

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ BİLİM DALI

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN MALZEME TAŞIMA
SİSTEMİ SEÇİMİNDE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan
Tuğçe TUNÇ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Şule ÖZKAN

Ankara-2013

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ BİLİM DALI**

**ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN MALZEME TAŞIMA
SİSTEMİ SEÇİMİNDE UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Tuğçe TUNÇ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Şule ÖZKAN**

Ankara-2013

ONAY

Tuğçe TUNÇ tarafından hazırlanan “ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİN MALZEME TAŞIMA SİSTEMİ SEÇİMİNDE UYGULANMASI” başlıklı bu çalışma, 10/01/2013. tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda (oybirliği/oyçokluğu) ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İşletme Ana bilim dalı/ Üretim Yönetimi Bilim dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

[İmza]

[Ünvanı, Adı ve Soyadı] (Başkan)

Prof. Dr. Dilaver TENBİLİMOĞLU

[İmza]

[Ünvanı, Adı ve Soyadı]

Prof. Dr. Süleyman ERKAN

[İmza]

[Ünvanı, Adı ve Soyadı]

Prof. Dr. Abdullahi ERSOY

Önsöz

Çalışmanın temel amacı, büyümekte olan firmanın yatırım kararlarına istinaden oluşacak malzeme taşıma yoğunluğunu minimize edecek uygun malzeme taşıma sisteminin seçilmesidir. Bu amaç doğrultusunda çok kriterli karar verme yaklaşımlarından olan Analitik Hiyerarşi Proses ile Gri İlişkisel Yaklaşım bir arada kullanılarak Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Yöntemine başvurulmuştur. Bu yöntemlerin kullanılması için gerekli bilgiler ile karşılaştırmalar, ilgili çalışanlar ve üst yönetim yardımı ile toplanmıştır. Toplanan bu verilere bağlı olarak uygun malzeme taşıma sistemine karar verilmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, bana daima yol gösteren ve beni destekleyen başta tez danışmanım Prof. Dr. Şule ÖZKAN olmak üzere, tüm değerli hocalarıma ve tüm arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez hazırlama sürecinde her türlü kolaylığı gösterdiği için “ORS” Üretim Planlama Müdürü Sn. Alptekin DEMİRAY başta olmak üzere değerli “ORS” yöneticilerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışkanlığı ve azmi ile tüm öğrencilerine örnek olan değerli hocam Prof. Dr. İmdat KARA’ ya yalnız lisans öğrenimim esnasında değil, mezuniyetim sonrasında da yanımda olduğu ve bilgilerini esirgemediği için teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak; başta babam İrfan TUNÇ olmak üzere tüm aileme; bana duydukları inanç, verdikleri destek, gösterdikleri anlayış ve sevgi için sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

Önsöz	i
İçindekiler	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
TABLOLAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİNE GİRİŞ

1.1. Malzeme Taşıma Sistemleri.....	4
1.1.1. Genel Bakış	4
1.1.2. Taşıma Sistemi Çözüm Modelleri	8
1.1.3. Malzeme Taşıma Ekipmanları.....	11
1.1.4. Malzeme Taşıma Sistem Seçimi İle İlgili Literatür Çalışmaları.....	15

İKİNCİ BÖLÜM

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR PROBLEMLERİ

2.1. Karar Problemleri	19
2.1.1. Karar Problemlerine Genel Bakış.....	19
2.1.2. Karar Probleminin Temel Bileşenleri.....	21
2.2. Analitik Hiyerarşi Proses	23
2.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesine Genel Bakış.....	23
2.2.2. Analitik Hiyerarşi Proses İle İlgili Literatür Araştırması	24
2.2.3. Analitik Hiyerarşi Proses Uygulama Adımları.....	26
2.2.4. İkili Karşılaştırma Matrisinin Özellikleri	30
2.2.5. Karar verici sayısının birden çok olması durumunda uygulanacak yöntem	36
2.3. Gri İlişkisel Analiz	38
2.3.1. Gri İlişkisel Analize Genel Bakış	38

2.3.2. Gri İlişkisel Analiz İle İlgili Literatür Çalışmaları.....	39
2.3.3. Gri İlişkisel Analiz Uygulama Adımları	41
2.3.4. Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Metodu	44

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGUN MALZEME TAŞIMA SİSTEM SEÇİMİ

1.1.Problemin Tanımlanması.....	50
1.1.1.Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Genel Bilgiler ve İhtiyacın Belirlenmesi.....	50
1.1.2.Firma İç Lojistik Uygulamaları	52
1.1.3.Problemden Değerlendirmeye Alınan Kriterler.....	54
1.1.4.Probleme Uygun Hiyerarşinin Oluşturulması	62
1.1.5.Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Metodu	71
Sonuç.....	83
Kaynakça	86
Ek-I Malzeme Taşıma Sistemlerinin Özellikleri	93
Ek-II Malzeme Taşıma Sistemleri	95
ÖZET	102
ABSTRACT	104

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	:Analitik Hiyerarşi Proses
B	:AHP karşılaştırma matrisi
W	:AHP karşılaştırma vektörü
J	:Ölçüt indisi
B_j	:j. ölçütün ağırlıkları
B_{ij}	:j. ölçüte göre i. seçeneğin ağırlığı
N	:Maksimum seçenek sayısı
M	:Maksimum ölçüt sayısı
W_i	:Her bir ölçütün karşılaştırma ölçütü
A	:Tüm karşılaştırma vektörlerinin oluşturduğu matris
A_{ij}	:j. ölçütün i. ölçüte olan üstünlüğü
Anorm	:Tüm karşılaştırma vektörlerinin oluşturduğu matrisin normalize edilmiş hali
Ŵ	:Anorm matrisinin satır toplamlarına bölünerek oluşturulmuş matris
λ	:AHP tutarlılık testi için temel değer (tti' lerin aritmetik ortalaması)
W	:Öncelik vektörü
T	:A karşılaştırma matrisi ile w öncelik vektörünün çarpımı ile oluşan yeni vektör
TT	:Her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer
GİA	:Gri ilişkisel analiz
HGRA	:Hiyerarşik gri ilişkisel analiz
X₀	:Referans seri
X_i	:i.faktörün serisi
M	:Faktör sayısı
X_{ij}	:i. seri j. indeks için normalize edilmiş değer
Si(j)	:i. seri j. indeks için gerçek değer

Max $i\{s_i(j)\}$	:i. seri maksimum değeri
Min $i\{s_i(j)\}$	:i. seri minimum değeri
X_i'	:Normalize edilmiş serilerin oluşturduğu yeni matris
$\Delta 0_i(j)$	:Xi serilerinin, referans seri ile karşılaştırma
Δ_{min}	:Kriterlerin serilerdeki en küçük değere olan uzaklığı
Δ_{max}	:Kriterlerin serilerdeki en büyük değere olan uzaklığı
$\epsilon (x_0(k),x_i(k))$	:j. sıradaki gri ilişkisel katsayı
ξ	:Ayırıcı katsayıdır.
$\Upsilon(X_0,X_i)$	:Xi serisi ile referans seri olan X_0 arasındaki geometrik benzerlik
GK	:Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matris
n	:Alt kriter sayısı
m	:Alternatif sayısı
δ_{kk}	:Ağırlıklı katsayı matrisi
$\zeta 0_i(j)$	: $\epsilon(x_0(j),x_i(j))$ 'nin matristeki gösterimi
WKK	:Alt kriter ağırlıkları
gkk	:Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin elemanları
δ_{ki}	:i. kritere ait ağırlıklı katsayı matrisi
Wki	:i. Alt Kriterin Ağırlık Vektörü
gKi	:i. Kritere Ait Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi
GA	:Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi (Tüm kriterler için oluşturulmuş matrislerin bir arada değerlendirileceği yeni matris)
G'A	:Normalize Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi
Gk	:İkincil Gri İlişkisel Matris

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1: Nitel değerlerin nicel karşılıkları	30
Tablo 2: Rassal indeks değerleri.....	34
Tablo 3: Alt kriter sınıflandırması	61
Tablo 4: Problemin hiyerarşisi.....	63
Tablo 5: Kriter karşılaştırma matrisine bir örnek.....	64
Tablo 6: Kriter karşılaştırma matrisi normalize değerleri	65
Tablo 7: Sözel değerlerin sayısal karşılıkları.....	72
Tablo 8: Karar vericilerin alt kriter karşılaştırması	73
Tablo 9: Alt kriter karşılaştırılmasının normalize değerleri	74
Tablo 10: Alt kriter normalize değerlerine Birincil Gri Uygulanması	76
Tablo 11: Ağırlıklandırılmış Birincil Gri Matrisi.....	77
Tablo 12: Ağırlıklandırılmış Birincil Gri Matrisi normalize değerleri	78
Tablo 13: İkincil Gri Matrisi.....	78
Tablo 14: Ağırlıklandırılmış ikincil gri matrisi	79
Tablo 15. Fabrikadaki geleneksel taşıma sisteminin personel-ekipman ihtiyaç tablosu	80
Tablo 16. Fabrikaya uygulanacak yenil taşıma sisteminin personel-ekipman ihtiyaç tablosu	80
Tablo 17. İlk yatırım maliyet karşılaştırma tablosu	81
Tablo 18. Kullanım maliyet karşılaştırma tablosu.....	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Malzeme Hareketliliği	7
Şekil 2: Hiyerarşik Yapı	27
Şekil 3: Matris Elemanlarının Hiyerarşik Gösterimi	32
Şekil 4: İşletme Proses Akışı.....	52
Şekil 5: İşletme Binaları Arasındaki Mevcut Malzeme Akışı.....	53
Şekil 6: İşletme Binaları Arasındaki Yeni Malzeme Akışı	54
Şekil 7: Seçim Destek Programı Karşılama Ekranı	68
Şekil 8: Seçim Destek Programı Kriter Kayıt Tablosu	69
Şekil 9: Seçim Destek Programı Kriter Karşılaştırma Ekranı	70

GİRİŞ

Küreselleşme son yıllarda öylesine ciddi boyutlara ulaşmıştır ki ülkeler arası alışverişler hemen hemen her alanda kendini göstermeye başlamıştır. Rekabetin ülkeler arası boyuta taşınmış olduğu bu zamanda, pazarda tutunabilmek, pazar payını arttırabilmek oldukça zor bir hal almıştır. İşletmeler artık yalnızca kendi çevrelerindeki işletmelerle değil, aynı zamanda tüm dünyada yer alan aynı sektördeki bütün işletmelerle yarış içerisine girmek durumunda kalmıştır. Bu çetin yarış ortamında işletmelerin temel amacı olan kar sağlamak, daha da zorlaşmıştır.

