan tabletlerin seçimi için AHP yönteminden yararlanılmış ve VIKOR yöntemiyle belirlenen kriterlerin sıralaması yapılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve önem seviyelerinin tespitinin yapılmasında anket yöntemi uygulanmıştır.

Frazelle (2016), *World-Class Warehousing and Material Handling* adlı kitabında depo operasyonlarına ilişkin en son stratejilerden, en son yapılan vaka analizlerinden bahsedilmiştir. Depoların küçük işlem hacimlerinin artırılması, daha fazla ürün işleme ve saklaması, daha fazla ürün ve hizmetin özelleştirilmesinin sağlanması, daha fazla getiri işlemesi, daha fazla katma değerli hizmetler sunması, daha fazla uluslararası sipariş alıp göndermesi gibi işlemlerin yapılması beklenmektedir. Bu beklentilerin karşılanması ve depoların işlevselliğinin geliştirilmesi için söz konusu yazılan kitapta dünya standartlarının yedi ilkesi, depo etkinlik profillemesi, depo performansı önlemleri, depo otomasyonu ve bilgisayarlılaştırma, alma, depolama ve geri alma işlemleri, depo işlemlerini toplama, ambalajlama ve yazma gibi konular üzerinde durulmuştur.

Özmodanlı (2016) çalışmasında teknolojik girişimlerde kamu desteğini sağlayan programların sahip olması istenen kriterler araştırılmıştır. Öncelikli kriterlerin belirlenmesinde ve ağırlıklandırılmasında AHP yönteminden faydalanılmıştır. Kriterler ağırlıklandırıldıktan sonra hiyerarşi oluşturulmuştur. Daha sonra programların uygunluğu ve uygulamada gerçekleşen durum ortaya konulmuştur. Çalışmada inovasyonun ölçülmesiyle ilgili daha önceki çalışmalara bakıldığında kullanılan ölçülerin tarihsel olarak değişime uğradığı saptanmıştır. Örnek olarak 1950’li yıllarda yatırım tutarlarının ve Ar-Ge personelleri girdilerinin ön plana çıktığı görülürken, sonraki yıllarda Ar-Ge çıktıları, patentler, yayınların ölçüt olarak kullanılmaya başlandığı görülmüştür.

Geyik ve ark. (2016), makalesinde kitap basımevi seçiminde AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kullanımı problemi çözülmeye çalışılmıştır. Ders kitabı yazan bir yazar için basımevi seçimi problemi üzerinde durulmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda termin süresi, maliyet, marka değeri ve alanındaki yetkinlik kriterleri tespiti yapılmıştır. AHP yöntemiyle kriterlerin ağırlıklandırılması yapılmış daha sonra altı alternatif sıralama için en iyi çözüm bulunmuştur.

Kütükçü ve ark. (2016), makalelerinde acil durum haberleşmesinde kullanılan el telsizinin çok kriterli karar verme yöntemleri yardımıyla seçilmesi ele

alınmıştır. Problemin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, AAS, TOPSIS ve ELECTRE kullanılmıştır. Diğer makalelerden ve yüksek lisans tezlerinden farklı olarak ELECTRE yöntemi kullanılmıştır. Electre yöntemi alternatifler arasındaki ikili kıyaslamalara dayanmaktadır.

Baran (2017), lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin Analitik Hiyerarşi Süreci ve 0-1 Hedef Programlama yöntemleri kullanılarak en iyi depo yeri seçimi amaçlanmıştır. İlk bölümde depo, depolama, depo yerlerinin stratejik öneminden, ikinci bölümde AHP ve Hedef Programlama yöntemlerinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde ise araştırmanın modelinden bahsedilerek veriler toplanmış, AHP modeline ilişkin gerekli adımlardan bahsedilmiş, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Gerekli ikili hesaplamalar yapılarak depo yeri için en uygun konum seçilmiştir. Seçimin teyidi için 0-1 Hedef Programlamaya geçilmiştir. Kullanılan iki yöntemin de sonucu aynı depo yeri olmuştur.

İnan (2017), şehir otelleri için üst düzey yönetici seçerken aranan en önemli yetkinliklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında teknik yetkinlik ve genel yetkinlik olmak üzere ikiye ayrılan 71 yetkinlik saptanmıştır. Eskişehir ilinde faaliyet gösteren altı otelin yöneticileri ve beş akademisyen belirlenen yetkinlikleri değerlendirmişlerdir. Yetkinliklerin Lawshe tekniği yardımıyla kapsam geçerlilik oraları hesaplanarak gerekli görülenleri belirlenmiştir. Gerekli çalışmalar sonucunda 71 yetkinliğin 6'sı gereksiz 65'i gerekli olarak tespit edilmiştir. 65 gerekli yetkinlik 10 otel yöneticisinin değerlendirilmesi için AHP yöntemiyle sıralanmıştır. Teknik yetkinlikler arasında müşteri ilişkileri ve yönetimi en önemli yetkinlik olarak görülürken, genel yetkinlikler arasında ise problem çözme ve kriz yönetiminin ilk sırada yer aldığı görülmüştür.

Özdemir (2017), makalesinde Türkiye'de denizcilik eğitiminin geleceğine yönelik bir çalışma yapmıştır. Öğretim görevlilerinin görevlerini yerine getirmesinde yaşanan sorunların incelemesi yapılmış, etkenler kantitatif teknikler yardımıyla incelenmiş ve sorunları çözmeye yönelik çözüm arayışları bulmaya çalışılmıştır. Probleme neden olan etkenler bir araya getirilerek aralarındaki önem

derecelendirmesi AHP yöntemiyle yapılmış ve soruna çözüm oluşturabilecek çözüm önerileri arasında da bir değerlendirme yapılması için bulanık TOPSIS yöntemi ele alınmıştır. Çalışmanın sonucunda akademisyen ücretlerinin düşüklüğü, denizde çalışanlar için yüksek ücret imkânı ve üniversiteler tarafından yeteli sayıda kadro açılmaması gibi 3 önemli sorunun yeterli öğretim görevlisi bulunmayışına bağlı olduğu görülmüştür. Sorunlara çözüm olarak üniversite yönetimlerince denizcilik eğitimi veren kurumlara bazı özel yetkilerin tanınması, YÖK'ün istemiş olduğu gerekliliklerin denizcilik eğitimi veren kurumlar için farklı kategoride düzenlenmesi ve akademisyenlik mesleğine olan ilginin arttırılması ve özendirilmesi olarak tespit edilmiştir.

Balo (2017), makalesinde yapı sektöründe yaygın olarak kullanılan yönetim malzemelerinin çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP tekniği ile seçimi konusu ele alınmıştır.

Varlı ve ark. (2017), çalışmalarında vardiya çizelgeleme problemi ele alınmıştır. İlk olarak vardiyada çalışan şefler kıdemlerine AHP yöntemiyle ayırdıktan sonra fabrikanın ihtiyaç duyduğu iş gücünü karşılamak, izin günlerin düzenlemek ve iş gücünü dengeli ve adaletli bir şekilde dağıtmak için bir model geliştirilmeye çalışılmıştır.

Jamshidi ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada Hedef Programlamanın Ampirik Uygulaması ve Emlak Değerlendirmesinde AHP yönteminin uygulamasına yer verilmiştir. Makaledeki uygulama, tesis yerleşimi için en uygun, en karlı yerin bulunması amacıyla hizmet etmektedir.

Günay (2017), “AHP ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Yeşil Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama” isimli yüksek lisans tezinde topraklama ve paratoner malzemeleri üreten bir firmanın çevreye duyarlı olan tedarikçilerin seçilmesi amaçlanmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır ve ağırlıklandırma yapılmıştır. Bulunan kriter ağırlıklandırmaları VIKOR yönteminde kullanılmış olup işletme için en uygun yeşil tedarikçi seçilmiştir.

2.2. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

AHP ve TOPSIS uygulamalı ve konusu olan literatürdeki birçok çalışma incelenmiştir. AHP yöntemi 1977’ de Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılır hale gelmesinden sonra, karar verme süreçlerinde sıklıkla kullanılmıştır ve birçok örneği mevcuttur. Literatürler incelendiğinde yüzde olarak en büyük payı AHP yöntemi almıştır. Sadece sanayide değil, seçimlerin ve alternatiflerin olduğu her alanda AHP ve TOPSIS kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar Çizelge 2.1’ deki gibidir:

Çizelge 2.1. Önceki Çalışmalar (AHP, TOPSIS, Bulanık TOPSIS)

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Ergün ERASLAN, Onur ALGÜN	İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı	AHP	2005
Hakan PALAZ, Ahmet KOVANCI	Türk Deniz Kuvvetleri Denizaltılarının Seçiminin AHP ile Değerlendirilmesi	AHP	2008
Bahar ÖZYÖRÜK, Evren Can ÖZCAN	Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek	AHP	2008
Turan ERDEN, Mehmet Zeki COŞKUN	Acil Durum Servislerinin Yer Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS Entegrasyonu	AHP	2010
Elif Türkan ARSLAN	Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemiyle Strateji Seçimi: Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bölümler Fakültesinde Bir Uygulama	AHP	2010

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
O.G. OKEOLA, B.F. SULE	Evaluation of Management Alternatives for Urban Water Supply System Using Multicriteria Decision Analysis	AHP	2011
Selahattin YAVUZ	Öğretmenlerin Otomobil Tercihlerinde Etkili Olan Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi	AHP	2012
Vesile ÖZÇİFÇİ, Talip ARSU	Lojistik Servis Sağlayıcısı Seçiminde AHP Uygulaması	AHP	2013
Antonio C. CAPITO, Pacifico M. PELAGAGGE, Paolo SALİNİ	AHP-based methodology for selecting safety devices of industrial machinery	AHP	2013
Mustafa BAYHAN, Tamer BİLDİK	Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreciyle Akıllı Telefon Seçimi	AHP	2014
Mustafa YURDAKUL, Yusuf Tansel İÇ	Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma	TOPSIS	2003
Orhan KÜÇÜK, Fatih ECER	Bulanık TOPSIS Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum'da Bir Uygulama	TOPSIS	2007
Ali ELEREN, Metin ERSOY	Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi	TOPSIS	2007
Nihal ERGİNEL, Tolga ÇAKMAK, Sevil ŞENTÜRK	Numara Taşınabilirliği Uygulaması Sonrası Türkiye'de GSM Operatör Tercihlerinin Bulanık TOPSIS Yaklaşımı ile Belirlenmesi	TOPSIS	2010

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Jianli WEI	TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting	TOPSIS	2010
Nihan ÖZGÜVEN	Kriz Döneminde Küresel Perakendeci Aktörlerin Performanslarının TOPSIS Yöntemi ile Değerlendirilmesi	TOPSIS	2011
Hasan UYGURTÜRK, Turhan KORKMAZ	Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Belirlenmesi: Ana Metal Sanayi İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama	TOPSIS	2012
Majid BEHZADIAN, S. Khanmohammadi OTAGHSARA, Morteza YAZDANI, Joshua IGNATIUS	A State-of the-Art Survey of TOPSIS Applications	TOPSIS	2012
Maysam ASHRAFZADEH, Fari mah Mokhatab RAFIEI, Naser Mollaverdi Isfahani, Zahra ZARE	Application of Fuzzy TOPSIS Method for The Selection of Warehouse Location: A Case Study	TOPSIS	2012
Vesile ÖMÜRBEK, Bülent KINAY	Havayolu Taşımacılığı Sektöründe TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirilmesi	TOPSIS	2013
Sinan AYTEKİN, Şakir SAKARYA	BİST’de İşlem Gören Gıda İşletmelerinin TOPSIS Yöntemi ile Finansal Performanslarının Değerlendirilmesi	TOPSIS	2013
Babak Daneshvar ROUYENDEGH, Thomy Eko SAPUTRO	Supplier Selection Using Integrated Fuzzy TOPSIS and MCGP: a Case Study	TOPSIS	2014

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Nalan Gülten AKIN	Personel Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme: Bulanık TOPSIS Uygulaması	TOPSIS	2016
Aleyna DEĞERMENCİ, Berk AYVAZ	Bulanık Ortamda TOPSIS Yöntemi ile Personel Seçimi: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama	TOPSIS	2016
Ulaş ÜNLÜ, Neşe YALÇIN, İbrahim YAĞLI	Kurumsal Yönetim ve Firma Performansı: TOPSIS Yöntemi ile BIST 30 Firmaları Üzerine Bir Uygulama	TOPSIS	2016
Esra Kurt TEKEZ, Nuray BARK	Mobilya sektöründe bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi	TOPSIS	2016
Yasemin AYDIN	Küresel Kriz Çerçevesinde Katılım Bankalarının ve Ticari Bankaların Mali Performanslarının TOPSIS Yöntemiyle Analizi	TOPSIS	2017
Adilya YAMALTDİNOVA	Kırgızistan Bankalarının Finansal Performanslarının TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi	TOPSIS	2017
Nehir BALCI	Financial Performance Analysis With Topsis Technique: A Case Study Of Public University Hospitals in Turkey	TOPSIS	2017
Talha USTASÜLEYMAN	Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: Ahs-TOPSIS Yöntemi	AHP, TOPSIS	2009
Ziya GÜNAY, Ömer Faruk ÜNAL	AHP-TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi (Bir Telekomünikasyon Şirketi Örneği)	AHP, TOPSIS	2011

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Selçuk ALP, Taylan ENGİN	Trafik Kazalarının Nedenler ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin TOPSIS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi	AHP, TOPSIS	2011
Madjid TAVANA, Adel HATAMI-MARBINI	A group AHP-TOPSIS Framework for Human Spaceflight Mission Planning at NASA	AHP, TOPSIS	2011
Harwinder SINGH, Raman KUMAR	Hybrid Methodology for Measuring the Utilization of Advanced Manufacturing Technologies Using AHP and TOPSIS	AHP, TOPSIS	2011
Batuhan Safa KUTLU, Yusuf Alper ABALI, Tamer EREN	Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Seçmeli Ders Seçimi	AHP, TOPSIS	2012
Yusuf Alper ABALI, Batuhan Safa KUTLU, Tamer EREN	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bursiyer Seçimi: Bir Öğretim Kurumunda Uygulama	AHP, TOPSIS	2012
Jingfei YU, Li WANG, Xiuling GONG	Study on the Status Evaluation of Urban Road Intersections Traffic Congestion Base on AHP-TOPSIS Modal	AHP, TOPSIS	2013
Mohit MAHESHWARKAR, Nagendra SOHANI	Combined AHP-TOPSIS Based Approach for the Evaluation of Knowledge Sharing Capabilities of Supply Chain Partners	AHP, TOPSIS	2013
Shashank Singh PAWAR, Devendra Singh VERMA	Digital Camera Evaluation Base on AHP and TOPSIS	AHP, TOPSIS	2013
Mohammed Rizk AWAD, Taymoor NAZMY, Ismael Amr ISMAEL	Integrating Approach For Multi Criteria Decision Making (Case Study: Ranking For Bulk Carrier Shipbuilding Region)	AHP, TOPSIS	2013