Üretim sektöründeki işletmelerin birçoğu kar sağlamak üzerine çalışmalara yönlendiklerinde, ilk planda üretim maliyetlerini azaltmayı amaçlamaktadırlar. Üretim maliyetlerini azaltmak için ise, girdi maliyetlerini azaltmak tercih edilmektedir. Oysaki dolaylı yoldan etki ettiği düşünülse bile; zamanı iyi değerlendirmenin, yani pazara zamanında ürün sağlayabilmenin, işletmeler için en büyük rekabet silahı haline geldiği de aşikârdır. Bu rekabet ortamında teknolojinin devamlı gelişmesi ile üretim sistemleri de git gide karmaşık bir hal almaya başlamıştır. Üretim sistemlerinin karmaşılaşması, sistem içerisinde malzeme akışlarını arttırmış ve malzeme taşıması için gerekecek zaman artışını da beraberinde getirmiştir.

Rakiplerden daha önce pazara ürün sunabilmek adına, belki ufak ancak etkili bir adım da malzeme taşımasının iyileştirilmesidir. Uygun malzeme taşıma sistem seçimi için yapılan bu çalışmada; teknolojinin getirmiş olduğu bizleri olumlu yönde etkileyecek olan malzeme taşıma sistemlerindeki çeşitlilikler; maliyet, güvenlik, teknik ve planlama kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Yapılan araştırmalarda dikkati çeken bir nokta ise, malzeme taşımanın önemine paralel olarak konu ile ilgili akademik çalışmalar geçmişten günümüze hızlı bir artış göstermiş; araştırmacılar geçmişe nazaran bu

konuyu daha da ön plana çıkmaya başlamıştır. Malzeme taşımasının can ve mal kaybı riskini en aza indirecek şekilde, az kaynak tüketimi ile yapılması sonucunda ürün hem zamanında sevkiyata hazır hale gelecek olup, hem de katma değer yaratmayan faaliyetlerin azaltılmasıyla verimlilik sağlanmış olacaktır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır; çalışmanın birinci bölümünde, taşıma sistemleri hakkında genel bilgiler verilerek, ilgili çözüm modellerine ve literatür araştırmalarına değinilmektedir. İkinci bölümde Analitik Hiyerarşi Prosesi ile birlikte Gri İlişkisel Analiz adımları teorik olarak ele alınmakta, alternatifler arasında karar aşamasına geçmeden önce bu iki konu hakkındaki akademik çalışmalara değinilmektedir. Üçüncü ve son bölüm olan uygulama kısmı, firma tanıtımı ve ihtiyaçları, AHP ile GİA uygulaması, taşıma sistemine karar verilmesi olmak üzere kendi içerisinde üç aşamada incelenmektedir.

Uygulama bölümünün birinci aşamasında firma tanıtımı yapılmaktadır, neden böyle bir çalışmaya gerek duyulduğundan bahsedilerek problemin boyutları ele alınmaktadır. Ele alınan probleme bağlı olarak firma ihtiyacı belirlenmektedir. Daha sonra uygulama bölümünün ikinci aşamasında, belirlenen ihtiyaç doğrultusunda teorik kısımda üzerinde durulmuş olunan, Analitik Hiyerarşi Proses ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri probleme uygulanmaktadır. Bu uygulamada ölçütler belirlenip, hiyerarşi oluşturulduktan sonra, Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı kullanılarak ölçütler ağırlıklandırılmaktadır.

Ağırlıklandırmaların ardından konveyörler, raylı sistemler, kamyonet ve çekicili sistemler ele alınmış, Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Yaklaşımı ile de uygun taşıma sistemine karar verilmiştir.

Çalışmada kullanılmış yöntemlerin temel tercih nedenine değinilecek olunursa; Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi nicel verilerin yanı sıra nitel verilerin değerlendirilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir. Gerçek hayatta

karar verici yalnız sayılar ile karar vermek durumunda olmayabilir. Bazı anlarda üstünlük durumu yalnızca sözel olarak ifade edilebilmektedir ki bu gibi durumlarda AHP yöntemi sözel verileri de değerlendirmeye katabilmektedir ve yöntemin temel tercih nedeni bu olmuştur.

Gri İlişkisel Analizin tercih edilme nedeni de gene gerçek hayat problemlerinde karşılaşılmakta olan sıkıntının giderilme gerekliliğidir. Bu sıkıntı olarak belirtmekte olunan durum, karar vericinin değerlendirme esnasında belirleyeceği değerlerin çok net olmayışıdır. Verilen karar tüm ayrıntıları ile öngörülebiliyor olursa bu ortam beyazdır. Karar ortamındaki hiçbir şey bilinmiyor ise bu ortam siyah olarak değerlendirilmektedir. Oysaki gerçek hayatta her şey ne tamamen bilinebilmektedir, ne de tamamen bilinmemektedir, dolayısı ile gri ilişkisel analiz bu gibi netliğin tam olmadığı karar ortamlarında kullanıldığından bu çalışmada tercih edilmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİNE GİRİŞ

1.1. MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİ

1.1.1. Genel Bakış

White ve Apple malzeme taşımayı; doğru metodu kullanarak doğru zamanda, doğru yerde, doğru düzende, doğru pozisyonda, doğru koşullarda, istenen maliyette öngörülen malzemenin temini olarak tanımlamışlardır (White,1985:42-48).

Malzeme taşıma kökeninin hangi zamana dayandığı tam olarak belirlenemese de modern malzeme taşımanın kökleri endüstri devrimine kadar uzanmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarında malzeme taşımada yaygın olarak kullanılmakta olan tahta kutuların yerini paletler almaya başlamış, sandık varil ve fıçılar da depolamada kullanılmaya başlanmıştır. Malzeme taşıma mekanizasyonları ortaya çıkmadan önce depolama aracı olarak kullanılmakta olan variller aynı zamanda yuvarlanabilme özellikleri nedeniyle taşımada da kullanılmışlardır. Tekstil ürünleri, un ve yem gibi taneli ürünlerin taşınmasında öncelikli olarak variller kullanılırken, oluklu sandıkların yerini daha az maliyetli ve daha dayanıklı olan oluklu konteynırlar almıştır (Kaynak; www.wikimheda.org/wiki/Material_handling#History , 8 Mart 2012, s.y.).

Malzeme taşıması ile ilgili kaldıraç ilkesine dayanan ilk çalışma, orta çağda vinç çizimleri olmuştur. Villard de Honnecourt 13. Yüzyılda vidalı kriko çizmiş, çok ağır yüklerin kaldırılması için çözüm yöntemi sunmuştur. Orta çağda ayrıca makaraların yaygın bir şekilde taşıma amaçlı olarak kullanıldığı kaynaklarda yer almaktadır. Leonardo da Vinci tarafından taş blokların

kaldırılması için yapılmış vinç çalışmaları da bulunmaktadır (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.).

Otomobil endüstrisinde 1900'lü yıllarda yapılan gelişmeler ile taşımada konveyörler kullanılmaya başlanmıştır (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.).

Malzeme taşıma ekipmanlarındaki çeşitlilik, Avrupa ülkelerinde, birinci dünya savaşında artmıştır. Demir yolu yapımı ile pille çalışan platformlu traktörler kullanılmaya başlanmıştır. 1917 yılında Amerika Birleşik devletlerinde ilk kaldırma (düşey eksenli taşıma) aracı icat edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Kaynak; <http://www.wikimheda.org/history.php>,26 Haziran 2012, s.y.).

1940'lı yıllardan sonra ise artık otomasyona geçilmiştir. Ancak malzeme taşıma işlemi yalnız taşımayı değil, yükleme ve boşaltma işlemini de kapsadığından, gelişmeler ne kadar hızlı olsa da malzemelerin taşınmasında kullanılan araçlar her zaman bu üç özelliği kendi bünyesinde bulunduramamaktadır. Böyle durumlarda aracın özelliğine bağlı olarak farklı taşıma araçları birlikte kullanılmak durumunda kalınmaktadır (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.).

Malzeme taşıma sektörünün tüm kesimlerini temsil etmek ve malzeme taşıma şirketlerini korumak, güçlendirmek için 1954 yılında Malzeme Taşıma Ekipmanlarının Dağıtımı Derneği (Material Handling Equipment Distribution Association MHEDA) kurulmuştur. Kurulan bu dernek sayesinde malzeme taşıma sektörüne eğitim ve kaynak desteği sağlanmaya başlanmıştır (Kaynak; <http://www.wikimheda.org/history.php>, 26 Haziran 2012, s.y.).

Amerika Malzeme Taşıma Endüstrisi tarafından yapılan tanımlamaya göre; Malzeme taşıma ve lojistik; üretim ve dağıtım, tüketim ve imha süreci boyunca hareket, koruma, depolama ile malzeme ve ürünlerin kontrolüdür.