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Onur KOYUNCU, Mert ÖZCAN	Personel Seçim Sürecinde Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama	AHP, TOPSIS	2014
Yan ZHANG	Consumer Choice Modeling: Comparing and Contrasting the MAAM, AHP, TOPSIS and AHP-TOPSIS Methodologies	AHP, TOPSIS	2014
Hatice GÜNDÜZ, Mehmet Emre GÜLER	Termal Turizm İşletmelerinde Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Kullanılarak Uygun Tedarikçinin Seçilmesi	AHP, TOPSIS	2015
Murat ARIBAŞ, Uğur ÖZCAN	Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi	AHP, TOPSIS	2015
Farshid GARAGOZI	Tedariki Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve TOPSIS Karar Modellerinin Kullanımı ve Bir Uygulama	AHP, TOPSIS	2016
Halil GÖKKAYA, Talip KELLEĞÖZ	Personel Tayin İşlemleri için AHP, TOPSIS ve MACAR Algoritması Tabanlı Karar Destek Modeli	AHP, TOPSIS	2017
Cihan ÇETİNKAYA	Bike Sharing Station Site Selection For Gaziantep	AHP, TOPSIS	2017
İsmail ERSOYLU	Bulanık VIKOR ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Performans Ölçümü: Havacılık ve Uzay Teknoloji Enstitüsü'ne Öğrenci Seçimi	AHP, VIKOR	2011

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Ayça ÇAKAL	AHP ve VIKOR Kullanılarak Birim-Yük Üçüncü Parti Depoların Karşılaştırmalı Verimlilik Değerlendirilmesi	AHP, VIKOR	2015
İlgım BALKUVAR	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP ve VIKOR ile Tablet Seçimi	AHP, VIKOR	2015
Sıla Nur GÜNAY	AHP ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Yeşil Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama	AHP, VIKOR	2017
Metin DAĞDEVİREN, Tamer EREN	Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yönteminin Kullanılması	AHP ve 0-1 HEDEF PROGRAMLAMA	2001
Ümit TERZİ, Sinan Emre HACALOĞLU, Zerrin ALADAĞ	Otomobil Satın Alma Problemi için Bir Karar Destek Modeli	AHP ve 0-1 HEDEF PROGRAMLAMA	2006
Hakan BÜKE	Hastane Bilgi Sistemi Yazılımı Tedarikçi Seçimi İçin Kriterlerin Belirlenmesi: VIKOR Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi Uygulaması	VIKOR	2011
Merve Erdoğan TOKSOY	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve VIKOR Yöntemi ile Bir Uygulama	VIKOR	2012
İhsan KESKİN	Üretim Kapasitesi ve Bakımı Göz Önüne Alınarak En İyi Eksantrik Presin VIKOR Yöntemi ile Seçimi	VIKOR	2018
Tuğba ZINGİL	Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi	TOPSIS ve VIKOR	2009

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Meltem KARAATLI, Nuri ÖMÜRBEK, Gülşah KÖSE	Analitik Hiyerarşi Süreci Temelli TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri İle Futbolcu Performanslarının Değerlendirilmesi	TOPSIS ve VIKOR	2014
Nuri ÖMÜRBEK, Meltem KARAATLI, Tülin YETİM	Analitik Hiyerarşi Sürecine Dayalı TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri İle ADIM Üniversitelerinin Değerlendirilmesi	TOPSIS ve VIKOR	2014
Aylin EROL	Tersanelerde İmalatı Yapılacak Gemi Tipinin Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleri ile Belirlenmesi	TOPSIS ve VIKOR	2014
Serpil BÜLBÜL, Ali KÖSE	Türk Gıda Şirketlerinin Finansal Performansının Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleriyle Değerlendirilmesi	TOPSIS, ELECTRE	2011
Nalân ECE, Funda ÖZDEMİR	Halka Açık Finansal Kiralama ve Faktoring Şirketlerinin Performans Ölçümü ve Analizinde Kullanılan EVA ve TOPSIS Yöntemlerinin Hisse Senedi Değerleri ile Karşılaştırmalı Analizi	TOPSIS, EVA	2011
Serhat KARAOĞLAN	BIST Kimya Petrol Plastik Endeksi'ndeki (XKMYA) İşletmelerin Finansal Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Ölçümü	TOPSIS, VIKOR, GRA ve MOORA	2016
Cemil ÇELİK, Atakan ALKAN, Zerrin ALADAĞ	Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren bir Firmada Tedarikçi Seçimi	AHP, Bulanık AHP VE TOPSIS	2016

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	KULLANILAN YÖNTEM	YAYINLANDIĞI YIL
Selim ERASLAN, Naim ÇAĞMAN	A Decision Making Method by Combining TOPSIS and Grey Relation Method Under Fuzzy Soft Sets	AHP, DEMATEL	2017
Hande Sezer, Ömür Y. SAATÇIOĞLU	Düzenli Hat Deniz Taşımacılığında Nakliye Müteahhidinin Gemi Operatörü Seçimine Çok Kriterli Karar Destek Yaklaşımı	AHP, ELECTRE, TOPSIS	2008
Feyzan ARIKAN, Yahya Sina KÜÇÜKÇE	Satın Ama Faaliyeti İçin Bir Tedarikçi Seçimi-Değerlendirme Prolemi ve Çözümü	AHP, PROMETHEE	2011
Emre ÇALIŞKAN, Tamer EREN	Bankaların Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi	AHP, PROMETHEE	2016
M. Zihni TUNCA, Esra AKSOY, Hasan BÜLBÜL, Nuri ÖMÜRBEK	AHP Temelli TOPSIS ve ELECTRE Yöntemiyle Muhasebe Paket Programı Seçimi	AHP, TOPSIS ve ELECTRE	2015
Tülin YETİM	Analitik Hiyerarşi Prosesine Dayalı TOPSIS ve VIKOR Yöntemleri ile Adım Üniversitelerinin Değerlendirilmesi	AHP, TOPSIS ve VIKOR	2014
Eser İPEKSAÇ	Çok Kriterli Karar Analizinde AHP, TOPSIS, VIKOR Çözümleri ve Bir Yazılım Uygulaması	AHP, TOPSIS ve VIKOR	2014
Gökhan AĞAÇ, Birdoğan BAKI, İskender PEKER, İlker Murat AR	Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanarak Serbest Bölge Yer Seçimi: Doğu Anadolu Bölgesi Örneği	AHP, TOPSIS, VIKOR ve ELECTRE	2015
Burak KARAMAN	0-1 Hedef Programlama Destekli Bütünleşik AHP-VIKOR Yöntemi: Hastane Yatırımı Projeleri Seçimi	AHP, 0-1 HEDEF PROGRLAMA ve VIKOR	2014

Çizelge 2.2. Önceki Çalışmalar (Depo)

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	YAYINLANDIĞI YIL
Osman DEMİRDÖĞEN, Bilsen BİLGİLİ	Organize Sanayi Bölgeleri İçin Yer Seçim Kararlarını Etkileyen Faktörler: Erzurum Örneği	2004
Başak SAKLIYAN	Lojistik Yönetimi Yazılımları Ve Bir Depo Yönetimi Sistemi Uygulaması	2005
Elçin GÜLER	Depo Yönetiminde Bilgi Teknolojileri Kullanımı	2006
İşıl TEZCAN	Sektörel Lojistik Yönetimi Sistemlerinde Depo Tasarım Metodolojisi	2007
İrfan TÖZ	Hastane İşletmelerinde Stok Yönetimi ve Bir Uygulama Örneği	2007
Mustafa METE	Gaziantep Organize Sanayi Bölgesindeki İşletmelerde Kuruluş Yeri Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma	2008
Fatma HOPBAOĞLU	Tedarik Zincirinde ve Lojistik Süreçlerde Depo Tasarımı ve Depo Yönetimi: Kozmetik Sektöründe Bir Uygulama	2009
Yusuf ŞAHİN	Depo Operasyonlarının Planlanması İçin Genetik Algoritma Esaslı Bir Model	2009

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	YAYINLANDIĞI YIL
Özlem AYDIN, Selahattin ÖZNEHİR, Ezgi AKÇALI	Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi	2009
Yasemin TANRIVERDİ	Tedarik Zinciri ve Stok Yönetimi Üzerine Bir Uygulama	2010
Ali DURMUŞ	Lojistikte Depo Yer Seçimine Etki Eden Faktörlerin Modellenmesi: İstanbul Örneği	2010
Cem EVİNSEL	Depo Tasarımı ve Yerleşimi	2010
Nihan Tırmıkçıoğlu ÇINAR	Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama	2010
Adnan AKTEPE, Süleyman ERSÖZ	AHP-VIKOR VE MOORA Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması	2010
Özhan Nuri ÖZESENİ	Tedarik Zinciri Yönetiminde Optimal Depo Yeri Seçimi	2011
Bahar ÖZYÖRÜK, Sevgi AK	Etkin Depo Yerleşiminin Düzenlenmesi İçin Bir Model: Elektronik Firmada Uygulanması	2012
Mehmet TANYAŞ, Murat BASKAK	Farklı Açılardan Depoların Sınıflandırılması	2012

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	YAYINLANDIĞI YIL
Murat BASKAK, Ömer Faruk YILMAZ	Bekleyen Sipariş Durumunda Sürekli Gözden Geçirmeye Dayalı Olasılıklı (r,q) Stok Kontrol Modeli Ve Depo Yapısı	2013
A. Zafer ACAR, Emre ÇAKMAK	Depolama ve Depo Yönetimi	2013
İsmail KARAKIŞ	Dağıtım Merkezi Depolarına İlişkin Hiyerarşik Depo Tasarım Metodolojisi ve Konvansiyonel/Otomatik Depo Karar Problemine İlişkin Analitik Bir Model	2014
Murat BASKAK, İsmail KARAKIŞ	Dağıtım Merkezi Depolarına İlişkin Hiyerarşik Depo Tasarım Metodolojisi Ve Konvansiyonel/otomatik Depo Karar Problemine İlişkin Analitik Bir Model	2014
Mehmet Selami YILDIZ, Özkan ŞAHİN	Teşvik Paketlerinin İşletmelerin Kuruluş Yeri Seçim Kararlarında Etkisinin Belirlenmesi: Düzce İli İmalat Sanayii İşletmelerinde Bir Araştırma	2014
Mücahit SOYASLAN, Cemil KÖZKURT, Ahmet FENERCİOĞLU	Otomatik Depolama ve Boşaltma Sistemleri (ODBS): Depo Kurulumu ve Performans Çalışmaları Üzerine Literatür İncelemesi	2015
Murat ÇOLAK, Gülşen AYDIN KESKİN, Gülşah GÜNEL, Duygu AKKAYA	Bir Kimya Firmasında Hammadde Deposunun Etkin Yerleşimi İçin Bir Model Önerisi	2016
Oğuzhan GEYİK, Mustafa TOSUN, Sultan ÜNLÜSOY, Mustafa HAMURCU, Tamer EREN	Kitap Basımevi Seçiminde AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Kullanımı	2016

YAZAR	ÇALIŞTIĞI KONU	YAYINLANDIĞI YIL
İskender PEKER, Selçuk KORUCUK, Şule ULUTAŞ, Burcu SAYIN OKATAN, Firdevs YAŞAR	Afet Lojistiği Kapsamında En Uygun Dağıtım Merkez Yerinin AHS-VIKOR Bütünleşik Yöntemi ile Belirlenmesi: Erzincan İli Örneği	2016
Tuğba BARAN	AHP ve 0-1 Hedef Programlama İle Depo Konumlarının Belirlenmesi ve Bir Uygulama	2017

Çizelge 2.2’de depo, deponun konumlanması, deponun yerleşimi ve yer seçimi gibi konuları işleyen literatürdeki çalışmalar çok kriterli karar verme yöntemleriyle birlikte gösterilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde deponun kurulumu için en uygun yer seçimi gibi konular işlenmiş olup depoya malzeme yerleşimi konusuna rastlanmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Depo, katma değer üretilen bir merkezdir. Malzemelerin sevk zamanlarının kısaltılmasında ve müşteri sipariş sürelerinin azaltılmasında önemli katkı sağlar. Depo, profesyonel bir bakış açısı ve sistem çalıştırmayı ve kullanımı uzmanlık gerektiren, envanter yönetiminin etkin ve doğru bir şekilde kullanıldığı bir unsurdur. Depo sorumlusundan forklift operatörüne kadar nitelikli iş gücü gerektiren bir bölümdür. Ek olarak işletmenin kar merkezi olarak belirtilir.

Depo, malzemelerin hammadde durumundan üretim ortamına, üretim ortamından tüketim merkezlerine ve dağıtımına kadar olan tüm faaliyetler sürecinin gerçekleştirilmesinde önemli ve stratejik rol oynayan ara noktalardır. Ayrıca uluslararası ticarete ihracat, ithalat ve gümrük süreçlerinin olduğu noktalarda ürünlerin saklandığı, muhafaza edildiği, sevkiyata hazır hale getirildiği, korunduğu açık veya kapalı alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Gereken ihtiyaç da depolar tarafından sağlanmaktadır.

Depo, sadece ürünleri daha sonra kullanmak veya sevk etmek üzere ürünlerin koyulduğu bir yer olmayıp, lojistik ve depolama bakış açısıyla en düşük maliyetle, hedeflenen müşteri hizmet düzeyine ulaşmada önemli bir yeri bulunmaktadır. Depolar maliyet kaynağı olarak görülseler de, ürünlerin bulunabilirliği ve sevkiyatı için büyük önem taşıyan önemli tesislerdir. Böylelikle, mal ve hizmet üreten işletmeler ürünlerinin piyasada ulaşılabilirlik oranını yükseltmek, hedeflenen müşteri memnuniyet düzeyine ulaşabilmek için gerekli bölgelerde belirli kapasitelerde depo bulundururlar. Ayrıca lojistik faaliyetlerini yürüten işletmeler de kendi fonksiyonlarını yerine getirmek için depo kullanmaktadır.

Depolama, önceden belirli nokta/noktalardan sevkiyatı sağlanan ürünlerin/yüklerin teslim alınıp, belirli bir süre muhafaza edilip, belirli nokta/noktalara gönderilmek üzere hazırlanması süreçlerinin tamamına denir. Depolama süresinin uzunluğu ürünlerin muhafaza edildiği yerlerin isimlerinin

farklılaşmasına sebep olur. Depolama süresinin en kısa olduğu yerlere aktarma merkezi (Transfer Centre- Hub) denirken, süre uzadıkça bu yerlere dağıtım merkezi (Distribution Centre) depolama süresinin en uzun olduğu yerlere ise depo adı verilmektedir.