Amerikan Makine Mühendisleri Derneğinin yapmış olduğu tanımlamada ise; Maddenin her formu için taşıma, paketlenme ve ambarlamayı içeren sanat ve bilimin birlikteliğine malzeme taşıma denilmektedir (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf>, 7 Şubat 2012, s.y.).

Tompkins vd. 'ne göre tipik bir imalat operasyonunda malzeme taşıma, tüm çalışan sayısının %25'ini, fabrika alanının %55'ini, üretim zamanının %87'sini ve bir ürünün tüm üretim maliyetinin %15-70'ini etkilemektedir (Tompkins,1996: s.y.).

Lashkari vd. , malzeme taşıma sistemlerinin, imalat sistemlerinin tamamlayıcı bir bileşeni olmalarından ötürü, tüm iç karmaşıklıkların malzeme taşıma sistemlerine de transfer edildiği görüşünü savunmaktadırlar (Lashkari,2004:115-139).

Yaman ise, yük taşıma ekipmanı seçiminin ürün ve proses gereksinimlerine bağlı olduğunu, dolayısıyla seçimin, ürün ve proses spesifikasyonlarına göre yapılabileceğini belirtmektedir (Yaman,2001:267-278).

Taşınacak yükler, yığın yük ve parça yük olarak iki gruba ayrılmaktadırlar (Zebisch, t.y. :s.y.).

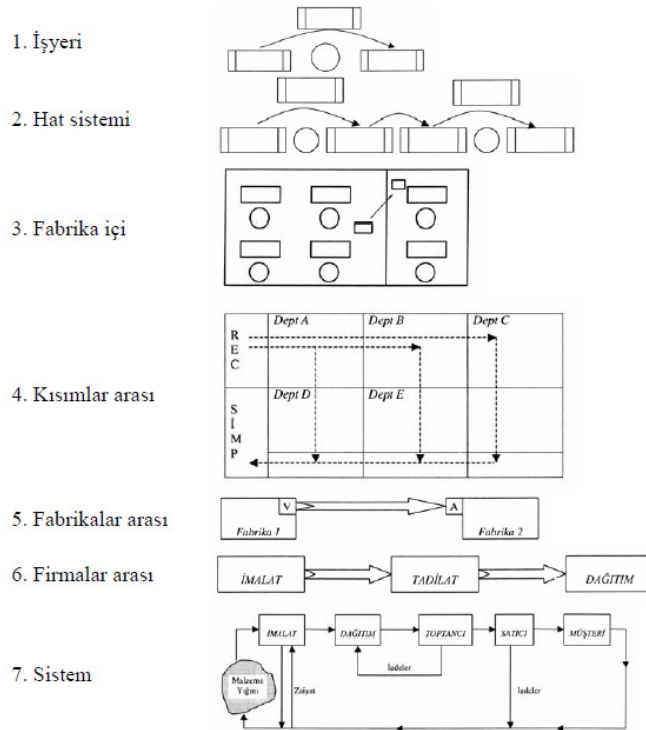
Yığın yükler, farklı ve çeşitli parçalı, taneli ve toz şeklindeki yükler olup, ambalajlanmamış durumdadırlar. Kül, toz, kömür, un, cevher, şeker, tahıl vs. yığın yüklerdendir.

Parça yükler ise sayı ile belirlenebilen yüklerdir. Fıçılar, kasalar, balyalar, şişeler, torbalar, makine parçaları, mobilyalar, cam eşyalar, v.s. parça yüklere örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada üzerinde durulacak yük çeşidi sayılabilen yüklerdir.

Malzeme hareketleri ise 7 ayrı başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

1. İşyeri içerisindeki malzeme hareketleri
2. Üretim hatları boyunca malzeme iletimi
3. Fabrika içerisinde malzemelerin yer değişiklikleri
4. Kısımlar (departmanlar) arasında gerçekleşen malzeme iletimi
5. Fabrikalar arasında malzeme taşıması
6. Firmalar arasında malzeme aktarımı
7. Sistemler arasında gerçekleşen malzeme iletimleridir.

Yapılan bu çalışmada taşıma şekli fabrikalar arasında gerçekleşen malzeme taşımadır. Yukarıda sıralanmış olan malzeme hareketleri aşağıdaki şekilde daha ayrıntılı bir şekilde yer almaktadır;



Şekil 1: Malzeme Hareketliliği

(Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/ MAK419-1.pdf>, 7 Şubat 2012, s.y.).

1.1.2. Taşıma Sistemi Çözüm Modelleri

Malzeme taşıma ekipmanlarından hangisinin alınması gerektiğine karar verileceği zaman, marketteki taşıma ekipmanlarının genel karakteristiklerinin dikkate alınması gerektiği aşikârdır. Daha sonra karar vericiler tarafından, gerekli uygulama için hangi ekipmanın en iyi eşleşmeyi sağladığı belirlenmelidir (Malmborg,1998:s.y.).

Bir karar modelinin en önemli bileşenlerini amaçlar, karar değişkenleri, kısıtlar ve seçenekler oluşturmaktadır. Modelin yapısını anlamak için de bu bileşenlere göz atmak gerekmektedir.

Taşıma sistemi çözüm modelinde temel amaç, taşıma maliyetini minimum yapan sistemin saptanmasıdır. Ancak amaç birden fazla da olabilmektedir. Bu konu hakkında mühendislerin ortak çalışmalar sonucu vermiş olduğu kararlar aşağıdaki gibidir (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.):

Etkili bir taşıma ile ürünün hammadde halinden bitmiş ürün haline gelene kadarki toplam zaman azaltılarak üretim çevrim zamanı kısaltılabilir.

Malzeme taşıma planına uyum sağlayacak bir taşıma sistemi ile üretim aksatılmaksızın, tüm operasyonlar birbirine bağlı bir şekilde akış halinde ilerletilebilir, ürün akışının daha iyi kontrol edilebilmesine katkıda bulunulabilir.

Güvenli taşıma için bağlılık gerektiren iş güvenliği ve işçi sağlığı hükümleri mevcuttur ve bunlar işyerlerinde uygulanmak zorundadır. Malzeme hareketlerinin güvenliliği ile çalışma şartlarında gelişme sağlanabilir ve iş kazalarındaki sayıda azalma sağlanabilir.

Etkili olmayan bir taşıma sistemi ile ürünler hasara uğrayabilir, bu da üreticiye majör maliyet oluşturabilir. Bu nedenle taşıma sisteminin seçimindeki bir başka amaç, iyi bir kalite seviyesine ulaşmak için ürünün güvenliğine yönelik taşıma araçlarının değerlendirmeye alınmasıdır. Bu sayede kalite kontrolden ayrılan yani reddedilen ürün sayısı azaltılabilir.

Taşıma sisteminin amaçlarından bir diğeri ise zamandan tasarruf sağlayacak şekilde bir taşıma sistemi seçimi ile zamanında ürünün istenilen yerde olmasının sağlanması ve depolama için gerekli alanın azaltılmasıdır.

Malzeme taşıma sistemi eğer üretkenliği arttırmak için dizayn edilmiş ise ileriye yönelik yapılmış yatırımların geri dönüşü de hızlı olacaktır. Malzeme hareketinin daha hızlı, etkili ve ekonomik yöntemlerle gerçekleşmesi sağlanarak, üretim maliyetlerinde azalma sağlanarak verimlilikte kazanç artışı sağlanabilir.

Toplam taşıma maliyetleri azaltıldığında birim taşıma maliyetleri de azalacaktır. Bu yaklaşıma göre taşıma sistemi seçiminde birim maliyetler dikkate alınarak tercih gerçekleştirildiğinde birim taşıma maliyetleri azaltılabilir (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.).

Modelin oluşturulmasında amaç yukarıda sayılanların tamamını içermek zorunda değildir. Karar vericinin düşüncelerine bağlı olarak yalnız birini veya birkaçını içerebilmektedir.

Tompkins ve White, malzeme taşıma maliyetlerinin, toplam üretim maliyetlerinin %10'u ile %80'i arasında değiştiğini, bu bağlamda malzeme taşıma sistemlerinin öneminin göz ardı edilemeyeceğini savunmuşlar, iyi tasarlanmış bir tesis planı ve malzeme taşıma sisteminin, maliyetin düşürülmesi için oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. (Tompkins,1984: s.y.).

Sule ise, etkin bir malzeme taşıma sistemi ile tesis işletme maliyetinin %15 ile %30 oranında düşebileceğini ifade etmektedir (Sule,1994:s.y.).

Malzeme taşımanın ilkeleri, alanında uzman kişiler tarafından yıllarca üzerinde durulmuş araştırma konusu olup, üç başlık altında bütünleştirilmiştir (Kaynak; [http:// transport.itu.edu.tr/ PDF/ mak419/ MAK419-1.pdf](http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf) ,7 Şubat 2012, s.y.);

Gereksiz uygulamaların ortadan kaldırılması için;

1. Malzeme taşıma sayısı azaltılabilir,
2. Gereksiz karışıklık minimuma indirgenir, sıralama yapılabilir,
3. Mekanik araç kullanımı ile malzeme taşımada kullanılan işçilik kullanımı azaltılabilir,
4. Zeminden iş alanına veya konteynırdan konteynıra yapılan gereksiz taşımalarından kaçınılabilir,
5. Birim yüklerden ve konteynırlardan yararlanılır,
6. Her yerde uygulanılabilir olan yer çekiminden taşımada da yararlanılabilir,
7. Taşıma hızı arttırılabilir.