Depolama faaliyetleri esas olarak ürünlerin kontrolü, teslim alınması, yerleştirilmesi, sayımı, toplanması, kontrolü ve gönderilme işlemlerini kapsamaktadır.

Depo yerleşimi çalışmasının yürütüldüğü işletme bir otomotiv firması olup ürün çeşitliliği yelpazesinin geniş olduğu bir depo yapılması planlanmaktadır. Depoda, depo sorumlusu, ambar personelleri, forklift personelleri, mal kabul işlemlerini yürüten personeller, giriş kalite sürecini yürüten personeller, ürünleri üretime sevk etmek üzere hazırlayan personeller, ürünlerin tedarikçiye ya da fasona gönderilmesi işlemini gerçekleştiren personeller yer almaktadır.

Depo ve depolama süreci üretimin sürekli olduğu ve araçlara göre kullanılan malzemelerin çeşitlilik yarattığı bir otomotiv firması için çok önemli bir yere sahiptir. Doğru stratejilerle, satış ve planlama biriminden gelen bilgilerle yürütüldüğü takdirde maksimum verimlilik sağlar ve işletme için önemli bir kar merkezi haline gelir.

Çalışma sürecinde fabrikanın hangi yeri için depo kurulacağı makro analizle; deponun üretime yakınlığı, diğer üretime ait depolara yakınlığı ve depolar arası taşıma maliyetlerinin minimum olduğu yapının kurulması işlemi mikro analizle ölçülebilir.

Yöntemlerin uygulandığı Adana ilindeki otomotiv firmasında depo yerleşimi sürecinin etkin şekilde yapılabilmesi için önceden belirlenmiş olan kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırılan bu kriterlerin karşılaştırmaları AHP yöntemi ile yapılmış ve pozitif ideal çözüm noktasına en kısa mesafe ve negatif çözüm noktasına en uzun mesafe olacağı varsayımının kullanıldığı TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Son olarak alternatifler için çok kriterli sıralamalar oluşturularak, sayısal verilerle ifade edilemeyen bilgilerin dilsel ifadeler yardımıyla ideal çözüme

en yakın kararın verilmesi sürecinin yürütüldüğü Bulanık TOPSIS Yöntemi kullanılarak işletme için en uygun depo yerleşiminin yapılması amaçlanmıştır.

Uygulamada en uygun alternatifin seçilmesi için satın alma müdürü, ambar şefi, ambar personelleri ve çalışanlarla görüşülmüştür.

Görüşmeler sonucunda belirlenen kriterler; kullanım önceliği, taşıma maliyetleri, taşıma verimlilikleri, kolay taşınabilirlik, büyüklük (kapladığı alan) olarak belirlenebilir. Malzemelerin kullanım önceliği, montaj istasyon akışında diğer malzemelerden öncelikli kullanılması demektir. Taşıma maliyetleri; malzemelerin depoda konumlandığı yerden üretim hattındaki istasyona taşınana kadarki yapılan maliyet olarak isimlendirilebilir. Taşıma verimlilikleri kriteri olarak malzemelerin taşınması sırasında kullanılan forklift, personel ya da taşıma arabasından bahsedilebilir. Personel kullanımından ziyade forklift ya da taşıma arabasının kullanılması maliyet ve süre açısından daha uygundur. Kolay taşınabilirlik kriteri alternatifler arasındaki ağırlık bazında farklılık olarak bahsedilebilir. Büyüklük kriteri ise malzemenin kapladığı alan olarak nitelendirilebilir.

Alternatif olarak montaj malzemeleri (üretimde sık kullanılan malzemeler), hardware malzemeler (cıvata, somun, rondela vs.), sarf malzemeler (eldiven, zımpara taşı, kaynak teli, spreyci boyalar vs.), araç bazlı malzemeler (müşteri siparişi üzerinde opsiyonlu üretilen araçlar için kullanılan), istasyon malzemeleri (montaj hattındaki her istasyona ait olan malzemeler) olarak bahsedilebilir.

Çalışmada, Türkiye Adana'da faaliyet gösteren bir otomotiv firmasına ait depo yerleşimine çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla firma için bir girdi çıktı ve maliyet unsuru olan deponun en etkin şekilde kullanılması amaçlanmış ve bir dizi işlem yapılmıştır. Firmada depo yerleşiminde hangi malzemelerin öncelikli yerleştirilmesi problemi ele alınmıştır. Alternatifler arasında üretimde en çok kullanılan sarf malzemeler, hardware malzemeler, montaj malzemeleri, istasyon malzemeleri, araç bazlı malzemeler bulunmaktadır. Firmanın depo yerleşimi için malzemeler arasında seçim yaparken üretim biriminin gereksinimi (sık

kullanılabilirlik), büyüklük (kapladığı alan), kolay taşınabilirlik, taşıma verimlilikleri (forklift, personel), taşıma maliyetleri vb. kriterler belirlenmiştir.

Depo yerleşiminde öncelikli hangi malzemenin yerleştirileceği ile ilgili kriterlerin ağırlıkları AHP Yöntemi yardımıyla bulunmuştur. Elde edilen verilerle seçim yapma ihtiyacına karşılık TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. TOPSIS yöntemi uygulandıktan sonra Bulanık TOPSIS Yöntemi uygulanmıştır. Depo yerleşiminde öncelikli yerleştirilmesi gereken malzemeler sıralanmıştır. Depo yerleşimine en uygun malzemelerin seçimi yapılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Karar Verme Yöntemleri ve Malzeme Seçiminde TOPSIS, AHP ve Bulanık TOPSIS Metotlarının Kullanılması

Karar verme kavramında amaç; hedef ve stratejilerin, bir sistem içerisinde ve bütün olarak algılanmasını gerektirmektedir. Hedefler ve bu hedeflere ulaşırken izlenecek yollar, bilgi kaynakları vb. koşullar değiştikçe en iyi çözüme karar vermek amacıyla kullanılan çeşitli metot, analiz ve teknikler geliştirilmiştir (Kuru, 2011).

Karar verme için literatürde birçok tanım mevcuttur. Karar verme durumu, verilen optimizasyon kriterlerine göre hareket durumları arasından bir tanesinin seçimi demektir. Karar verme, mevcut olan bütün alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun, en karlı mümkün olan bir veya birkaçını seçme sürecidir. Karar verme kavramı, istenilen ve durum için en uygun olan bir sonuca ulaşmak için, mevcut seçenekler arasından bilinçli olarak seçilen bir eylemdir. Karar verme bir problemde hedefe ulaşabilmek için elimizde bulunan imkân ve koşullara göre en uygun alternatifi seçmektir (Kuru, 2011).

Çok kriterli karar verme, bir karar vericinin birçok alternatif arasından belirli kriterler altında yaptığı en uygun seçim işlemidir. Çok kriterli karar verme yönteminde izlenen adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ballı, 2005):

- Konu ile ilgili alternatifler ve kriterlerin belirlenmesi sağlanır.

- Kriterlere ait önem dereceleri belirlenir.
- Her bir alternatifin kriterler bazında değerlendirilmesi yapılır ve alternatiflerin sıralaması yapılır.

Çok kriterli karar verme, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde çözüm için en uygun en iyi tercihin seçilmesine imkân sağlayan bir durumdur. Bulunan en uygun çözüm genellikle kısıtlar ve yönetim amacı doğrultusunda sınırlandırılarak ortaya çıkarılmıştır. Çok kriterli karar vermede, kriterlerin önem derecelerine göre ağırlıklandırılması yapılarak birbirleriyle zıt düşen kriterlere sahip karmaşık karar problemin çözülmesi sonuca ulaşılmasında kullanılan modellere yer verilmiştir. Bahsi geçen modeller, farklı hesaplanma kurallarına bağlı olarak C.L. Hwang ve K.Yoon'un yaptığı sınıflandırmaya göre aşağıda belirtilen alt gruplara ayrılmaktadırlar:

- **Puanlama/Değer Atama (Scoring) Modeli:** Puanlama ve değer atama modeli, en yüksek puana (maksimum değer) sahip olan seçeneği seçer. Karar problemi, problemin çözümüne ve karar durumuna uygun çok nitelikli değer/fayda fonksiyonuna hangi değer atanacağı biçiminde ifade edilecektir. Verilen kapsamda Saaty (1980) tarafından tasarlanan Analitik Hiyerarşik Süreci(AHP) adı verilen yöntem ele alınmıştır
- **Uyum - Uyumsuzluk (Concordance Discordance) Modeli:** Uyum-uyumsuzluk modeli, verilen tercih derecelendirilmelerinden oluşan bir kümeyi verilen uyum ölçüsünü en çok tatmin edecek biçimde ayarlayacak olan alternatifi seçer. Verilen kapsama uygun olarak 1966 yılında Benayoun tarafından ortaya atılmış olan bir “çoklu karar verme” yöntemi olan İngilizce kısaltması ile ELECTRE ele alınacaktır.
- **Uzlaşma (Compromising) Modeli:** Uzlaşma modeli, problemin çözümüne göre her alternatifin, karar verme kriterleri bazında değerlendirildiği varsayımına uygun yapılıdır. İdeal alternatife yakınlık

değerleri karşılaştırılır ve uzaklık (ideal çözüme en yakın) sıralamaya ulaşılır.

Çok kriterli karar verme yöntemleri, karar vericinin problemin çözümü için ortamda bulunan belirsizlik, karmaşıklık ve birbiriyle çelişen amaçlarının olduğu durumlarda uygun veriler sunarak daha iyi karar vermesini sağlayan yöntemlerdir (Hahn, 2003).

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Bazı yöntemlerin matematiksel temelleri sağlam olup, kullanımları zor olmaktadır. Yöntemlerin kullanımını elde bulunan mevcut verilerin türü sınırlamaktadır. Bu nedenle karar verici problem çözümünde her bir karar durumu için ayrı değerlendirme yapıp uygun çok kriterli karar verme yöntemini seçmelidir (Yoon ve Hwang, 1995).

Karar vericinin bu konuda dikkate alması gereken aşağıdaki hususlardan bahsetmek gerekirse (Guitouni ve ark., 1998);

- Karar verme sürecinin tarafları belirlenmeli ve birden çok karar verici olması durumunda grup kararının verilmesi konusu gündeme alınmalıdır.
- Tercihlerin ve kriterlerin tanımlanmasında karar vericinin düşünme yapısı problemlerin çözümünde dikkate alınmalıdır.
- Karar verme sorunu belirlendikten sonra, karar verici alternatiflerin sıralanmasını istediği takdirde sıralama modeli uygulanmalıdır.
- Karar verici problemin çözümü için uygulanacak modelde gerekli bilgilere kolayca ulaşabilmeli ve eldeki verileri uygun şekilde kullanacak model seçilmelidir.
- Modelin problemin çözümü için uygun olup olmadığı ve karşılama derecesi düşünülmelidir ve karar vericiye gerekli bilgiler verilmelidir.
- Modele uygun yöntemin temel hipotezleri karşılaması gerekmektedir, karşılamıyorsa probleme uygun başka yöntem seçilmelidir.

— Yöntemi destekleyecek karar destek sisteminin olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Çok kriterli karar verme problemlerinde etkin çözüme ulaşmak için doğru modelin kurulması önemlidir. Problemin çözümünün hızlı ve etkin olmasını sağlamak amacıyla kurulan modelin doğru olmasının yanı sıra modelde kullanılan kavramların birbirleriyle karıştırılmaması gerekmekte ve kavramların doğru olarak ifade edilmesi de gerekmektedir (Özdemir, 2004).

Karar probleminin yapısına uygun çok kriterli karar verme metodunun seçiminde aşağıda belirtilen özellikler dikkate alınmalıdır (Rolender ve ark, 2003):

- Çok kriterli karar verme yöntemlerinin ihtiyaçlar listesine dayalı olarak gerçekleştirmek zorunda olduğu amaçlar ve hedefler belirlenmelidir.
- Amaca ve hedefe ulaşmada gerekli olan değerlendirme kriterleri seçilmelidir.
- Çok kriterli karar problemi modellemesi yapılmalı ve amaca ulaşılması için uygun olan çok kriterli karar verme yöntemleri belirlenmelidir.
- Oluşturulan değerlendirme kriterlerine uygun olarak yöntemlerin performans derecelerinin belirlenmesi yapılmalıdır.
- Uygun bir değerlendirme matrisi oluşturulmalıdır.
- Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sağlayabileceği yararların analizi yapılmalı ve en ideal olan yöntem seçilmelidir.
- Uygun olduğu düşünülüp seçilen yöntem uygulamaya konulmalıdır.
- Yapılan seçimin problemin ihtiyaçlarını karşıladığı kanıtlanmalıdır.
- Karar vericilerin tamamı tarafından alınan kararlar belirlenmeli ve çalışmaya katılan süreci takip eden tüm karar vericilerin ortak sorumluluğu olduğu belirtilmelidir.

3.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminde Kullanılan Kavramlar

Problemlerin çözümünde çok kriterli karar vermede kullanılan temel kavramlar aşağıda belirtilmiştir (Kuruözüm, 1998).

Amaç (Objective): Hareket edilmek istenen yön veya varılmak istenen sonuç olarak ifade edilmektedir. Başka bir deyişle karar vericilerin istekleri doğrultusunda maksimize ya da minimize edilmek istenen özelliklere denilmektedir.

Hedef (Goal-Target): Erişilmek istenilen bir düzey, başarılan veya başarılmayan talep seviyesi olarak ifade edilmektedir.

Kriter (Criterion): Problem için oluşturulan değerlendirmenin temelini belirtmektedir. Performans etkinliğinin bir derecesi olarak tanımlanabilir.

Nitelik (Attribute): Bir kararın hangi düzeyde gerçekleştiğinin değerlendirilmesine yarayan bir ölçüdür. Karar vericinin isteklerinden ve ihtiyaçlarından bağımsız olarak kabul edilir.

Karar Değişkeni (Decision Variable): Karar verici tarafından verilen özel kararlar olarak tanımlanabilir.

Kısıt (Constraint): Problemin çözümüne ulaşmak için edinilen amacı etkileyen varsayımları ve iç ve dış çevresel faktörlerin tümü olarak tanımlanabilir.

Karar Matrisi: Birçok kriterli karar verme problemi matris formatında gösterilebilmektedir. “A” karar matrisi $m \times n$ boyutlu bir matristir.