Tesis yerleşiminin düzenlenmesi için;

1. Mümkün olan her yerde malzeme taşıma ve işlemenin birleştirilmesi sağlanır, malzeme akışı için bir sistem planlanabilir,
2. Sürekli veya uygun aralıklı malzeme akışları sağlanabilir,
3. Üretim akışının tersi yönündeki malzeme akışı minimum hale getirilerek operatörler arası malzeme akışı optimum seviyeye getirilebilir,
4. Minimum taşıma için iş alanlarının konumu düzenlenebilir.
5. Taşımada maksimum ağırlık ve maksimum miktar esas alınabilir,
6. Malzeme taşımaların tamamı tüm fabrika boyunca koordine edilebilir,
7. Yönetim bilgi ve kontrol sistemleri ile entegre bir şekilde taşıma yapılabilir ve ekipman güvenliği sağlanabilir,

8. Yeterli bir çekme, depolama, yükleme alanı için plan yapılabilir.
9. Binanın optimum hacimde kullanımı için hesaplamalar yapılabilir.
10. Yeterli bir koridor ve giriş alanı dizayn edilebilir.

Malzeme taşıma ekipmanlarının uygulaması ve seçimi için;

1. Yeni ekipman yatırım fiyatlarına bakmadan önce aktiviteler planlanabilir ve ekipmanın gereklilikleri analiz edilebilir,
2. Var olan ekipmanların etkili kullanıldığı kontrol edilebilir,
3. Malzeme taşıma problemi için en basit ekipmanlar tercih edilerek, karmaşık mekanizma ve kontrollerden kaçınılabilir,
4. Özel ekipman ücretleri pahalı olacağından, olabildiğince standart ekipmanlar tercih edilebilir,
5. Uygulaması esnek ekipmanların tercihi gerekebilir,
6. Mobil ekipman seçiminde gereksiz ağırlıkların minimum olmasına dikkat edilmelidir,
7. Satın alma öncesinde ekipman maliyetleri belirlenmeli ve karşılaştırılmalıdır.
8. Farklı işler için farklı ekipman gerekliliklerini tanımlanmalıdır.
9. Ekipman için binanın yapısal uygunluğu ile tesis gereklilikleri tespit edilebilir.
10. Acil durumlarda kullanılacak alternatif metotlar sağlanabilir,
11. Ekipmanın sürdürülebilirliği dikkate alınmalıdır.
12. Eski ekipman ve yöntemlerle daha etkili biri değiştirilebilir.

1.1.3. Malzeme Taşıma Ekipmanları

Bir ürünü elde etmek için her türlü malzemenin veya ürünün ekonomik olarak taşınması; malzeme taşıma ekipmanının doğru seçilmesine bağlıdır. Üretimin aksaksız bir şekilde ilerleyebilmesi için iyi tasarlanmış taşıma sistemi gerekmektedir. Bu sayede zamandan tasarruf ve üretim miktarında

artış sağlanabilir (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK4191.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.).

Yük taşıma araçları, çalışma durumlarına göre sürekli ve süreksiz taşıyıcılar olarak incelenmektedirler (Demirsoy,1997: s.y.). Süreksiz taşıma, taşınacak yüke ve sistemin taşıma hacmine bağlı, ancak belirli miktarlarda olmaktadır. Süreksiz taşıyıcılar hem parça, hem de yığın yüklerin taşınmasına uygunluk gösterirler. Zemin üstü taşıma ya da boş hacimde kaldırma, taşıma makineleri ile gerçekleştirilir. Sürekli taşıyıcılar ise sabit veya hareketli sistemler olup, öngörülen bir taşıma mesafesinde, yükleme yerinden boşaltma yerine kadar sabit veya değişken bir hızla ya da belirli periyotlar şeklinde hareket ederler. Doğru kararın verilebilmesi için taşıma ekipmanlarının yeterince tanınması gerekmektedir.

Malzeme taşıma araçlarını, taşınan ürünün akışına göre kesikli ve sürekli olmak üzere iki başlık altında toplamak mümkündür. Kesikli türde yer alan araçların boş bekledikleri anlar mevcut olup, taşınacak malzemenin boyutları önem taşımaktadır. Sürekli türde yer alan araçlar ise devamlı bir akış sağlamakta olup, her tipte malzemeye uygun farklı farklı çeşitleri bulunmaktadır (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> , 7 Şubat 2012, s.y.).

Malzeme taşıma araçlarını karar vericilere yardımcı olması açısından üç ana başlık altında toplanmaktadır;

1. Endüstriyel kamyonlar
2. Konveyörler
3. Vinçler ve yük asansörleri

Güç sağlayıcısına sahip endüstri araçları, genellikle üretim alanında, yükleme rampasında ve ambarlarda kullanılabilir. Farklı amaçlar için çeşitli üreticiler tarafından kullanılıyor olmasına rağmen bu araçlar, Endüstri

Araçları Derneğinin Yönergesine göre beş ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar;

1. Elektrik sürücü kamyonları (Electric rider trucks)
2. Elektrik dar koridor kamyonları (Electric narrow aisle trucks)
3. Elektrikli el transpaletleri (Electric hand pallet trucks)
4. Tekerlek içten yanmalı kamyonlar (Cushion tire internal combustion trucks)
5. Pnömatik lastik içten yanmalı kamyonlar (Pneumatic tire internal combustion trucks)

Elektriksiz el aracı ve transpaletler düşük maliyetli malzeme taşıma alternatiflerini oluşturmaktadırlar. Kısa mesafe ve hafif yükler için oldukça kullanışlıdır. Bunlar da iki grupta incelenmektedir;

1. Motorsuz el arabası (Non-powered hand truck)
2. Motorsuz el transpaleti (Non-powered hand pallet truck)

Sabit rotalı konveyörler, bir lokasyondan stok alanına ya da fabrikalara periyodik ve sürekli malzeme akışını sağlarlar. Ürünün istiflenmesi, yukarı kaldırılması, montaj hattındaki sürekliliğin sağlanması, depolama gibi işlemlerde sıklıkla kullanılırlar. Bu konveyörler beş ana başlık altında toplanırken her bir çeşidi de kendi içinde farklı dallara ayrılmaktadır. Konveyör çeşitlerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür;

1. Yer çekimli konveyörler (Gravity conveyors): Oluklu (chutes), paten tekerlekli (skate wheels) ve rulolu (rollers) olmak üzere üç çeşittir.
2. Yatay güç sağlayıcısı olan konveyörler (Horizontal Powered Conveyors): Düz Kayış (Flat Belt), V-Kayış (V-Belt), Kablo (Cable), Hat milli (Line Shaft) ve Zincir (Chain) olmak üzere beş çeşittir.
3. İstifleme konveyörler (Sortation Conveyors): Manuel (Manual), Saptırıcı (Deflector), İtici/Çekici (Pusher/Puller), Tekerlek Aktarımlı (Wheel

Transfer), Makara Transferi (Roller Transfer), V-Kayış Transferi (Kayış Ve Zincir Transferi), V-Belt Transferi (Belt & Chain Transfer)), Silindir Askı Elemanı (Roller Diverter), Tekerlekli Askı Elemanı (Wheel Diverter), V-Kayış Askı Elemanı (V-Belt Diverter), Eğim-Tepsisi Sıralayıcı (Tilt-Tray Sorter), Eğim-Kanallı Sıralayıcı (Tilt-Slat Sorter), Kanallı Askı Elemanı (Slat Diverter), Yönlendirici (Diverter), Açılır Kemer & Zincir (Pop-Up Belt & Chain), Açılır Makaralı (Pop-Up Roller), Açılır Tekerlekli (Pop-Up Wheel), Hareketli-Shoe Menteşeli Sıralayıcısı (Sliding-Shoe Slat Sorter) olmak üzere on yedi çeşittir.

4. Güç sağlayıcısına sahip üstten dizaynı konveyörler: (Powered Overhead Conveyors): Bunlar dört çeşittir; Sınırsız Zincirli Korumasız Yük Arabaları (Endless Chain With Exposed Trolleys), Sınırsız Zincirli Muhafazalı Yük Araçları (Endless Chain With Enclosed Track), Tek Ray İle Güçlendirilmiş Ticari Tren (Powered Monorail With Commercial Rail), Tek Raylı Güçlendirilmiş Entegre Motorlu Araçlardır(Powered Monorail With Integral Motorized Trolley).
5. Dikey konveyörler (Vertical Conveyor) iki çeşittir düşey ekseninde malzemenin yer değiştirmesini sağlarlar.
6. Çeşitli Rotalı Konveyörler (Variety Path Conveying): AGV (Automatic Guided Vehicle) otomatik yönlendirmeli araçlar ve tek raylılar(Monorail) bu konveyör tipi için başlıca örnekleri oluşturmaktadır. Dağıtım mekanizması açısından bunların değişik bir versiyonu ise daha ağır katı yüklerin kaldırılması için çeşitlendirilmiş pnömatik (havalı) tüp sistemi içerecek şekilde dizayn edilmiş olanlarıdır. AGV, sistemdeki çeşitli noktalar arasında malzeme taşımalarını otomatik yönlendirme ekipmanı ve takip için kılavuz çizgilerinin yanı sıra bilgisayar desteği ile sağlamaktadır. AGV' ler de kendi içlerinde dört farklı tipte ele alınabilir. Bunlar; Traktör / Çekme Aracı (Tractor/Tow Vehicle), Birim Yük Taşıyıcı (Unit Load Carrier), Çatalı Kaldırma (Fork Lift), Hafif Yük Taşıyıcı (Light-Load Carrier)' dir.

7. Monorailer hava ile ilerlerler, kendinden enerjiye sahiptirler, zeminde yer kaplamaksızın malzemelerin taşınmasını sağlarlar.
8. Havalı Tüp Sistemleri (Pneumatic Tube Systems) : katıların hareketi için dikey ve yatay olarak uzun mesafelerde taşıma sağlarlar.

1.1.4. Malzeme Taşıma Sistem Seçimi İle İlgili Literatür Çalışmaları

2007 yılında Sujono ve Lashkari' nin yapmış olduğu çalışma; malzeme taşıma sistem seçiminin yanında operasyon tahsisinin eş zamanlı olarak gerçekleştirildiği matematiksel model kurulmasına yönelik bir çalışmadır. Çok amaçlı olan bu modelde malzeme taşıma ve makine ayar süresinin minimize edilmesi için farklı parçaların farklı operasyonlara tahsisi sağlanmakta ve işletme maliyetlerinin minimum yapılması amaçlanmaktadır. Parça tipleri ile malzeme taşımanın uygunluğunu, maksimum hale getirmek amacıyla operasyon ve alt operasyon ilişkilerindeki uygunluk dikkate alınarak malzeme taşıma ekipman ataması yapılmıştır. Esnek üretim sisteminde uygulanmış olan bu çalışmada, modellemeler için Lingo programı kullanılmıştır (Sujono ve Lashkari,2007:116-133).

2012 yılında Dai tarafından tekstil firmasında gerçekleştirilen çalışma, esnek malzeme taşıma sistemleri ile ekonomik fizibilite çalışmasını içermektedir. Müşteri talebine daha iyi yanıt verebilmek, zamanında kazanç sağlayabilmek ve kaliteyi arttırmak amacıyla tekstil firmasının yeni ticaret ve üretim stratejileri arayışı içerisinde olduğu dönemde bu çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Gerçekleştirilen bu uygulamada ilk olarak düzeltilmesi gerekenin malzeme taşıma sistemi olduğu tespit edilmiştir. Tekstil firması için LPS (Local Positioning System) ile AGV (Automated Guided Vehicles) 'nin esnek taşıma sistemlerinde kullanımı ile ilgili ekonomik fizibilite çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada yatırımın geri dönüş periyodu, iç karlılık oranı, aktivite ve ürün bileşeni tabanlı olarak ele alınmış projenin ekonomik

performansının değerlendirilmesi yapılmıştır. %30 daha iyi iç karlılık oranı ile esnek taşıma sistemi seçilmiştir (Dai,2012:28-36).

Malzeme taşıma sisteminde; taşıma, stoklama şekli ve parti bilgileri çok önemlidir. Araştırmaların birçoğunda parça büyüklüğü, ağırlığı, parça miktarı, makine ve istasyon sayısı, taşıma yapılacak alanın uzunluğu, taşıma yönü (2D/3D) şeklindeki konular ilk sırada yer almaktadır. Ancak Devise'nin yapmış olduğu çalışmada tek yönlü konveyör ve AGV sistemleri ele alınmış olup; esnek üretim sisteminin oluşturulmasında üretim akışını oluşturacak tesis yerleşimine uygun malzeme taşıma sisteminin belirlenmesi sağlanmıştır. Çalışmada Arena programının kullanımı ile simülasyona da yer verilmiştir (Devise,2000:209-218).

Yurdakul ve İpek 2005 yılındaki çalışmalarında, malzeme taşıma sisteminin seçiminde kullanılmak üzere Uzmanım adını verdikleri esnek kullanım olanağına sahip bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde taşıyıcı bant, vinç kaldırıcı, otomatik yönlendirmeli araçlara yer vermişler, yeni araç ve özelliklerin eklenmesine de fırsat sağlamışlardır. Sistemin esnekliği kullanıcıya sorular sorulması aracılığı ile yeni ekstra bir malzeme taşıma sisteminin ilave edilebilmesinden gelmektedir. Karar vericiyi sorularla uygun malzeme taşıma sistemine yönelttikten sonra ekonomik olarak detaylı değerlendirmeler yapılmış daha sonra karar vericiye sonuç sunulmuştur (Yurdakul ve İpek, 2005:171-181).

Chakravorty 2009 yılında malzeme taşıma sisteminin uygulanmasıyla ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Chakravorty, daha öncekilerde olduğu gibi teknik konulara ağırlık vermektense, insan faktörüne yönelmeyi tercih etmiştir. Yapılan çalışma üç aşamadan oluşmakta olup; birinci aşamada malzeme taşıma sistemine adaptasyon sürecinde optimal çalışma ekibinin kaç kişiden oluşması gerektiği analizini yapmıştır. Yeni devreye alınmış bir malzeme taşıma sistemine uyum sağlanması için harcanacak

zamanın minimum olması için gereken en önemli kriterin psikolojik olarak uyum sağlayan bir ekip liderinden geçtiğini belirtmiştir. Taşımada problem çözümü için stratejiler geliştirilmesi ise ikinci aşamada ele alınmıştır. Son aşamada ise teknik yeterliliğin, öğrenmeyi hızlandırılabilceği vurgulanmış bunu optimal grup çalışması olarak sürdürmenin yolları üzerinde durulmuştur (Chakravorty,2009:89-106).

Başçetin ve Kesimal 1999 yılında yapmış olduğu çalışmasında sözel yargılara da yer vermek amacıyla bulanık küme teorisinden yararlanmış, dilsel değişkenlere de yer vererek 21 kriterli değerlendirme ile İstanbulda bulunan kömür ocağına uygun taşıma yöntemine karar vermiştir (Başçetin ve Kesimal,1999: 57-64).

Tuzkaya vd. 2011 yılında malzeme taşıma sistemi seçiminde çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olan “Promethee” ’den yararlanmışlar bunun için de bulanık sayıları kullanmışlardır. Karar probleminin belirsizlikler içermesinden ötürü tercih ettikleri bu yöntemle transpalet, el forklifti, elektrikli araç forklifti ve mazotlu araç forklifti seçeneklerinden birini 5 ana kritere göre değerlendirerek ilk aşamada seçmiş olup ardından malzeme, maliyet, teknik özellikler, performans ve aracın kullanımı ile ilgili kriterlere bağlı olarak karşılaştırma matrisleri oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda sistemleri için mazotlu araç forkliftinin uygun olduğunu belirlemişlerdir (Tuzkaya vd. ,2011:144-155).

Gümüş yapmış olduğu çalışmada lojistik faaliyetlerin rekabet stratejileri ve işletme karı ile olan ilişkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Lojistik yönetiminin etkin bir şekilde yapılmasını sağlamış işletmelerin, çevresindeki diğer işletmelere nazaran bir adım önde olacağını bu çalışma ile belirtmiştir (Gümüş,2007:97-113).

Hücreyel üretim sisteminde, malzeme taşıma sisteminin seçimine göre operasyon tahsisinin modellenmesi Lashkari vd. tarafından 2004 yılında

yapılmıştır. Çalışmada 2 adet matematiksel model kurularak Lingo Programından yararlanılmıştır. Modellerden birisi her bir parça için üretim maliyetini, makine ayarını ve malzeme taşıma süresini minimum yapan uygun tezgahın atamasını gerçekleştirirken, bir diğeri ise bu çıktıları girdi olarak almakta ve en uygun malzeme taşıma sistem seçimini gerçekleştirmektedir. İncelenen taşıma sistemleri 7 adet olup; robot, insan, Forklift, Belt Konveyör, AGV, ASRA, Powered Hand Truck olmuştur. Uygulama için geliştirilmiş modeller tek bir imalat hücresinde gerçekleştirilmiş olup 3 aşamada çözüme ulaşılmıştır (Lashkari vd. ,2004:115-139).

1. Operasyonel yerleşimin belirlenmesi
2. Malzeme taşıma çözüm modelinin çözümü
3. Parça-proses kombinasyonuna uygun minimum maliyet için malzeme taşıma sisteminin değişimi

İKİNCİ BÖLÜM

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR PROBLEMLERİ

2.1. KARAR PROBLEMLERİ

2.1.1. Karar Problemlerine Genel Bakış

Çok kriterli karar problemleri incelendiğinde üzerinde durulmuş olan farklı farklı yöntemlerin olduğu görülür. Bu yöntemlerin başında Analitik Hiyerarşi Proses olmak üzere, Ağırlıklı Toplam Yöntemi, Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, TOPSIS, PROMETHEE ve ELECTRE uygulanabilirlikleriyle ve çalışmalarda tercih edilmeleriyle ilk sıralarda yer almaktadırlar.

Burada sözü edilen Ağırlıklı Toplam Yöntemi tek boyutlu ve aynı birimlere sahip kriterlerin karşılaştırılmasında sıklıkla kullanılan bir yöntem iken, Ağırlıklı Çarpım Yöntemi alternatiflerin, diğer alternatiflere nazaran kriter oranları ele alınarak sıralama yapılan bir yöntemdir. Ağırlıklı Toplam yöntemine göre daha çok tercih edilme nedeni problem içindeki ölçüt birimlerinin göz ardı edilebilmesidir. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi tek ve çok boyutlu karar problemlerinde kullanılabilmektedir (Triantaphyllou,1996:281-310) .

TOPSIS (Technique for Order Preferenceby Similarity to Ideal Solution) Yöntemi, pozitif ideal çözüme en yakın (PIS), negatif ideal çözüme (NIS) ise en uzak mesafede bulunan alternatifin seçilmesine yönelik bir yöntemdir (Lai,1994:486-500).

Tüm kriterler göz önüne alınırsa, seçilecek alternatifin bu kriterleri ideal seviyede yerine getirmesi beklenecektir. Ancak ideal seviyede tespit edilmiş

olunan çözüm, ulaşılabilir olmayabilir. Ulaşılamayacak bir çözüm elde edildiğinde bu yöntemin önerisi ideale en yakın olan alternatifin değerlendirmeye alınması yönündedir (Kim, 1997: 23-33).