3.3. AHP

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), çok kriterli karar verme sistemlerinde en uygun alternatif seçiminin yapılmasıdır. İlk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından ortaya konulmuş ve 1977’de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilmiştir. Daha sonra karar verme problemlerinin çözümünde uygulanabilir hale getirilmiştir. AHP, karar verme hiyerarşisinde kullanılan, kararı etkileyen kısıtlar ve kriterler açısından karar noktalarının yüzdelerini veren bir karar verme ve tahmin etme yöntemi olarak açıklanabilir. Alternatifler arasından seçim yapılırken

belirlenen kriterlerin önem derecelerine göre ağırlıklandırma verilerek önem sırasına koyduğumuz özelliklere uygun bir alternatifin seçilmesi sağlanır. AHP karar hiyerarşisinde, daha önceden tanımlanmış bir karşılaştırma yapılarak hem kararı etkileyen faktörler ve hem de bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerlerinin, birebir karşılaştırılmasına dayalıdır. Sonuç olarak kriterlerin önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde olarak dağılmaktadır.

AHP karar verme sisteminde işletme için zarar, müşteri açısından değeri olmayan, müşterinin üreticiye ekstra bedel olarak ödemeyi kabul etmediği her işlem ve süreçtir. Bütün ürün ve hizmet üretme sürecindeki zararların yok edilmesi, nakit artışının sağlanması, müşteri memnuniyetinin artırılması, en kısa zamanda en uygun ve en kaliteli ürünün üretilmesi hedeflenmektedir. AHP, işletmeler arasındaki rekabet ortamında minimum maliyetli, maksimum karlı ve güvenilir, yüksek kaliteli ürün üretmeyi amaçlayan çok kriterli karar verme metodudur.

AHP' nin en önemli özelliği problem çözmede karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar verme sürecine dâhil edebilmesidir. Diğer bir deyişle AHP, bilginin, tecrübenin, karar vericinin düşüncelerinin ve sezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği ver sentezlendiği bir yöntemdir (Triantaphyllou ve Mann, 1995). AHP, karmaşık ve belirsiz karar problemlerini basitleştiren ve sadeleştiren bir sürece sahiptir ve karar verici veya vericilerin karar probleminin tanımı ve unsurlarına ilişkin verileri ve bilgileri kolayca anlamalarını sağlamaktadır. Grup kararları almada kullanımı uygun bir yöntemdir (Tüzemen ve Ark., 2007).

AHP' nin genel olarak belirlenmiş özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Vahapoğlu, 2008);

- AHP, en doğru ve en uygun kararların verilebilmesi için probleme ilişkin tüm kriterlerin dikkate alınmasını sağlayan bir karar verme tekniğidir.
- AHP, karar verilecek konuyu etkileyen tüm unsurların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Problemi oluşturan her unsur bütünün bir parçası olarak kabul edilir.

- Bu metot, nicel ölçütlerle birlikte kararı etkileyen nitel ölçütlerin değerlendirilmesine de imkân sağlamaktadır.
- AHP; problemi, karmaşıklıktan ve düzensizlikten kurtarılmış seviyeler arası ilişkileri açıkça ortaya koyan bir bütündür.
- AHP’ de karar veren kişi birden fazla alternatif arasından seçim yapmak zorundadır. Bu karar verme metodunda alternatif karar seçenekleri önceden belirlenmekte ve sonuçta problemin karara vardırılması için karar vericiye birden çok seçenek sunulmaktadır.
- AHP’ nin kullanımı maliyetli değildir.
- Kullanımının rahat olması, bilgisayar destekli olması ve karmaşık problemleri basite indirgeyen teknik yaklaşımıyla kolay ve güvenilir bir yöntem olarak kabul edilebilir. Analitik Hiyerarşi Prosesi üç temel ilkeye dayandırılmaktadır. İlkeler sırasıyla; ayrıştırma, karşılaştırmalı değerlendirmeler ve önceliklerin sentezinin yapılması ilkeleridir (Saaty, 1986).

Ayrıştırma ilkesi, hiyerarşinin yapılandırılması sürecini tanımlamaktadır. Bu süreci yapmanın en etkili yolu, üst seviyedeki kriterlerden alt seviyedeki kriterlere doğru yol kat edilmesidir. Daha sonra üçüncü seviyedeki alt kriterlere gidilir ve süreç böyle devam etmektedir. Böylelikle daha genel olandan daha özel olana doğru gidilmektedir. Daha sonra alt seviye için alternatifler ve bunların karşılaştırılacakları bir üst seviyedeki özellikler belirlenmektedir. Ayrıştırma seviyeleri ölçümün temel seviyelerini oluşturmakta ve birbirlerinden farklı olmamaları gerekmektedir.

Karşılaştırma ilkesi ise, ikinci seviyedeki öğelerin, birinci seviyede bulunan genel amaç karşısındaki göreceli önemlerinin ikili karşılaştırmasını yapmak için bir matrisin oluşturulmasını içermektedir. Daha sonraki aşamada önceliklerin sentez edilmesi ilkesi uygulanmaktadır. Hiyerarşinin en alt seviyesinden elde edilen

önceliklerden hareket edilerek bütündeki ya da hiyerarşideki en üst seviyede yer alan genel kriterler için öncelik belirlenmektedir.

Bir karar verme probleminin AHP ile çözüme kavuşturulması için gerçekleştirilmesi gereken adımlar aşağıda tanımlanmıştır. Her bir adımda, yapılması gereken işlemlerin formülasyonları ile birlikte açıklamaları yapılmıştır:

ADIM 1: Karar verme problemi açıklamalı bir şekilde tanımlanır.

Karar verme probleminin tanımlanması, iki adımdan oluşturulur. Birinci adımda karar noktaları saptanır. Başka bir deyişle “Verilecek karar kaç sonuç üzerinden değerlendirilecektir?” sorusuna yanıt aranır. İkinci adımda ise karar noktalarına etki eden faktörler belirlenir. Verilen çalışmada karar noktalarının sayısı m, karar noktalarına etki eden faktörlerin sayısı ise n ile tanımlanmıştır. Özellikle sonucu etkileyecek olan faktörlerin sayısının doğru olarak belirlenmesi ve her bir faktörün detaylı bir şekilde tanımlamalarının yapılması, ikili karşılaştırmaların mantığa uygun ve tutarlı yapılabilmesi açısından önemlidir.

ADIM 2: Karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Faktörler arasında yapılan karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matristen ibarettir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini almaktadır. Karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibidir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, (faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır.) 1 değerini almaktadır ($i = j$ olduğunda). Faktörlerin karşılaştırılması işlemi, birbirlerine göre sahip oldukları önem derecelerine göre karşılıklı ve birebir yapılır. Faktörlerin birebir karşılıklı karşılaştırılması işleminde aşağıdaki çizelgedeki önem skalası kullanılır.

Çizelge 3.1. Önem Skalası (Dağdeviren ve Ark., 2004)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre göre çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre göre mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2.4.6.8	Ara değerler

ADIM 3: Faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenmektedir.

Karşılaştırma matrisi, faktörlerin birbirlerine göre önem derecelerini belirli bir mantık içerisinde göstermektedir. Fakat bu faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, başka bir deyişle yüzde olarak önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılmakta ve n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulmaktadır.

Aşağıda bu vektör belirtilmiştir:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

B sütun vektörlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

Detaylı bir şekilde anlatılan adımlar diğer değerlendirme faktörleri için de aynı şekilde tekrarlandığında faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilmektedir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiği takdirde ise aşağıda gösterilen C matrisi oluşturulmaktadır:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilmektedir. Bunun için aşağıdaki formülde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınmaktadır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilmektedir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n}$$

W vektörü aşağıda gösterilmektedir:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

ADIM 4: Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık ölçülür.

Sonuçların gerçekçiliği, AHP kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematığe sahip olsa da, karar verenin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHP, bahsedilen karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Elde edilen tutarlılık oranı (CR), bulunan öncelik vektörünün ve faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığının test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır. AHP, CR hesaplamasını, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır. λ ' nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki formülde tanımlandığı üzere, D sütunu vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı olarak elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilmektedir. Bulunan bu değerlerin aritmetik ortalaması (λ) temel değeri vermektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

λ hesaplanma işleminden sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Son aşamada ise CI, Random Gösterge (RI) olarak adlandırılan ve aşağıdaki tabloda gösterilen standart düzeltme değerine bölünmesiyle CR elde edilir. Çizelgeden faktör sayısına karşılık gelen değer seçilmektedir. Örneğin 3 faktörlü bir karşılaştırmada kullanılacak RI değeri çizelgeden bakılacağı üzere 0.58 olacaktır.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Çizelge 3.2. RI Değerleri (Ünlü, 2014)

N (Faktör Sayısı)	RI (Random Gösterge)	N (Faktör Sayısı)	RI (Random Gösterge)
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

Karşılaştırmaların tutarlı olduğunu CR (Elde Edilen Tutarlılık Oranı) değerinin 0.10 sayısından küçük olması göstermektedir. 0.10' dan büyük olan CR değerleri iki sonucu doğurur. Birincisi, AHP' deki bir hesaplama hatası ikincisi de karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını göstermektedir.

ADIM 5: Her bir faktör için, m karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur.

Adım 5'te yukarıda anlatılan şekilde fakat bu kez, her bir faktör açısından karar noktalarının yüzde önem dağılımları belirlenmektedir. Başka bir ifadeyle birebir karşılaştırmalar ve matris işlemleri faktör sayısı kadar (n kez) tekrarlanmaktadır. Fakat bu kez her bir faktör için karar noktalarında kullanılacak G karşılaştırma matrislerinin boyutu $m \times m$ olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminden sonra boyutlu ve değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilmektedir. Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

ADIM 6: Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması

Adım 6'da öncelikle, yukarıda anlatılan n tane $m \times 1$ boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve $m \times n$ boyutlu K karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisi aşağıda tanımlanmıştır:

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}$$

Sonuçta karar matrisi W sütun vektörü (öncelik vektörü) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1'dir. Bu dağılım aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da göstermektedir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix}$$

3.4. TOPSIS

TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Bahsi geçen yöntem, Chen ve Hwang (1992) tarafından ortaya konulmuştur. Bu yöntem kullanılarak alternatif seçeneklerin belirli kriterler ve kısıtlar doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında mevcut duruma göre karşılaştırılması gerekmektedir. Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığını temel alan bir prensiptir. Baştaki adımları ortaktır. Aşağıda TOPSIS yöntemine ait adımlar anlatılmıştır:

ADIM 1: Karar matrisinin (A) oluşturulması

Karar matrisinin satırları üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktalarını, sütunları ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörlerini içerir. A matrisi karar veren tarafından oluşturulur. Başlangıç matrisi olarak tanımlanır. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde n değerlendirme faktörü sayısını ve m sayısı da karar noktası sayısının miktarını belirtir.

ADIM 2: R standart karar matrisinin elde edilmesi

Standart karar matrisinin hesaplanması; A matrisinin elemanları yardımıyla ve aşağıda belirtilen formülün kullanılması yardımıyla yapılmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}$$

R (standart karar matrisi) ise aşağıdaki belirtildiği gibi oluşturulmaktadır.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

ADIM 3: V Ağırlıklı standart karar matrisinin elde edilmesi

Öncelikli olarak değerlendirme faktörlerine karşılık gelen ağırlık değerleri (w_i) oluşturulmaktadır ve sonraki aşamada standart karar matrisinin sütunundaki verilerin ilgili w_i değeri ile çarpılmasıyla V matrisine ulaşılır. Ağırlıklı standart karar matrisi aşağıda belirtildiği gibidir:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

ADIM 4: İdeal () ve negatif ideal () çözümlerin oluşturulması

TOPSIS yönteminde her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsayılır.

Ağırlıklandırılmış normalize matris (V matrisi) elde edildikten sonra çözümün ideal olabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilmektedir. Bu maksimum değerler ideal çözüm değerlerimizdir. Daha sonra her bir sütuna ait minimum değerler elde edilir. Bunlar da negatif ideal çözüm değerlerimizdir. Eğer amacımız minimizasyon ise elde edilen değerler tam tersi olacaktır. İdeal çözüm değerlerinin elde edilmesi aşağıdaki formül ile gösterilmiştir:

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}$$

formülünden hesaplanacak değerler $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm değerlerinin bulunması da aşağıdaki formülde belirtilmiştir:

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}$$

formülünden hesaplanacak değerler $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini belirtmektedir. İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri, değerlendirme faktörü sayısı (m) kadar elemandan oluşmaktadır.

ADIM 5: Ayırım ölçülerinin hesaplanması

TOPSIS yönteminden ideal olan ve ideal olmayan noktalara olan mesafenin değeri bulunurken Euclidian (Öklidyen) uzaklık yaklaşımından yararlanılmaktadır. Daha sonra elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım ve negatif ideal ayırım ölçülerinin hesaplanmasını gösteren formüller aşağıda belirtilmiştir.

$$\text{İdeal Ayırım: } S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$\text{Negatif İdeal Ayırım: } S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Hesaplanan değerler karar noktası sayısı kadardır.

ADIM 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal olan ve olmayan noktalara olan mesafelerden faydalanılır. Kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payını göstermektedir. İdeal çözüme göreli yakınlık değerini gösteren formül aşağıda verilmiştir:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

Burada (C_i^*) değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözümü, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözümü mutlak yakınlığını göstermektedir.

3.5. Bulanık TOPSIS

Etkin bir depo yerleşimi için, uygun kriterlerin ve bu kriterler baz alınarak malzemelerin en uygun depo yerleşimi değerlendirilerek, kriterleri en uygun olan adayın tespit edilmesi gerekmektedir. Fakat bazı durumlarda alternatifler arasında değerlendirme yapılırken sayısal değerler yetersiz kalabilmektedir. Başka bir deyişle orta, biraz, daha iyi gibi dilsel ifadeleri ve bu gibi değerlendirmeleri anlamlı hale getiren Bulanık TOPSIS modelinden yararlanılabilir. Bahsi geçen modelde karar kriterlerinin ve alternatiflerin değerlendirilmesi dilsel ifadelerle yapılmaktadır. Değerlendirmelerin yapılması üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek sayısallaştırma işlemi yapıldıktan sonra bulanık karar ve ağırlıklar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi ile elde edilir. Daha sonraki aşamada bulanık negatif ve bulanık pozitif ideal çözüm bulunduktan sonra alternatiflerin yakınlık katsayıları elde edilir ve alternatiflerin en iyiden en kötüye sıralama işlemi yapılır.

3.5.1. Bulanık Küme Teorisi

Kesinlik içermeyen, sayısal verilerle ifade edilemeyen verileri ortaya çıkarmak için kullanılan dilsel ifadeleri belirten bulanık küme teorisini Zadeh ortaya koymuştur. Günlük yaşamda karşılaşılan kesinlik yaklaşımıyla modellenemeyen birçok belirsizlik bulanık kümeler teorisiyle modellenebilir. İnsanların özel algılarıyla ilgili dilsel belirsizliği matematikse modelleme işlemine Bulanık Küme

Teorisi dönüştürür. Modelleme işlem kolaylığı sağlaması açısından en çok kullanılan “n” (n_1, n_2, n_3) şeklinde ifade edilen üçgen bulanık sayı türüdür. m ve n pozitif bulanık sayılar, r pozitif bir reel sayı, m_1^a ve n_1^a kapalı aralığın üst sınırı olmak üzere iki bulanık sayının a kesimleri sırasıyla $m^a = [m_1^a, m_u^a]$, $n^a = [n_1^a, n_u^a]$ olsun. Üçgen bulanık sayılarla yapılan temel işlemler şöyle özetlenebilir (Chen, 2000):

$$(m(+)n)^a = [m_1^a + n_1^a, m_u^a + n_u^a] \quad (3.4.1.1)$$

$$(m(-)n)^a = [m_1^a - n_u^a, m_u^a - n_1^a] \quad (3.4.1.2)$$

$$(m(.)r)^a = [m_1^a \cdot r, m_u^a \cdot r] \quad (3.4.1.3)$$

Verteks yöntemi, bulanık sayılar arasındaki uzaklığın bulunmasında yararlanılan bir yöntemdir.

$m = (m_1, m_2, m_3)$ ve $n = (n_1, n_2, n_3)$ gibi iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık verteks yöntemiyle şöyle hesaplanır (Chen, 2000):

$$d(m, n) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (3.4.1.4)$$

3.5.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

Çok kriterli karar verme problemlerinde en çok rastlanılan yöntemlerden birisi ilk kez 1981 yılında önerilen TOPSIS yöntemidir. (Hwang ve ark., 1981) Bir doğrusal ağırlıklandırma tekniği olarak değerlendirilen TOPSIS yönteminin en önemli özelliği, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan en uygun alternatifi seçilmesidir. Mesafelerin iki yönlü olması maksimize ve minimize edilecek durumların göz önünde bulundurulmasını sağlar ve buna uygun olarak en iyi alternatifi seçimi yapılır (Özdemir, 2009).

Gerçek hayatta insanlar pek çok durumda karşılaştırma ve değerlendirme yaparken sayısal değerlerin yetersiz kaldığını görür ve belirsizlik içeren durumlar

meydana gelebilir. Bu sebeple TOPSIS yöntemi bulanık verilerle sonuca ulaşabilecek şekilde geliştirilmiştir (Jahanshahloo ve ark., 2006). Bulanık TOPSIS yöntemi belirlenen kriterlere göre belirsizlik içerisinde alternatifleri değerlendirip alternatiflerin sıralanmasına ve en uygun ve doğru seçimin yapılmasını sağlayan yöntemdir. Bulanık TOPSIS yöntemine ait adımlar aşağıda belirtildiği gibidir;

Adım 1: Bu yöntemin ilk adımında yaptığı işte uzman olan karar vericilerin (KV) olduğu bir grup oluşturulur. Karar vericilerin oluşturulmasının ardından hedeflenen kriterler $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ ve kriterlerin belirlenmesinden sonra ise alternatifler $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ belirlenmesi işlemi yapılır. Var olan alternatiflerin, oluşturulan kriterler için değerlendirilmesi ve belirlenen kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması dilsel ifadeler kullanılarak yapılır. Oluşturulan gruptaki karar vericiler, değerlendirme işlemini bu dilsel ifadeler yardımıyla yaparlar. Bu dilsel ifadeler, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Dilsel İfadeler (Ecer, 2008)

Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1, 1)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Orta (E)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Düşük (BD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Çok düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1)

Çizelge 3.4. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler (Ecer, 2008)

(Çİ) Çok İyi	(9, 10, 10)
(İ) İyi	(7, 9, 10)
(Bİ) Biraz İyi	(5, 7, 9)
(E) Orta	(3, 5, 7)
(BK) Biraz Kötü	(1, 3, 5)
(K) Kötü	(0, 1, 3)
(ÇK) Çok Kötü	(0, 0, 1)

Adım 2: Dilsel ifadeler yardımıyla yapılan değerlendirmeler Çizelge 3.3'te karşılığı verilen bulanık sayılara dönüştürülür. Karar vericinin K tane olduğu bir grupta, kriterlerin önemi ($\widetilde{W}_j$) her alternatifin değerlendirmesi ($\widetilde{X}_{ij}$) aşağıda verilen denklemler yardımıyla hesaplanır:

$$\widetilde{W}_j = \frac{1}{K} [\widetilde{W}_j^1(+) \widetilde{W}_j^2(+) \dots (+) \widetilde{W}_j^K] \quad (3.4.2.1)$$

$$\widetilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\widetilde{X}_{ij}^1(+) \widetilde{X}_{ij}^2(+) \dots (+) \widetilde{X}_{ij}^K] \quad (3.4.2.2)$$

Adım 3: Tüm alternatif ve kriterlerden oluşan bir bulanık çok kriterli karar verme problem matrisi ($\widetilde{D}$) aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\widetilde{D} = \begin{bmatrix} \widetilde{X}_{11} & \widetilde{X}_{12} & \dots & \widetilde{X}_{1n} \\ \widetilde{X}_{12} & \widetilde{X}_{22} & \dots & \widetilde{X}_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \widetilde{X}_{m1} & \widetilde{X}_{m2} & \dots & \widetilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.4.2.3)$$

$\widetilde{X}_{ij}$ ve $\widetilde{W}_j$ dilsel ifadeleri üçgen bulanık sayılarla $\widetilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\widetilde{W}_j = (\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \widetilde{w}_3)$ olarak tanımlanır.

Adım 4: Bulanık karar matrisi normalize edilir ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\widetilde{R}$ ile gösterilerek aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\widetilde{R} = [\widetilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (3.4.2.4)$$

B ve C harfleri, yarar ve zarar kriterleri olmak üzere,

$$\widetilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B; \quad (3.4.2.5)$$

$$\widetilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_j}, \frac{a_j^-}{b_j}, \frac{a_j^-}{a_j} \right), \quad j \in C; \quad (3.4.2.6)$$

$$j \in B \text{ ise } c_{ij}^* = \max_i c_{ij} \quad (3.4.2.7)$$

$$j \in C \text{ ise } a_{ij}^- = \min_i a_{ij} \quad (3.4.2.8)$$

Bahsi geçen normalizasyon metodu, niteliğini $[0,1]$ aralında normalize edilmiş üçgen bulanık sayılar için göstermektedir.

Adım 5: Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulduktan sonra ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi aşağıda verilen denklemler yardımıyla hesaplanır:

$$\widetilde{V} = [\widetilde{V}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4.2.9)$$

$$\widetilde{V}_{ij} = r_{ij}(x) \widetilde{W}_j \quad (3.4.2.10)$$

Adım 6: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre, elemanlar $\widetilde{V}_{ij}$, $(\forall i, j)$ normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılar ve bunlar $[0,1]$ kapalı aralığında olmaktadır. Bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (FPIS, A^-) şu şekilde tanımlanır:

$$A^* = (\widetilde{v}_1^*, \widetilde{v}_2^*, \dots, \widetilde{v}_n^*) \quad (3.4.2.11)$$

$$A^- = (\widetilde{v}_1^-, \widetilde{v}_2^-, \dots, \widetilde{v}_n^-) \quad (3.4.2.12)$$

Burada $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere $\widetilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ ve $\widetilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak dikkate alınır.

Adım 7: Her bir alternatifin (A^*) ve (A^-) uzaklıkları d_i^* ve d_i^- aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v (\tilde{v}_j, \tilde{v}_j^*) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.4.2.13)$$

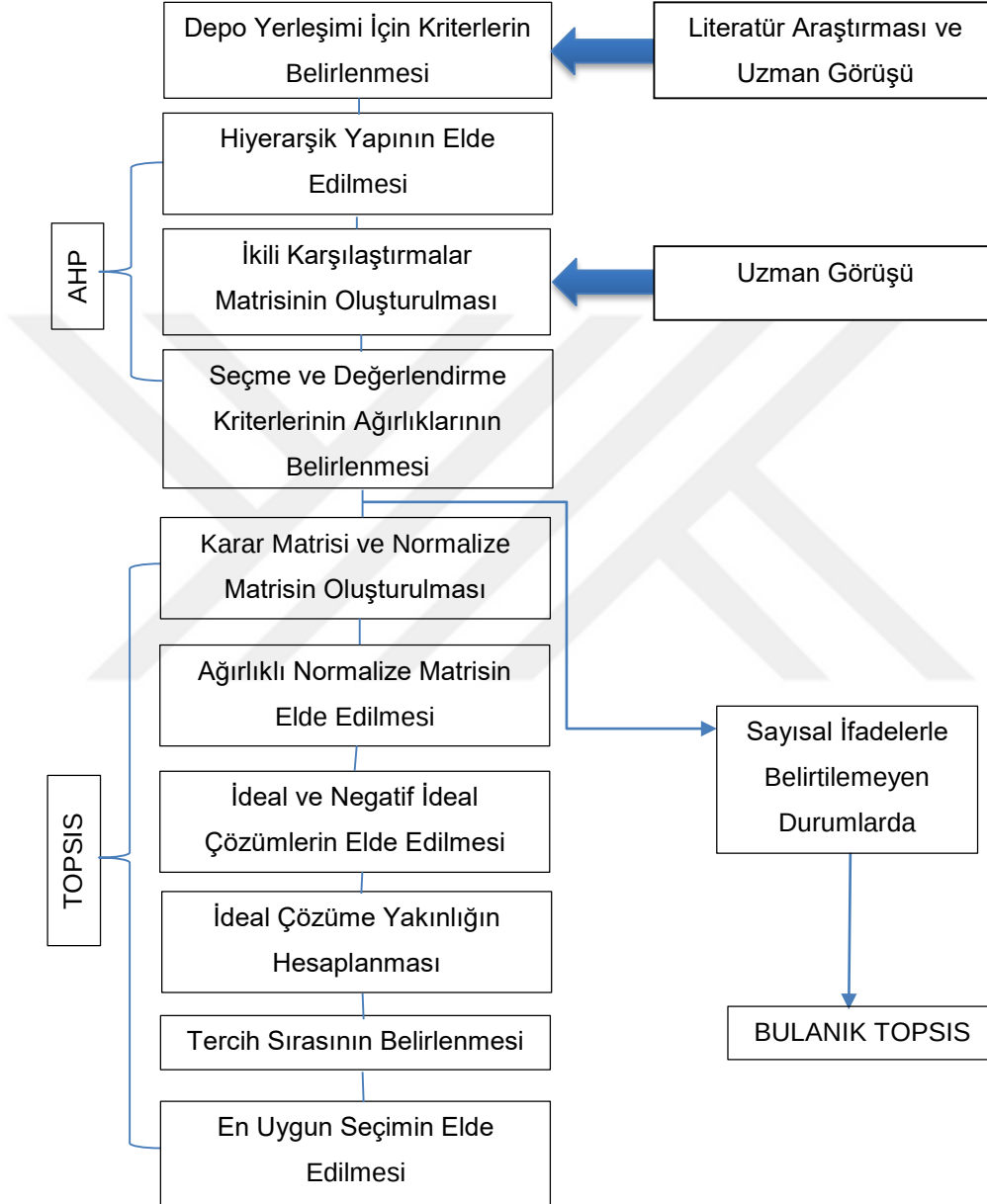
$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v (\tilde{v}_j, \tilde{v}_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.4.2.14)$$

Adım 8: uzaklıklar belirlendikten sonra alternatifler arasında sıralama yapabilmek için her bir alternatife ait yakınlık katsayıları aşağıda verilen formül ile bulunur:

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.4.2.15)$$

Yakınlık katsayıları hesaplandıktan sonra, alternatiflerin sıralaması yapılır ve en uygun alternatif belirlenir.

3.6. Çalışmanın Metodolojisi



Şekil 3.1. AHP-TOPSIS Bütünleşik Yapısının Oluşturulması (Karaağaçlı, 2014)

Çalışmanın metodolojisinden detaylı bahsedecek olursak; literatür araştırması ve uzman görüşü yardımıyla depo yerleşimi için kriterler belirlenir. Hiyerarşik yapı elde edilir. Uzman görüşü desteğiyle ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur ve seçme ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırmaları hesaplanır. Daha sonra karar matrisi ve normalize matris oluşturulur. Ağırlıklı normalize matris elde edilir. İdeal ve negatif ideal çözümlerin elde edilmesi sağlanır. İdeal çözüme yakınlığın hesaplaması yapılır, tercih sırası belirlenir ve en uygun seçim elde edilir. Sayısal ifadelerle belirtilemeyen düşünceler sözel ifadelerle belirtilir ve üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. Üçgen bulanık sayılarla bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir alternatifin FPIS ve FNIS' ten uzaklıkları hesaplanır ve her bir alternatife ait yakınlık katsayıları bulunur. Yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralandığında en büyük katsayıya sahip aday en iyi alternatif olarak belirlenir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. AHP

4.1.1. AHP Kriterler Arası Ağırlıklandırma

Kriterler belirlenirken işletmede satın alma ve ambarda etkin rolü olan satın alma müdürü ve ambar müdürü baz alınmıştır ve bilgiler elde edilmiştir. Üretim sürecinin hızlı ve verimli olması, müşteriye teslimatın zamanında yapılabilmesi ve kar edilebilmesi amacıyla üretimin gereksinimi olan malzemeleri öncelikli olarak hızlı bir şekilde deponun üretime sevk edebilmesi için kullanım önceliği (sık kullanılabilirlik, üretim biriminin gereksinimi) kriteri önemli bir yere sahiptir.

Firmanın piyasada devamlılığı, önemli bir yere sahip olması ve kar edebilmesi için maliyetin düşürülmesi gerekmektedir. Bu yüzden taşıma maliyetleri ikinci dereceden öneme sahiptir. Ek olarak maliyet konusu içinde yer alabilecek taşıma verimlilikleri (forklift, personel) de üçüncü dereceden öneme sahiptir. Malzemelerin zamanında üretim montaj hattına teslim edilebilmesi için kolay taşınabilirlik maddesi de dördüncü dereceden önemli kriterdir. İşletmenin deposu için malzemenin büyüklüğü diğer kriterlerden daha az bir öneme sahiptir.

Çizelge 4.1. Kriter Ağırlık Tablosu

Kriter Ağırlık Tablosu	KÖ	TM	TV	KT	B
Kullanım Önceliği (KÖ)	1	5	7	9	7
Taşıma Maliyetleri (TM)	0,20	1	1	1	3
Taşıma Verimlilikleri (TV)	0,14	1	1	5	3
Kolay Taşınabilirlik (KT)	0,11	1	0,2	1	1
Büyüklik (Kapladığı Alan) (B)	0,14	0,33	0,33	1	1

Kriter ağırlık tablosunda tutarlılık oranı 0,0777269 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1' de kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenmiştir.