Zenginleştirici Değerlendirme İçin Tercih Sıralaması Kuruluş Metodu olarak Türkçeye çevrilebilen ancak daha yaygın kısaltılmış kullanımı ile PROMETHEE olarak bilinen (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) Yöntem ise birbiri ile çelişen kriterleri göz önünde tutar. Bu yöntem genellikle alternatiflerin sınırlı sayıda olduğu durumlarda sıralama yapmak için tercih edilen bir yöntemdir (Goumas,2000:606-613).

PROMETHEE I, alternatifler arası kısmi sıralama yapmaktadır. Alternatiflerin sıralanabilirliğini ya da farksızlığını ortaya koymaya yardımcı olmaktadır. PROMETHEE II, alternatifler arasında tam bir sıralama sağlarken, PROMETHEE III, olay aralıklarını değerlendirmeye yaranmaktadır (Cavalcante,2007:385-397).

Bu yöntemlerde zaman içerisinde gelişimler sağlanmış olup sınırlı sayıdaki alternatiflerin karşılaştırılmasında kullanıldığı gibi aynı zamanda sınırsız sayıda olayı değerlendirebilme olanağı sağlayan PROMETHEE IV ortaya çıkmış, kümelerde gruplanmış sınırlı sayıda alternatifi değerlendirmede ise PROMETHEE V kullanılmaya başlanılmıştır.

Eleme ve Seçim Çevri Gerçeği olarak Türkçeye çevrilebilen ancak ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realité) olarak daha yaygın bir kullanıma sahip olan bu yöntem, tercih edilen ve edilmeyen alternatiflerin birbirlerine olan üstünlüklerini belirlemeye yöneliktir. Karar vericinin iki alternatif arasında seçim yaparken hissettiği hoşnut ve hoşnutsuzluk ölçüsü olarak ele alınarak uyum ve uyumsuzluk kümeleri oluşturulmaktadır. Uyum ve uyumsuzluk kümelerinde birden fazla alternatif olması durumunda karar verilmeden önce net uyum hesaplamaları yapılmaktadır. Baskınlık ilkesine dayanan ELECTRE yönteminde her bir ölçüt için önem ve verimlilik tespiti

yapılmakta, seçenekler bu tespitler doğrultusunda notlandırılmaktadır. Bu notlar doğrultusunda ağırlıklandırma yapılmakta ve uygun olan seçeneğe karar verilmektedir (Karacasu,2004:59-70).

Karar problemlerinin çözümü için kullanılan farklı farklı yöntemler mevcuttur ancak bu yöntemlerin hiç birisi diğerlerine göre tam üstünlük sağlayamamaktadır. Bu yöntemlerin en önemli avantajı ise nicel ve nitel kriterleri bir arada değerlendirmeye imkân sağlamalarıdır (Dağdeviren, 2007:562-567).

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin arasında çok keskin çizgilerle belirlenmiş bir üstünlük söz konusu olmamasına karşın bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Sürecinin seçim nedeni, problemin hiyerarşik düzene getirilmesi ile karar vericilerin tercihleri esnasında üstünlükleri daha rahat belirlemelerini sağlama düşüncesi olmuştur.

Hiyerarşi sayesinde problem öğelerinin birbirleri ile olan ilişkisi rahatlıkla fark edilebilir, hiyerarşideki alt kriterlerin önceliği, kriter önceliğine bağlı olarak kademeler arası etkileşim değer kazanabilmektedir. Kriterler, alt kriterler ve seçenekler arası ilişkiler, amaç doğrultusunda rahatlıkla incelenebilmektedir.

2.1.2. Karar Probleminin Temel Bileşenleri

Karar probleminin temel taşlarından olan parametreler; deterministik (belirli), rassal (risk ortamı), bulanık ya da belirsiz olabilirken; karar değişkenleri, bölünebilir (non-negative) ya da rassal (kesikli/tam sayılı) olabilmektedir. Burada sözü edilen parametreler, vereceğimiz kararı etkileyen ancak karar vericinin kontrolü dışında olan (kontrol edilemeyen) değişkenlerdir. Karar değişkenleri ise değerini karar vericinin belirlediği değişkenlerdir.

Karar değişkenleri ile parametreler arasında fonksiyonel ilişkilerin doğrusal olup olamamasına bağlı olarak getirilecek cözümün değiştiği gibi, problemin zaman boyutu yani tekrarlı (programlanabilen- bir defa cözölüp hep uygulanabilir olması) ya da tekrarsız (bir defa cözölebilecek-bina projesi gibi) oluşu da önem kazanmaktadır.

Problemimizin çevresel etkileşimi, amaçları ve karar verici sayısı da önemli faktörler arasında yer almaktadır. Durağan bir çevre ile devingen yapılı bir çevre içinde ortaya çıkacak karar verme yaklaşımı değişkenlik göstereceği gibi tek ölçütlü mü yoksa çok ölçütlü mü olacağını da iyi düşünmek gerekmektedir. Burada bahsedilmiş olunan “ölçüt” kelimesi; sistem davranışını değerlendirmek amacıyla kullanılan performans göstergelerine denilmektedir.

Yapılan bu calışmada birden fazla ölçüte göre sečeneklerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Farklı ölçütlerin değerlendirme kriteri kendi içinde farklılık göstereceğinden yani taşıma sistemi seçimine ait maliyet ölçütü; bakım maliyeti, yatırım başlangıç maliyeti gibi alt ölçütler ile ele alınırken, güvenlik ölçütü, taşınan malzemenin güvenliği, calışanın güvenliği gibi alt ölçütleri içerecektir. Farklı değer yargılar içeren bu ölçütlerin, değerlendirme esnasında (birbirleri ile karşılaştırılmasında) ağırlıklar belirlenerek bir araya getirilmesi en uygun yol olarak sečilmiştir. Tek tek her bir ölçüte göre sečeneklerin en iyisinin bulunması ve değer verilme yöntemi ile bir araya getirilmesi sağlanmaktadır. Her bir ölçütün ağırlıklandırılmasının yanı sıra sečenekler kümesinin kesikli ve sonlu sayıda olması belirli bir öncelik sırasına koyulabilirliğini sağlamaktadır (ağırlıklandırılarak öncelikler belirlenebilir). Bu da Analitik Hiyerarři Sürecinin tercih edilmesindeki bir başka etmen olmuştur.

Calışmanın en önemli ve zor kısmını oluşturan problemi bütünüyle ortaya koyma safhası için hiyerarşik bir yapı kurulmuş olup niceliksel verilere

erişmek için de ikili karşılaştırmalardan yararlanılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda elde edilmiş olan tahmin değerlerine Analitik Hiyerarşi adımları uygulanmış, yapılan işlemler sonucunda elde edilmiş ağırlıklandırma matrisleri, tutarlılık testine tabi tutulmuştur.

Sonlu seçenekli çok ölçütlü hiyerarşik yapıli bir karar problemi olan taşıma sistemi seçim problemi için Analitik Hiyerarşi Sürecinin yanı sıra Hiyerarşik Gri İlişkisel Analizine de başvurulacak, iki yöntem bir bakıma iç içe olarak ele alınacaktır. Bu nedenle de iki çözüm tekniğine de değinmekte yarar olacaktır. Gerçek hayatta tüm taşıma sistemleri için net bilgilere erişmek neredeyse imkânsızdır. Kriterler arası değlendirmelere başlandığında ortaya çıkan belirsizlikler nedeniyle doğrudan Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile karar vermek yerine Gri İlişkisel Analiz ile iç içe bir karar sistemi oluşturmanın daha yararlı olacağı kararına varılmıştır. Bu kararın neticesinde Gri İlişkisel Analize başvurulmuştur.

2.2. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES

2.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesine Genel Bakış

Analitik Hiyerarşi Süreci, sonlu seçenekli bir karar probleminde seçeneklerin ağırlıklandırılarak, önceliklerin belirlenmesidir. 1968 yılında Myers ve Alpert çok kriterli karar verme hakkında çalışmalar yapılabileceğini ortaya koymuş, bu yaklaşımın temellerini atmışlardır. 1977 yılına gelindiğinde ise Thomas Saaty karar problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere bir model geliştirmiştir (Kaynak; [www.deu.edu.tr / userweb / k.yaralioglu/.../Analitik_Hiyerarshi_Proces.doc](http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/.../Analitik_Hiyerarshi_Proces.doc), 23 Mart 2012, s.y.).

Analitik Hiyerarşi Süreci, temelde insan beyninin çalışma prensibi üzerine yapılmış olan bilimsel araştırmaların sonuçlarını içermektedir. Bu

çalışmalara göre insan beyni, çok ölçütlü karar verme esnasında seçenekleri ve ölçütleri ikişerli ikişerli olarak karşılaştırmakta ve karar vermektedir. Yapılan bu çalışmalar ayrıca normal bir beynin aynı anda 7 ± 2 faktörü değerlendirebildiğini ortaya koymuştur (Miller, 1956: 81-97).

Analitik Hiyerarşi Sürecinde öncelikli olarak problemin ortaya koyulması gerekmektedir ve probleme uygun hiyerarşi oluşturulmalıdır. İnsan beyninin çalışması doğrultusunda, karar vericilerden, her bir kriterin ikişerli olarak karşılaştırılması istenmektedir. Çalışmalarda bu yöntemin en önemli tercih edilme nedeni ise karşılaştırmının hem karar verici tarafından yapılabilmesi, insan faktörünün içinde bulunması, hem de yalnız nicel verilerin değil aynı zamanda; Thomas Saaty tarafından ortaya koyulmuş Önem Skalası sayesinde nitel yani soyut faktörlerin de değerlendirmede ele alınabilmesine olanak sağlamasıdır.