4.1.2. Alternatifler Arası Kriterin Karşılaştırılması

Belirlenen 5 kriterin 5 alternatif için önem dereceleri çizelgelerdeki gibi belirlenmiştir. Yapılan matriste her bir satırdaki bütün sütun değerler toplanıp matrisin alt kısmına yazılır.

Çizelge 4.2. Kullanım Önceliği İçin Alternatif Karşılaştırılma

Kullanım Önceliği	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5
Alternatif 1 (Montaj Malzemeleri)	1,00	9,00	7,00	5,00	3,00
Alternatif 2 (Sarf Malzemeleri)	0,11	1,00	0,77	0,55	0,33
Alternatif 3 (Hardware Malzemeleri)	0,14	1,30	1,00	0,70	0,42
Alternatif 4 (Araç Bazlı Malzemeleri)	0,20	1,82	1,43	1,00	0,60
Alternatif 5 (İstasyon Malzemeleri)	0,33	3,03	2,38	1,67	1,00
TOPLAM	1,79	16,15	12,58	8,92	5,35

Çizelge 4.2’ de kullanım önceliği tablosunun alternatiflere göre karşılaştırılması işlemi yapılmıştır. Tutarlılık oranı 0,00002 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Taşıma Maliyetleri İçin Alternatif Karşılaştırılma(TO=0,00002)

Taşıma Maliyetleri	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5
Altern. 1	1,00	3,00	7,00	9,00	5,00
Altern. 2	0,33	1,00	2,31	2,97	1,65
Altern. 3	0,14	0,43	1,00	1,26	0,70
Altern. 4	0,11	0,34	0,79	1,00	0,55
Altern. 5	0,20	0,61	1,43	1,82	1,00
TOPLAM	1,79	5,38	12,53	16,05	8,90

Çizelge 4.3’ te taşıma maliyetleri tablosunun alternatiflere göre karşılaştırılması işlemi yapılmıştır. Tutarlılık oranı 0,00002 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Taşıma Verimlilikleri İçin Alternatif Karşılaştırılma

Taşıma Verimlilikleri (Forklift, Personel)	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5
Altern. 1	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
Altern. 2	0,33	1,00	2,31	0,99	0,33
Altern. 3	0,14	0,43	1,00	0,42	0,14
Altern. 4	0,33	1,01	2,38	1,00	0,33
Altern. 5	1,00	3,03	7,14	3,03	1,00
TOPLAM	2,81	8,47	19,83	8,44	2,80

Çizelge 4.4’ te taşıma verimlilikleri tablosunun alternatiflere göre karşılaştırılması işlemi yapılmıştır. Tutarlılık oranı 0,00002 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Kolay Taşınabilirlik İçin Alternatif Karşılaştırılma

Kolay Taşınabilirlik	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5
Altern. 1	1,00	0,33	0,20	1,00	1,00
Altern. 2	3,03	1,00	0,60	3,00	3,00
Altern. 3	5,00	1,67	1,00	5,00	5,00
Altern. 4	1,00	0,33	0,20	1,00	1,00
Altern. 5	1,00	0,33	0,20	1,00	1,00
TOPLAM	11,03	3,66	2,20	11,00	11,00

Çizelge 4.5’ te kolay taşınabilirlik tablosunun alternatiflere göre karşılaştırılması işlemi yapılmıştır. Tutarlılık oranı 0,00003 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Büyüklük (Kapladığı Alan) İçin Alternatif Karşılaştırılma

Büyüklük (Kapladığı Alan)	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5
Altern. 1	1,00	9,00	3,00	1,00	1,00
Altern. 2	0,11	1,00	0,33	0,11	0,11
Altern. 3	0,33	3,03	1,00	1,00	1,00
Altern. 4	1,00	9,09	1,00	1,00	1,00
Altern. 5	1,00	9,09	1,00	1,00	1,00
TOPLAM	3,44	31,21	6,33	4,11	4,11

Çizelge 4.6' da büyüklük (kapladığı alan) kolay tablosunun alternatiflere göre karşılaştırılması işlemi yapılmıştır. Tutarlılık oranı 0,044287 olarak belirlenmiştir.

4.1.3. AHP Alternatiflerin Ortalaması

İkinci aşamada bulunan toplam değerler sütundaki değerlere tek tek bölünür. Bulunan sonuçların sütunlarının toplamı 1 olmak zorundadır. Ayrıca üçüncü aşamada satırdaki değerler toplanır ve ortalamaları alınır. Satır ortalamalarının toplamı 1 olmalıdır.

Çizelge 4.7. Kullanım Önceliği İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları

Kullanım Önceliği	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5	Satır Ort.
Altern. 1	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Altern. 2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Altern. 3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Altern. 4	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Altern. 5	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.7’ de kullanım önceliği için satır ortalaması ve alternatif ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8. Taşıma Maliyetleri İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları

Taşıma Maliyetleri	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5	Satır Ort.
Altern. 1	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Altern. 2	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19	0,19
Altern. 3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Altern. 4	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Altern. 5	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.8’ de taşıma maliyetleri için satır ortalaması ve alternatif ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.9. Taşıma Verimlilikleri İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları

Taşıma Verimlilikleri	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5	Satır Ort.
Altern. 1	0,36	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36
Altern. 2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Altern. 3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Altern. 4	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Altern. 5	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.9’ da taşıma verimlilikleri için satır ortalaması ve alternatif ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.10. Kolay Taşınabilirlik İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları

Kolay Taşınabilirlik	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5	Satır Ort.
Altern. 1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Altern. 2	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Altern. 3	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Altern. 4	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Altern. 5	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.10’ da kolay taşınabilirlik için satır ortalaması ve alternatif ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11. Büyüklük İçin Satır Ortalaması ve Alternatif Ağırlıkları

Büyüklük (Kaplادی Alan)	Altern. 1	Altern. 2	Altern. 3	Altern. 4	Altern. 5	Satır Ort.
Altern. 1	0,29	0,29	0,47	0,24	0,24	0,31
Altern. 2	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03
Altern. 3	0,10	0,10	0,16	0,24	0,24	0,17
Altern. 4	0,29	0,29	0,16	0,24	0,24	0,25
Altern. 5	0,29	0,29	0,16	0,24	0,24	0,25
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.11’ de büyüklük için satır ortalaması ve alternatif ağırlıkları hesaplanmıştır.

4.1.4. AHP Kriterlerin Ortalaması

Birinci aşamada belirlenen kriterler çizelgesinin sütunlarının toplamı bulunur. 4.1.2 aşamasında yapılan işlemlerin aynısı yapılır ancak farklı olarak alternatifler yerine kriterler için uygulanır. Toplamları alındıktan sonra bulunan sonuçlar yan yana yazılarak çizelgeye eklenir. Çizelge 4.12’ de kriter ağırlık toplama işlemleri yapılmıştır.

Çizelge 4.12. Kriter Ağırlık Toplama

Kriter Ağırlık Toplama	KÖ	TM	TV	KT	B
KÖ	1	5	7	9	7
TM	0,20	1	1	1	3
TV	0,14	1	1	5	3
KT	0,11	1	0,2	1	1
B	0,14	0,33	0,33	1	1
TOPLAM	1,60	8,33	9,53	17,00	15,00

Çizelge 4.13. Kriter Ağırlık Toplam ve Satır Ortalama

	KÖ	TM	TV	KT	B	Satır Ort.
KÖ	0,63	0,60	0,73	0,53	0,47	0,59
TM	0,13	0,12	0,10	0,06	0,20	0,12
TV	0,09	0,12	0,10	0,29	0,20	0,16
KT	0,07	0,12	0,02	0,06	0,07	0,07
B	0,09	0,04	0,03	0,06	0,07	0,06
TOPLAM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Genel toplamda bulunan değerler sütundaki değerlere tek tek bölünür. Satırlar toplanarak satırların ortalaması alınır. Her iki işlem sonucunda da bütün

değerlerin toplamı 1 olmalıdır. Çizelge 4.13’ te kriter ağırlık toplama işlemlerinin satır ortalaması hesaplamaları yapılmıştır.

4.1.5. AHP Ağırlıklı Ortalama Hesabı

Bütün işlemler yapıldıktan sonra alternatiflerin satırları tek tek toplanır. Elde edilen sonuç yüzdelik hesap dilimiyle hesaplanır. En yüksek değer en uygun alternatif olacaktır. Çizelge 4.14’ te kriter ağırlıkların toplamıyla satır ortalamaları çarpılarak alternatiflerin ağırlıkları çizelge 4.15’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Kriter Ağırlık Toplam ve Satır Ortalama

AĞIRLIKLI ORTALAMA HESABI						Kriterler	Satır Ort.
Alternatifler/ Kriterler	KÖ	TM	TV	KT	B		
Altern. 1	0,56	0,56	0,36	0,09	0,31	KÖ	0,59
Altern. 2	0,06	0,19	0,12	0,27	0,03	TM	0,12
Altern. 3	0,08	0,08	0,05	0,45	0,17	TV	0,16
Altern. 4	0,11	0,06	0,12	0,09	0,25	KT	0,07
Altern. 5	0,19	0,11	0,36	0,09	0,25	B	0,06

Çizelge 4.15. Alternatiflerin Ağırlıkları

ALTERNATİFLER	YÜZDE HESAP	
Altern. 1 Önemi	0,48	49,22%
Altern. 2 Önemi	0,10	10,72%
Altern. 3 Önemi	0,11	11,02%
Altern. 4 Önemi	0,11	11,38%
Altern. 5 Önemi	0,20	17,64%

AHP yönteminin hesaplamaları sonucunda, alternatifler arasında Analitik Hiyerarşi Prosesi uygulanarak oluşturulan matrisler sonucunda Alternatif 1 (Montaj Malzemeleri) en uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

4.2. TOPSIS

4.2.1. TOPSIS Karar Verme Matrisi Oluşturma

Daha önceden belirlenen alternatiflerle birlikte 5 kriterin, AHP yöntemiyle elde edilen ağırlıklarını TOPSIS' e uygulamak için kriterlerin ağırlıklarının hesaplaması Çizelge 4.16' da belirtilmiştir.

Çizelge 4.16. Alternatif Karar Matrisi

Alternatif Karar Matrisi	KÖ	TM	TV	KT	B
Altern. 1	0,56	0,56	0,36	0,09	0,31
Altern. 2	0,06	0,19	0,12	0,27	0,03
Altern. 3	0,08	0,08	0,05	0,45	0,17
Altern. 4	0,11	0,06	0,12	0,09	0,25
Altern. 5	0,19	0,11	0,36	0,09	0,25

4.2.2. TOPSIS Normalize Matrisin Elde Edilmesi

Her bir alternatif kriterlerinin değerinin kareleri alınır, daha sonra bulunan cevaplar toplanarak karekökleri alınır. Aşağıdaki denklem yardımıyla matris elde edilir.

$$N_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$$

Çizelge 4.17' de kriterlerin kareleri alınarak toplanmıştır.

Çizelge 4.17.Alternatif Tablosu ve Normalizasyon

Alternatif Tablosu ve Normalizasyon	KÖ	TM	TV	KT	B
Altern. 1	0,31	0,31	0,13	0,01	0,09
Altern. 2	0,00	0,03	0,01	0,07	0,00
Altern. 3	0,01	0,01	0,00	0,21	0,03
Altern. 4	0,01	0,00	0,01	0,01	0,06
Altern. 5	0,04	0,01	0,13	0,01	0,06
$\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}$	0,61	0,61	0,53	0,55	0,49

Daha sonraki aşamada 5.satırda bulunan değerler sütundaki toplam değere tek tek bölünür. Çizelge 4.18’ de değerlerinin toplanarak kareköklerinin alındığı görülmektedir.

Çizelge 4.18.Normalize Matris Tablosu

	KÖ	TM	TV	KT	B
Altern. 1	0,92	0,92	0,67	0,16	0,62
Altern. 2	0,10	0,30	0,22	0,49	0,07
Altern. 3	0,13	0,13	0,09	0,82	0,34
Altern. 4	0,18	0,10	0,22	0,16	0,50
Altern. 5	0,31	0,19	0,67	0,16	0,50

4.2.3. TOPSIS Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Elde Edilmesi

AHP' nin 4. Aşamasında elde ettiğimiz ağırlıkların elde ettiğimiz normalize matrisle çarpılmasıyla ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir. Çizelge 4.19'da ağırlıklar ve normalize matris gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Kriter Ağırlığı ve Normalize Matris

Kriter Ağırlığı ve Normalize Matris	KÖ	TM	TV	KT	B
Ağırlıklar	0,59	0,12	0,16	0,07	0,06
Altern. 1	0,92	0,92	0,67	0,16	0,62
Altern. 2	0,10	0,30	0,22	0,49	0,07
Altern. 3	0,13	0,13	0,09	0,82	0,34
Altern. 4	0,18	0,10	0,22	0,16	0,50
Altern. 5	0,31	0,19	0,67	0,16	0,50

Ağırlıklarla alternatiflerin değerleri çarpıldığında çizelge 4.20'deki değerlere ulaşılır.

Çizelge 4.20. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	KÖ	TM	TV	KT	B
Altern. 1	0,54	0,11	0,11	0,01	0,04
Altern. 2	0,06	0,04	0,04	0,03	0,00
Altern. 3	0,08	0,02	0,02	0,06	0,02
Altern. 4	0,11	0,01	0,04	0,01	0,03
Altern. 5	0,18	0,02	0,11	0,01	0,03

4.2.4. TOPSIS İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi

Her bir karar kriter birer fayda unsuru gibi düşünüldüğü için ideal çözüm değerleri hesaplanırken her sütuna ait en yüksek değerler, negatif ideal çözüm değerler bulunurken ise her sütuna ait en düşük değerler göz önünde bulundurulur.

Çizelge 4.21’de en yüksek değer bulunarak ideal çözüme ulaşılmıştır.

Çizelge 4.21.İdeal Çözüm

KÖ	TM	TV	KT	B
0,54	0,11	0,11	0,06	0,04

Negatif çözüm bulunurken ağırlıklandırılmış normalize matriste her bir kriter için en küçük değer alınır. Negatif çözüm değerleri çizelge 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22.Negatif Çözüm

KÖ	TM	TV	KT	B
0,06	0,01	0,02	0,01	0,00

4.2.5. TOPSIS İdeal ve İdeal Olmayan Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Elde Edilmesi

İdeal uzaklığın hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

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

Çizelge 4.23.İdeal Uzaklık Hesabı

	KÖ	TM	TV	KT	B	Toplam	S_i^*
Altern. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Altern. 2	0.23	0.01	0.01	0.00	0.00	0.24	0.49
Altern. 3	0.22	0.01	0.01	0.00	0.00	0.23	0.48
Altern. 4	0.19	0.01	0.01	0.00	0.00	0.20	0.45
Altern. 5	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.14	0.37

Ağırlıklandırılmış normalize matris tablosundaki değerlerden ideal çözüm değerleri çıkarılır, tüm değerler toplanarak karekökleri alınır. Çizelge 4.23' te ideal uzaklık hesabı yapılmıştır.

Çizelge 4.24.Negatif İdeal Uzaklık Hesabı

	KÖ	TM	TV	KT	B	Toplam	S_i^*
Altern. 1	0.23	0.01	0.01	0.00	0.00	0.25	0.50
Altern. 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Altern. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Altern. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Altern. 5	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.16

Ağırlıklandırılmış normalize matris tablosundaki değerlerden negatif ideal çözüm değerleri çıkarılır, tüm değerler toplanarak karekökleri alınır. Çizelge 4.24' te ideal uzaklık hesabı yapılmıştır.

4.2.5. TOPSIS İdeal Çözüme Görelî Yakınlığın Hesaplanması

Çizelge 4.25’te her bir alternatife ait ideal ve negatif ideal değerleri yan yana gösterilmiştir.

Çizelge 4.25.İdeal ve Negatif İdeal Tablosu

ALTERNATİFLER	İDEAL	NEGATİF İDEAL
Altern. 1	0,05	0,5
Altern. 2	0,49	0,04
Altern. 3	0,48	0,05
Altern. 4	0,45	0,06
Altern. 5	0,37	0,16

4.2.6. Sonuç Tablosu

İdeal çözüme yakınlığın hesaplanması aşağıda verilen formül ile yapılır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

Negatif ideal çözüm değerinin, negatif ideal ve ideal çözüm değerlerinin toplamına bölünmesiyle ideal çözüme yakınlığın değeri hesaplanır. Çizelge 4.26’ da sonuç tablosu açıkça gösterilmiştir.

Çizelge 4.26.Sonuç Tablosu

ALTERNATİFLER	İDEAL	NEGATİF İDEAL	C_i^*
Altern. 1	0.05	0.5	0.91
Altern. 2	0.49	0.04	0.08
Altern. 3	0.48	0.05	0.09
Altern. 4	0.45	0.06	0.12
Altern. 5	0.37	0.16	0.30

Çizelge 4.27’de sonuç tablosuna göre alternatiflerin ağırlıkları yüzde olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak 60.67% değerle alternatif 1 (montaj malzemeleri) en uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27.Sonuç Tablosu Yüzdelik Hesap

ALTERNATİFLER	SONUÇ	YÜZDELİK HESAP
Altern. 1	0.91	60.67%
Altern. 2	0.08	5.04%
Altern. 3	0.09	6.30%
Altern. 4	0.12	7.85%
Altern. 5	0.30	20.15%

AHP ile kriter ağırlıkları elde edildikten sonra, TOPSIS ile elde edilen alternatif ağırlıkları sonuçlarına göre, en uygun seçeneğin Alternatif 1 (Montaj Malzemeleri) olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.28’ de yalnız AHP ve AHP ile birlikte TOPSIS yöntemi uygulandığında alternatiflerin aldığı değer tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 4.28.AHP ve TOPSIS

ALTERNATİFLER	AHP	AHP + TOPSIS
Altern. 1	49,22%	60.67%
Altern. 2	10,72%	5.04%
Altern. 3	11,02%	6.30%
Altern. 4	11,38%	7.85%
Altern. 5	17,64%	20.15%

4.3. Bulanık TOPSIS

Çalışmanın bu bölümünde daha önceden belirlenen alternatiflerle birlikte 5 karar vericinin 5 kritere verdiği önem ağırlıkları çizelge 4.29’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.29. Kriter Ağırlıklarının Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi

	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3	Karar Verici 4	Karar Verici 5
Kriter 1	ÇY	ÇY	Y	Y	BY
Kriter 2	ÇY	Y	Y	BY	Y
Kriter 3	Y	ÇY	Y	ÇY	E
Kriter 4	Y	Y	BY	E	Y
Kriter 5	Y	BY	Y	Y	BD

Çizelge 4.29’da ise karar vericilerin dilsel ifadeler yardımıyla yaptığı değerlendirmeler çizelge 4.30’da verildiği gibi üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.

Çizelge 4.30. Kriter Ağırlıklarının Bulanık Sayılarla Gösterilmesi

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)
K2	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)
K3	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)
K4	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)
K5	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.1, 0.3, 0.5)

Karar vericilerin yaptığı değerlendirmelere göre kriter ağırlıkları denklem (3.4.2.1) yardımıyla tek bir değere dönüştürülmüş ve bu dönüştürülen bu değerler de çizelge 4.31’de ifade edilmiştir. Örnek olarak K1 kriteri için, çizelge 4.30’da belirtilen 5 karar vericiye ait bulanık sayılar dikkate alınmış $((0.9+0.9+0.7+0.7+0.5)/5)$, $((1+1+0.9+0.9+0.7)/5)$, $((1+1+1+1+0.9)/5)$ işlemler yapılarak şeklinde birleştirilmiş ve (0.74,0.9,0.98) sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan hesaplamalar Microsoft Excel programında yapılmıştır.

Çizelge 4.31. Kriter Ağırlıklarının Bulanık Sayılarla Gösterilmesi

Kriterler	Hesaplanan Ağırlıklar		
K1	0.74	0.9	0.98
K2	0.7	0.88	0.98
K3	0.7	0.86	0.94
K4	0.58	0.78	0.92
K5	0.54	0.74	0.88

Daha sonraki aşamada karar vericiler kriterlere göre verilen her bir alternatifi değerlendirmişlerdir. Karar vericilerin kriterleri değerlendirmeleri ve verilen dilsel ifadelerin bulanık sayılara dönüşümü Ek-1’de gösterilmiştir. Değerlendirmelere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar denklem (3.4.2.2) kullanılarak tek bir değere dönüştürülmüştür. Daha sonra elde edilen bulanık karar matrisi çizelge 4.32’ de ifade edilmektedir. Örneğin K1 değeri için Ek-1’de gösterilen beş karar vericiye ait bulanık sayıların kullanılmasıyla $((9+9+9+9+9)/5)$, $((10+10+10+10+10)/5)$,

$((10+10+10+10+10)/5)$ verildiği gibi birleştirilmiş ve çizelge 4.32'nin A1 alternatifi K1 değerine karşılık gelen (9,10,10) sonucu elde edilmiştir. Bulunan sonuçlar Ek1' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.32. Bulanık Karar Matrisi

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Altren. 1	(9,10,10)	(8.6,9.8,10)	(9,10,10)	(8.6,9.8,10)	(9,10,10)
Altern. 2	(7.8,9.4,10)	(7.4,9.2,10)	(8.6,9.8,10)	(7.4,9.2,10)	(8.6,9.8,10)
Altern. 3	(6.6,8.6,9.8)	(7.4,9,9.8)	(6.6,8.6,9.8)	(6.2,8,9.4)	(7,9,10)
Altern. 4	(2,3.4,5.4)	(3.4,5,6.8)	(4.4,6.2,8)	(3.2,5,7)	(5.4,7.4,9.2)
Altern. 5	(2.2,4.2,6.2)	(3.6,5.4,7)	(1.4,3,5)	(3.8,5.8,7.6)	(1.6,3,5)

Daha sonraki aşamada bulanık karar matrisi (3.4.2.5) denklemi kullanılarak normalize edilmiştir ve Ek-2'de gösterilmiştir.

Normalize edilmiş karar matrisindeki değerler çizelge 4.31'de verilen kriter ağırlıklarıyla çarpılmıştır ve ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ortaya çıkarılmıştır. Ortaya çıkan değerler de Ek-3'te gösterilmiştir.

Ek-3'teki ağırlıklı normalize edilen bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra, (3.4.2.11) ve (3.4.2.12) eşitlikleri kullanılarak bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^*) ve ek olarak negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) bulunmaya çalışılmıştır.

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

Her bir alternatifin FNIS' ten ve FPIS' ten olan uzaklıkları (3.4.2.13) ve (3.4.2.14) numaralı eşitlikler yardımıyla bulunmuştur. Uzaklıkları belirledikten sonra son adım olarak ise (3.4.2.15) numaralı eşitlik kullanılarak her bir alternatife

ait yakınlık derecesi bulunmuştur. Aşağıda verilen çizelge 4.33 ve çizelge 4.34 FPIS' ten ve FNIS' ten olan uzaklıkları ve bu uzaklıkların kullanılmasıyla elde edilen yakınlık katsayılarını göstermektedir.

FPIS ve FNIS değerleri, ağırlıklı bulanık karar matrisi esas alınarak;
 $A^* = [(0.98, 0.98, 0.98), (0.98, 0.98, 0.98), (0.94, 0.94, 0.94), (0.92, 0.92, 0.92), (0.88, 0.88, 0.88)]$
 $A^- = [(0.15, 0.15, 0.15), (0.24, 0.24, 0.24), (0.09, 0.09, 0.09), (0.19, 0.19, 0.19), (0.09, 0.09, 0.09)]$ elde edilmiştir. Her bir alternatifin (3.4.2.13) ve (3.4.2.14) eşitlikleri yardımıyla FPIS ve FNIS' ten olan uzaklıklar verteks yöntemiyle hesaplanarak çizelge 4.33'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. FPIS ve FNIS' ten Olan Uzaklıklar

Alternatifler	d_i^*	d_i^-
Altern. 1	1,109	3,221
Altern. 2	1,2952	3,119
Altern. 3	1,5775	2,9
Altern. 4	2,6148	1,795
Altern. 5	2,997	1,39

Son aşamada, (3.4.2.15) denklemi yardımıyla her bir alternatife ait yakınlık katsayıları bulunmuştur ve çizelge 4.34'te gösterilmiştir:

Çizelge 4.34. Yakınlık Katsayıları

Alternatifler	cc_i
Altern. 1	0,74
Altern. 2	0,71
Altern. 3	0,65
Altern. 4	0,41
Altern. 5	0,32

Tablo incelendiğinde, yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru sıralandığında, depoya malzeme yerleşimi olarak alternatifler arasında $A1 > A2 > A3 > A4 > A5$ şeklinde sıralama yapılabilir. Diğer bir ifadeyle, en iyi aday montaj malzemeleri olup sırasıyla sarf malzemeleri, hardware malzemeleri, araç bazlı malzemeler ve istasyon malzemeleri takip etmektedir.

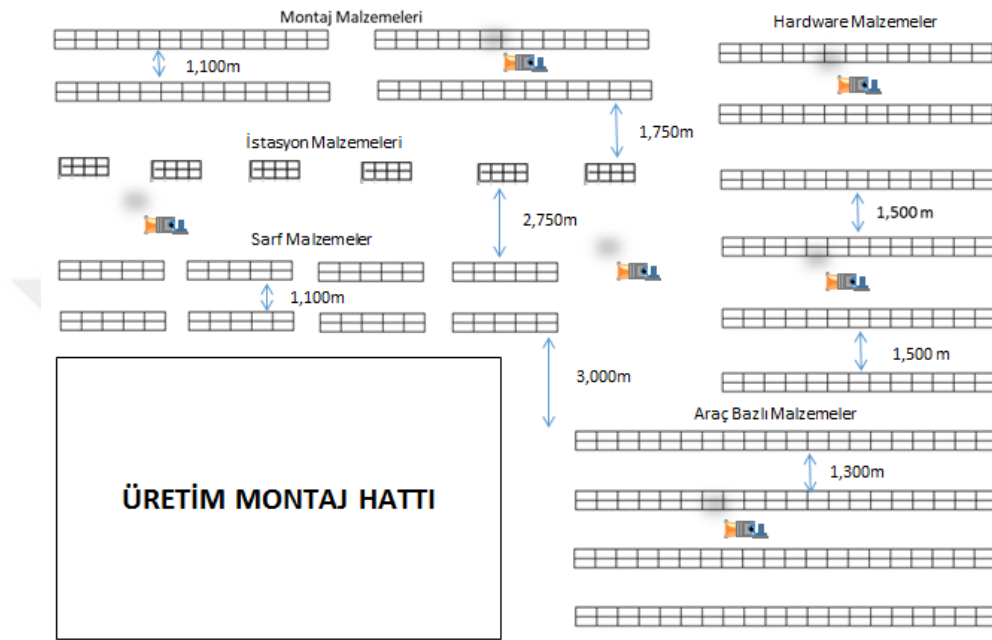
4.4. Metotların Kıyaslanması

ALTERNATİFLER	AHP	AHP + TOPSIS	AHP+TOPSIS+ BULANIK TOPSIS
Altern. 1	49,22%	60.67%	74%
Altern. 2	10,72%	5.04%	71%
Altern. 3	11,02%	6.30%	65%
Altern. 4	11,38%	7.85%	41%
Altern. 5	17,64%	20.15%	32%

AHP ve TOPSIS yönteminde alternatif 1 yani montaj malzemeleri diğer alternatiflere göre yüzde olarak daha yüksek değere sahip olduğu için en uygun alternatif olarak seçilmiştir. AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin sırasıyla birlikte kullanıldığı düşünüldüğünde yüzde olarak alternatif 1 (montaj malzemeleri) seçilmelidir. Bu sonuçlara göre üretimin daha verimli kullanılması açısından üretime yakın seviyede depo içerisinde montaj malzemeleri tutulmalıdır. Sarf malzemeler, hardware malzemeleri, araç bazlı malzemeler ve daha sonra istasyon malzemeleri sırasıyla depoya yerleştirilmelidir.