2.2.2. Analitik Hiyerarşi Proses ile İlgili Literatür Araştırması

Wijayatunga vd. 2006 yılında sürekli artmakta olan zararlı emisyonların azaltılması için elektrik sağlayıcı endüstriler üzerinde yapmış olduğu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanmıştır. Sri Lankada yapılmış olan bu çalışma, çevreye zarar vermeyen tesislerin kullanımı önündeki bariyerlerin belirlenmesi ve sıralanmasını içermektedir. Engellerin üstesinden gelmek için etkili teknoloji ve stratejilerden olan 4 farklı enerji üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Rüzgâr enerjisi, keresteden elde edilen enerji, kömür ve yakıt enerjisi değerlendirilmiştir (Wijayatunga vd., 2006:1179-1191).

2003 yılında yapılmış olan çalışmada ise optimum ekipman seçimi için Karar Destek Sistemi ile birlikte Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır. Başçetin bu çalışmasını açık ocak madenciliğinde gerçekleştirmiş olup optimum yükleme-taşıma sistemini seçmiştir. Karar Destek Sistemini oluşturmak için gerekli olan sayısal ve sözel değerlerin bir arada ele

alınmasını AHP ile sağlamıştır. Tüm bu yapılanların sonucunda çalışma ortamının ve yapılacak işin gereğince bantlı konveyör kullanımının uygunluğuna karar verilmiştir (Başçetin,2003:1-11).

Ho vd. 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada çok kriterli karar verme yaklaşımlarının tedarikçi değerlendirme ve seçiminde nasıl kullanıldığını araştırmışlardır. Analitik Hiyerarşi Prosesinin yalnız kullanılmasının yanında, yaptıkları çalışmada bu yöntemin başka karar verme metotları ile iç içe de uygulanabildiğini vurgulamışlardır. Analitik Network Proses (ANP), Case-Based Reasoning (CBR), Data Envelopment Analysis (DEA), Fuzzy Set Theory, Genetic Algorithm (GA), Mathematical Programming, Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART) gibi yöntemlerin tedarikçi seçimi için seneler içerisinde farklı farklı kombinasyonlar ile çalışmalara konu olduğunu ortaya koymuşlar ve yöntemlerin verdiği sonuçları karşılaştırma imkânı elde etmişlerdir. (Ho vd., 2010: 16-24).

Akman ve Alkan 2006 yılında işletme performansını yakından etkileyenin tedarikçi performansı olduğu düşüncesi ile tedarikçi performans değerlendirmesini ele almışlardır. Otomotiv yan sanayisinde yaptıkları çalışmada bulanık AHP yöntemine başvurmuşlar; tedarikçileri teknik yeterlilik, teslimat, kalite hizmet, esneklik, fiyatlandırma ve yenilikçilik gibi yedi farklı kriter açısından değerlendirmeye tabi tutmuşlardır (Akman ve Alkan, 2006: 23-46).

Sharman ve Agrawal 'ın 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada çekme üretim kontrol politikasının seçilmesi için farklı talep durumları altındaki üretim sistemleri değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada Kanban, Conwip ve Hybrid gibi üç farklı üretim politikası alternatifler olarak belirlenmiş olup talep dağılımları için binomial, exponential, lognormal ve poisson tercih edilmiştir. Değerlendirmeye alınacak alternatifler için 8 farklı performans

parametresi ele alınmıştır. Bunlar; talepteki kayıp oranı, servis seviyesi, ara stok oranı, toplam maliyet, belirli bir sürede işlenen malzeme oranı, makine kullanım oranı, ara stok kullanım oranı, ara stok kapasitesidir. Yapılan bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP tercih edilmiştir (Sharman ve Agrawal, 2009: 1622-1632).

2.2.3. Analitik Hiyerarşi Proses Uygulama Adımları

İnsan hayatının en önemli aşamalarından biri olan karar süreci, ömür boyu kaçınılması imkânsız olan en sancılı dönemlerdendir. Ciddi konular hakkında kararlar alınması gerektiğinde ise; problem öncelikli olarak tanımlanmalı, tüm boyutları ile ortaya koyulduktan sonra karar aşamasına geçmeden kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye alınmalıdır.

Karar probleminin ilk ve en önemli aşaması problem bileşenlerinin belirlenmesidir. Bileşenlerin belirlenme aşamasını üç adıma sahip gibi incelemek uygun olacaktır. Öncelikle karar vericiler ile amaçlar belirlemeli, daha sonra karar değişkenleri ve parametreler ele alınıp, çözüm aşamasına geçmeden önce son olarak kısıtlar tespit edilmelidir. Problemin belirlenmesi için gerekli olan temel adımlar genel anlamda bu aşamalardan oluşmaktadır. Problemin belirlenmesi ile birlikte yeni geline aşamada problem yapısına dikkat etmek gerekmektedir. Analitik Hiyerarşi sürecinin işlem adımları ise aşağıda sunulmuştur:

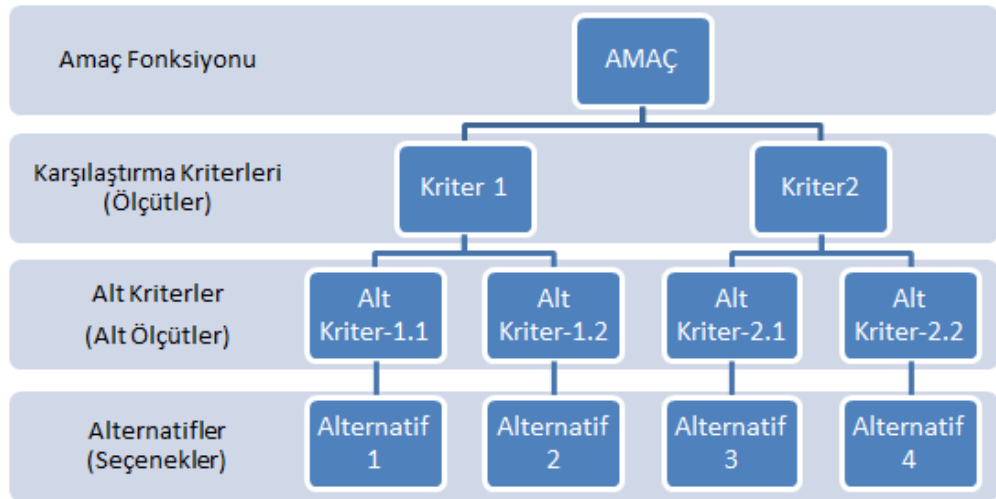
1. Problemin Tanımlanması
2. Karar Ölçütlerinin Saptanması
3. Çözüm Seçeneklerinin Belirlenmesi
4. Faktörler Arası Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması
5. Faktörlerin Öncelik Vektörleri Belirlenmesi
6. Faktör Kıyaslaması İçin Tutarlılık Ölçümü
7. Karar Verme

8. Kararın Uygulanması

Adım 1: Problem Tanımlanması ve Hiyerarşinin Oluşturulması

Problemin bütünüyle ortaya koyulabileceği bir hiyerarşi oluşturulur. Hiyerarşi düzeyleri problem için belirlenmiş olan amaç ve bu amaç için uygunluğu karşılaştırılacak alternatiflerden oluşur. Alternatiflerin karşılaştırılabilmesi için birtakım kriterler belirlenir ve bu kriterler de belirli özellikleri nedeniyle gruplandırılır. Gruplandırılan bu kriterler de hiyerarşide alt kriterler olarak yerlerini alırlar.

Hiyerarşinin gösterim şekli son durumda aşağıdaki gibi olacaktır;



Şekil 2: Hiyerarşik Yapı

Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Hazırlanışı

Ölçütlerin kendi aralarında değerlendirilmesi ile seçeneklerin de her bir ölçüte göre ağırlıklandırılmasına ikili karşılaştırma denilmektedir. Niteliksel olan verilerin niceliksel hale dönüştürülmesi bu aşamada gerçekleşmektedir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda aşağıdaki B matrisinin ve W vektörünün elde edilmesi gerekmektedir;

Karar verici, seçeneklerin her bir ölçüte göre önem düzeylerini belirleyecektir. Örneğin j. ölçüt için ağırlıklandırmayı aşağıdaki gibi oluşturacaktır;

$$b_j = \begin{bmatrix} b_{1j} \\ b_{2j} \\ \vdots \\ b_{mj} \end{bmatrix}$$

Karar vericinin, n tane seçeneğinin bulunduğu durumda her ölçüt için seçeneklerin ağırlıklandırılması yapılacak ve $B = [b_{ij}]_{m \times n}$ matrisi elde edilecektir.

Burada sözü edilen $b_{ij} \geq 0$ ve $\sum_{i=1}^m (b_{ij}) = 1$ olmalıdır.

Karar vericinin, m tane ölçütü olduğu düşünülürse, bunların kendi aralarındaki önem düzeyleri (ağırlıkları) aşağıdaki gibi oluşturacaktır;

$$W = [W_1, W_2, W_3, \dots, W_m] \text{ olacaktır.}$$

Burada sözü edilen $W_i \geq 0$ ve $\sum_{i=1}^m (W_i) = 1$ olmalıdır.

Ölçütlerin karşılaştırılmasında, i. ölçütün j. ölçüte göre önemini ifade etmek için W_i / W_j yapılabileceği göz önüne alınırsa, ikili karşılaştırmalar matrisinin bulunması için W vektöründen yola çıkılarak aşağıdaki matris oluşturulabilir;

$$A = \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_2/W_1 & \dots & W_m/W_1 \\ W_1/W_2 & W_2/W_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \\ W_1/W_m & \dots & & W_m/W_m \end{bmatrix}$$

Bu matrisin oluşturulması için her bir ölçütün birbirleri ile olan üstünlük durumlarının başlangıçta biliniyor olması gerekirdi ki, gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde bu matrisin oluşturulabilmesi için bilgiler hazır bulunmamaktadır. Bu nedenle yukarıdaki karşılaştırma matrisi, benzer bir yöntem ile karar vericiler tarafından oluşturulmalıdır.