4.5. Deponun Önceki Durumu, İyileştirilmiş Durumunun Kıyaslanması

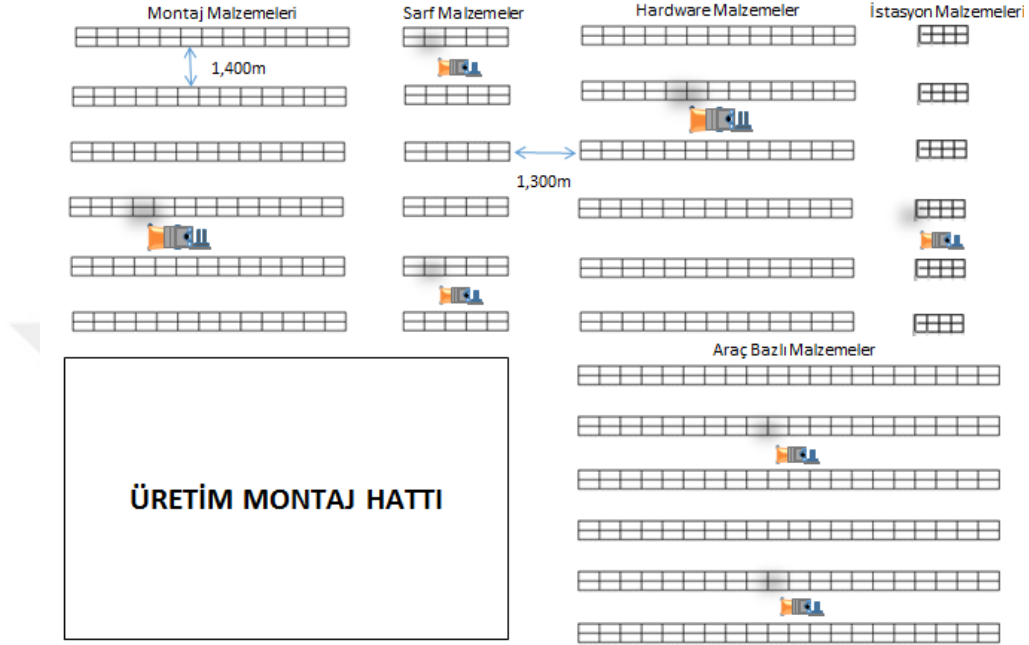
4.5.1. Önceki Durum



Şekil 4.1. Deponun Önceki Durumu

Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren çalışma yapılan firmanın deposuna ait önceki durum Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi malzemelerin belirli kriterlere bakılmaksızın gelişigüzel yerleştirildiği fark edilmektedir. Malzemeler arası mesafeler dikkate alınmadan gelişigüzel yerleştirilme işlemi yapılmıştır. Malzemeler arası mesafeler farklı yerlere farklı ölçüdedir. Bu durum malzemelerin taşınma verimliliklerini azaltmakta, forkliftlerin ve insan gücünün kullanımını artırmaktadır. Bu şekilde yapılan malzeme yerleşiminin üretimin en çok ihtiyaç duyduğu malzemelerin deponun en son kısmında yer aldığı ve bu durumun hem taşıma hem de forklift kullanım maliyetlerini arttırdığı görülmektedir. En uygun yerleşimin oluşturulması için malzemelerin yerleşim planının tekrar gözden geçirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

4.5.2. İyileştirilmiş Durum



Şekil 4.2. Deponun İyileştirilmiş Durumu

Deponun iyileştirilmiş durumu Şekil 4.2'deki gibidir. Önceki durumda üretime uzak olan montaj malzemeleri iyileştirilmiş durumda montaj hattına daha yakın konumlandırılmıştır. Önceki durumda istasyon malzemeleri üretim hattına daha yakındı, sonraki durumda üretim hattına en uzak konumda bulunmaktadır. Bunun sebebi istasyon malzemelerinin önceden belirlenmiş ayrı şekilde hemen bulunabilir seviyede olmasıdır. Hardware malzemeler önceki duruma göre üretim montaj hattına daha yakındır. Sarf malzemeler önceki durumda diğer malzemelerin üretim hattına sevkiyatını geciktirdiği için yatay seviyeden ziyade dikey seviyede ve üretim hattına yakın yerleştirilmiştir. Araç bazlı malzemeler ise önceki durumda da iyileştirilmiş durumda da aynı yakınlık seviyesindedir. Malzemeler arası mesafeler standartlaştırılmıştır ve dikey olarak 1,400 metre yatay olarak ise 1,300 metre olarak

belirlenmiştir. Bu şekilde yerleşim maliyet ve zaman açısından daha verimli olduğu tespit edilmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İşletmeler için deponun aktif ve doğru kullanımı, rekabet güçlerini ve verimliliği olumlu yönde etkileyebilecek önemli bir karardır. Bu sebeple firmalar, kendilerine en verimli ve kaliteli hizmeti verebilen, istenilen özellikleri ve maliyet avantajını sağlayabilen depoların kullanılmasını amaçlamaktadır. En iyi depo düzeninin bulunabilmesi için, işletme gereksinimlerinin saptanması ve bu gereksinimleri sağlayabilecek en iyi depo yerleşiminin seçilmesi önemlidir. İşletmenin ihtiyaçlarına göre belirlenmesi gereken seçim faktörleri, işletmeden işletmeye farklılık gösterdiği gibi aynı işletme içindeki farklı malzeme grupları ve yerleri için de farklılık gösterebilir. Dolayısıyla, depoya uygun malzeme yerleşimi seçim sürecinde birçok nitel ve nicel faktörler ile ilgili alanın karakteristik özelliklerini yansıtabilecek farklı karar vericiler yer alacaktır.

Nitel verilerle sonuca ulaşmak için AHP ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılmıştır. AHP ile kriter ağırlıkları elde edildikten sonra TOPSIS ile elde edilen kriter ağırlıkları sonuçlarına göre 5 farklı karar vericinin 5 farklı kriteri dikkate alarak 5 farklı alternatif arasından işletme için en doğru alternatifin seçiminin yapılması sağlanmıştır. Çok sayıda kriterin, karar vericinin ve fazla sayıda alternatifin yer aldığı böyle bir süreçte belirsizlik de kaçınılmaz olmaktadır. Buna ek olarak, uzman yargıları, kişisel tecrübelerle birlikte ortaya çıktığı için sayısal olmayan, dilsel ifadeleri de kullanmayı zorunlu kılar. Bu durumu doğru yansıtmak ve istenilen sonuçlara ulaşmak için bu çalışmada Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Depo için en uygun malzeme seçiminde, karar vericiler en uygun seçim için gerekli faktörlerin önem derecelerini ve ağırlıklarını çok yüksek, yüksek, biraz yüksek, orta, biraz düşük, düşük, çok düşük gibi dilsel değişkenleri kullanarak belirlemişlerdir ve sonraki aşamada belirlenen bu kriterlere göre en uygun malzeme alternatiflerini çok kötü, kötü, biraz kötü, orta, biraz iyi, iyi, çok iyi gibi değişkenler kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmeler bulanık sayılara

dönüştürülerek, bulanık TOPSIS yöntemi uygulanmış ve çıkan sonuca göre ilk sıradaki malzemelerin depolara yerleşimi en uygun seçim olarak önerilmiştir.

Uygulamada en uygun seçimin yapılması için kullanılan AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin en uygun sonuç alternatif 1 yani montaj malzemeleri olarak verilmiştir.

Uygulamanın yapıldığı otomotiv firmasında depo düzeni tekrar gözden geçirilmiş ve yapılan çalışmanın firma için daha uygun ve karlı olacağı kararına varılmıştır. İşletme, malzemelerin yerleşimi konusunu tekrar gözden geçirmiş ve bu çalışma kapsamında malzemelerin yerleşimi ile ilgili çalışmasını başlatmıştır.

Gelecek çalışmalarla ilgili olarak bir sonraki aşamada AHP, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerine ek olarak diğer çok kriterli karar verme yöntemleri de kullanılarak çıkan sonuçlar desteklenebilir.

KAYNAKLAR

- Ballı, S., 2005. Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 10.
- Blumberg, Donald, F., 2005, Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes. CRC Pres. Newyork.
- Chen, C., 2000. A Fuzzy Approach to Select the Location of the Distribution Center. Fuzzy Sets and Systems, 114, 1-9.
- Çakır, S., Perçin, S., 2013. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. Ege Akademik Bakış, 13,4, 449-459.
- Dağdeviren M., Akay D., Kurt M., 2004. İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19, 131-138.
- Ecer F., 2008. Grup Kararı Vermede Yararlanılan Farklı Fuzzy TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 23,2. 231.
- Fleischmann, M., Jacqueline, M., Van Der Laan, E., Nunen, V., JO A.E.E. ve Wassenhove, V., L.N., 1997. Quantitative models for Reverse Logistics: A Review, European Journal of Operational Research. 103,2, 1-17.
- Freese, T.,L., 1997. Site Selection: How to Choose the Best Location, Freese & Associates, 54.
- Gaurang, S., 2006. A Stochastic Production Cost Model For Remanufacturing Systems. The Doctor of Philosophy Thesis, s. 13.
- Guitouni A., MARTEL J., 1998. Tentative Guidelines To Help Choosing An Appropriate MCDA Method. European Journal of Operational Research, 501-521.
- Hahn E., 2003. Decision Making With Uncertain Judgements: A Stochastic

- Formulation Of The Analytic Hierarchy Process. Decision Sciences, 444-486.
- Hompel, M., Schmidt T., 2007. Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems. Springer, 2-4.
- Hompel, M., ve Schmidt T., 2007. Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems, Springer, 7.
- Huang C.L., Yoon K., 2011. Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. Springer, 332s.
- Jahanshahloo, G., Hosseinzadeh L., Izadikhah M., 2006. Extension of the TOPSIS method for Decision Making Problems with Fuzzy Data. Applied Mathematics and Computation, 181,2, 1544-1551.
- Karaağaçlı, Y., 2014. Üçüncü Parti Tersine Lojistik Sağlayıcı Firma Seçimi ve Değerlendirilmesine Yönelik Bütünleşik Model Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40.
- Kaya, P., Çetin, E., Kuruüzüm, A. 2011. Çok Kriterli Karar Verme İle Avrupa Birliği Ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi. İstanbul Üniversitesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, 13, 80-94.
- Korpelaa J., Tuominen M., 1996. A decision aid in warehouse site selection. Int. J. Production Economics, 170s.
- Kuru A., 2012. Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar Ve Uygulamaları. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Doktora Tezi, 130.
- Kuruüzüm A., 1998. Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, 246s.
- Özdemir A., 2004. Yönetmel Karar Verme Sürecinde Dinamik Amaç Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Doktora Tezi.

- Ozdemir A., Secme, N., 2009. İki Aşamalı Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Analizi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi, 11,2, 79-111.
- Richards, G., 2014. Warehouse Management A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs. Kogan Page Ltd., 2. Baskı, 2.
- Rolender N., Ceci A. ve Berdugo M., 2003. A Framework For MCDM Method Selection. Georgia Institute of Technology, 171s.
- Rushton, A., Croucher, P., Baker, P., 2014. The Handbook of Logistics and Distribution Management. Kogan Page, 230s.
- Saaty, T., 1986. Axiomatic Foundation Of The Analytic Hierarchy Proces. Management Science, 841-855.
- Tompkins J., 1998. The Warehouse Management Handbook. Edwards Brothers Inc., 2. Baskı, 5-7.
- Triantaphyllou, E., ve Lin C., 1996. Development And Evaluation Of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods. International Journal of Approximate Reasoning, 281-310.
- Tüzemen, A., Özdağoğlu, A., 2007. Doktora Öğrencilerinin Eş Seçiminde Önem Verdikleri Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 1, 215-232.
- Ümran Ş., 2011. Tersine Lojistik Kavramı ve Tersine Lojistik Ağ Tasarımı. Atatürk Ü. İİBF Dergisi, 2.
- Ünlü T., 2014. Mimarları Etkileyen Demotivasyon Kriterlerinin Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) ve Analitik Ağ Prosesi İle Ağırlıklandırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 15.
- Vahapoğlu, E., 2008. Bir Dış Ticaret Firmasının İl ve Bölge Bazında Temsilci Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodunun Kullanılması. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yoon K. P., Hwang C. L., 1995. Multiple Attribute Decision Making. SAGE University Publication, California.

Yurdakul, M., İ, Y. T., 2003. Türk Otomotiv Firmalarının Performans lm ve Analizine Yönelik TOPSİS Yöntemini Kullanan Bir rnek alışma. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18: 1-18.



ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Adana ‘da doğdu. İlköğrenimini İsmet İnönü İlkokulu’nda, orta öğrenimini ÇEAŞ Anadolu Lisesi’nde, lisansını 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. Yüksek Lisansına Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde devam etmektedir. Şu anda özel bir firmada çalışmaktadır.







EKLER



Ek-1. Alternatiflerin Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi

Kriterler	Alternatifler	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	Altern. 1	Çi	Çi	Çi	Çi	Çi	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 2	Çi	i	i	Çi	i	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	Altern. 3	i	i	i	i	Bi	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	Altern. 4	Bi	K	K	Bi	K	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)
	Altern. 5	E	E	BK	E	BK	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
K2	Altern. 1	Çi	i	Çi	Çi	Çi	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 2	i	Çi	i	i	i	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)

	Altern. 3	Çi	i	Bİ	i	Çi	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 4	Bİ	K	K	i	Bİ	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	Altern. 5	i	BK	E	K	i	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)
K3	Altern. 1	Çi	Çi	Çi	Çi	Çi	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 2	Çi	i	Çi	Çi	Çi	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 3	i	Bİ	i	i	i	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	Altern. 4	Bİ	K	Bİ	Bİ	i	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
	Altern. 5	BK	BK	K	K	Bİ	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)
K4	Altern. 1	Çi	i	Çi	Çi	Çi	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 2	i	i	i	Çi	i	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	Altern. 3	Bİ	Bİ	Çi	i	Bİ	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	Altern. 4	E	K	Bİ	Bİ	E	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)

	Altern. 5	E	E	İ	E	E	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
K5	Altern. 1	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 2	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
	Altern. 3	İ	İ	İ	İ	İ	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	Altern. 4	Bİ	İ	Bİ	Bİ	Bİ	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	Altern. 5	K	Bİ	K	E	K	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)

Ek-2. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(0.9,1,1)	(0.86,0.98,1)	(0.9,1,1)	(0.86,0.98,1)	(0.9,1,1)
A2	(0.78,0.94,1)	(0.74,0.92,1)	(0.86,0.98,1)	(0.74,0.92,1)	(0.86,0.98,1)
A3	(0.66,0.86,0.98)	(0.74,0.9,0.98)	(0.66,0.86,0.98)	(0.62,0.8,0.94)	(0.7,0.9,1)
A4	(0.2,0.34,0.54)	(0.34,0.5,0.68)	(0.44,0.62,0.8)	(0.32,0.5,0.7)	(0.54,0.74,0.92)
A5	(0.22,0.42,0.62)	(0.36,0.54,0.7)	(0.14,0.3,0.5)	(0.38,0.58,0.76)	(0.16,0.3,0.5)

Ek-3. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(0.67,0.9,0.98)	(0.60,0.81,0.98)	(0.63,0.86,0.94)	(0.5,0.76,0.92)	(0.49,0.74,0.88)
A2	(0.58,0.85,0.98)	(0.52,0.81,0.98)	(0.60,0.84,0.94)	(0.43,0.72,0.92)	(0.46,0.73,0.88)
A3	(0.49,0.77,0.96)	(0.52,0.79,0.96)	(0.46,0.74,0.92)	(0.36,0.62,0.87)	(0.38,0.67,0.88)
A4	(0.15,0.30,0.53)	(0.24,0.44,0.67)	(0.31,0.53,0.75)	(0.19,0.39,0.64)	(0.29,0.55,0.81)
A5	(0.16,0.38,0.61)	(0.25,0.48,0.69)	(0.09,0.26,0.47)	(0.22,0.45,0.7)	(0.09,0.22,0.44)