Örneğin a_{12} hücresinin oluşturulmasında karar vericinin düşüncesinde, “2. ölçütün 1. ölçüte göre önemi benim için nedir?” olmalıdır. Benzer düşünceler doğrultusunda tüm hücrelerin doldurulması sağlandıktan sonra Analitik Hiyerarşi Prosesinin işlem adımlarına başlanacaktır.

Probleme uygun hiyerarşinin oluşturulması en önemli aşamalardan olup, ikili değerlendirmelerin yapılması hiyerarşinin oluşturulması gibi önemli olan başka bir aşamayı teşkil etmektedir.

Analitik Hiyerarşi Proses yöntemi kendi içerisinde ne kadar tutarlı olursa olsun insan faktörünün içinde bulunduğu bir adım olan karşılaştırma aşamasında tutarsızlıklar oluşabilir ve bu tutarsızlıkların sonucunda tüm AHP adımlarının tekrarı gerekebilir. Bu nedenledir ki hiyerarşinin oluşturulmasında

gösterilen özen ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulmasında da gösterilmelidir.

Matrisin oluşturulmasında 5'li değerlendirme ölçütü kullanılır. Bu ölçüt sözel verilerin sayısal olarak değerlendirilmesini sağlamak amacıyla Thomas Saaty tarafından öne sürülmüştür. 1 ile 9 arasındaki sayılar ile iki parametrenin birbirlerine olan üstünlük ya da durum dereceleri saptanır.

Tablo 1: Nitel değerlerin nicel karşılıkları

Puan:	Anlamı:
1	Karşılaştırılanların ikisi de eşdeğer öneme sahiptir.
3	Orta derecede üstünlük söz konusudur.
5	Önemli veya güçlüdür.
7	Çok önemlidir.
9	Aşırı derecede önemlidir.

Matrisin oluşturulmasında yukarıdaki değerler anlamlarına göre tercih edilmektedir. Bu oluşturulan matrisin bir takım özellikleri söz konusudur.

2.2.4. İkili Karşılaştırma Matrisinin Özellikleri

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & \dots & a_{mm} \end{bmatrix}$$

A matrisinde bulunması gereken özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Asıl köşegene göre simetrik bir matris olmalıdır.

$$a_{lj} = \frac{1}{a_{jl}}$$

$l = j \rightarrow a = 1$ Olmalıdır.

2. Geçişme özelliği bulunmalıdır.

$$W_l / W_j \times W_j / W_k = W_l / W_k$$

A matrisi oluşturulduktan sonra izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir:

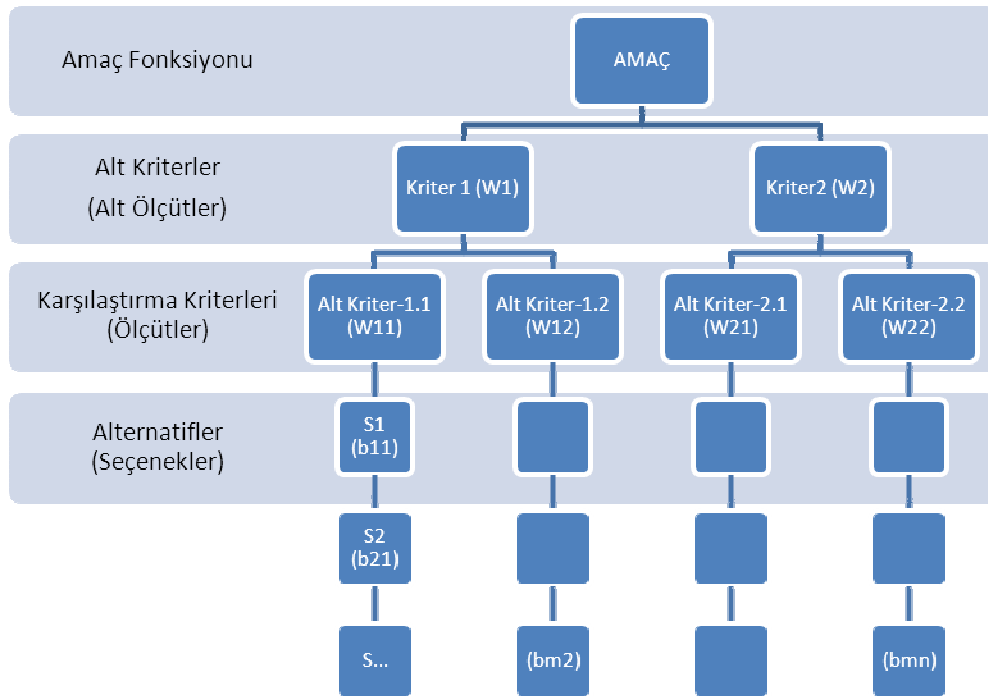
Adım 3: Tüm matris elemanlarının sütun toplamına göre normalize edilmesi

Matrisin sütun toplamlarına bakıldığında, birinci sütun toplamı; $(\sum W_l) / W_1$ olur iken, ikinci sütun toplamı da benzer bir şekilde, $(\sum W_l) / W_2$ olarak devam etmelidir. Tüm sütun toplamlarında da bu kural geçerlidir.

$$A_{norm} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^m a_{i1}} & \frac{a_{1m}}{\sum_{i=1}^m a_{im}} \\ \frac{a_{21}}{\sum_{i=1}^m a_{i1}} & \vdots \\ \vdots & \ddots \\ \frac{a_{m1}}{\sum_{i=1}^m a_{i1}} & \dots & \frac{a_{mm}}{\sum_{i=1}^m a_{im}} \end{bmatrix}$$

Normalizasyonun ardından bulunan yeni A_{norm} matrisinin sütun toplamaları 1 olmalıdır. Yeni matrisin satır toplamaları alınarak ölçüt sayısına bölünerek $\bar{W}$ karşılaştırma vektörü oluşturulmuş olur.

Son durumda matris hiyerarşi üzerinde gösterecek olunursa aşağıdaki gibi bir sistematik elde edilir;



Şekil 3: Matris Elemanlarının Hiyerarşik Gösterimi (Demiray,2007:s.y.)

AHP' nin son aşaması olan tutarlılık testine geçilmelidir. Bu aşamada oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olması için geçişli olması gerekmektedir. Geçişlilik özelliği sağlanamıyor ise karar verici değerlendirmelerinde yanlışmış olmalıdır ve işlemlerin başına dönmek gerekecektir.

Adım 4: Tutarlılık Testinin Yapılması

Temel değerin (λ' nın) hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından T sütun vektörü elde edilir.

$$T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Bulunan T sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (TT) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir.

$$TT_i = \frac{ti}{wi} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^n TT_i}{n}$$

A matrisi sadece $n = \lambda_{\max}$ olması halinde tutarlı olduğundan hesaplamada $\lambda_{\max}$ dikkate alınmaktadır. Ancak geçişlilik özelliğinin gerçek hayatta daima sağlanabilmesi mümkün olmamaktadır ve A matrisinin kabul edilebilir tutarlılık seviyesinde olup olmaması kontrol edilmelidir. Bu nedenle de tutarlılık indeksine başvurmak gerekecektir (Demiray,2007:s.y.).

Consistency Index (Tutarlılık indeksi- CI) aşağıdaki formül ile bulunmaktadır;

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Tutarlılık testinin yapılması için daha önceden Saaty tarafından tespit edilerek tablolaştırılmış Rassal Index (RI)' e ihtiyaç vardır. RI değeri değerlendirilen ölçüt sayısına göre değişmektedir. Tablo aşağıdaki gibidir;

Tablo 2: Rassal indeks değerleri

Karşılaştırma yapılan ölçüt sayısı (n) :	Rassal İndeks (RI):
2	0
3	0.52
4	0.89
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.40
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.48
13	1.56

Tutarlılık oranının 0.10' dan küçük olması sağlanırsa karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Consistency Rate (CR) aşağıdaki gibi bulunacaktır;

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

Matriste tutarlılık sağlanıyor ise; $\frac{CI}{RI} \leq 0.10$ olmalıdır. Tutarlılığın

sağlanmadığı durumlarda ilk adım olan ikili karşılaştırma matrisine geri dönmeli ve karar vericilerden yeni bir karşılaştırma yapmaları ya da yapılan karşılaştırmada mantık hatası olmaması için yeniden dikkat etmeleri

gerektiğine dikkat çekilmelidir. Tutarlılığı sağlanmış olan matrislerde ise artık karar verme aşamasına geçilebilir.

Adım 5: İkili İlişkisel Matris Ağırlıklarının Bulunması

Ağırlık tespitinde kullanılmak üzere akademik çalışmalar farklı farklı birçok yöntemle başvurmuş olup bunların başında; En Küçük Kareler Yöntemi, Logaritmik En Küçük Kareler Yöntemi, Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi, Ki Kare ve Öz Değer Yöntemi gelmektedir (Bozoki,2005:255-270).

Bu çalışmada kullanılması tercih edilmiş olan Öz Değer Yöntemi ile ağırlık hesabı;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & \dots & a_{mm} \end{bmatrix}$$

Yukarıda yer alan A matrisi ikili karşılaştırmalar matrisi olup, bu matrisin her bir satırı için sütun değerleri çarpılır W matrisi elde edilir;

$$W = \begin{bmatrix} \sqrt[n]{a_{11} * a_{12} * \dots * a_{1m}} \\ \sqrt[n]{a_{21} * a_{22} * \dots * a_{2m}} \\ \vdots \\ \sqrt[n]{a_{m1} * a_{m2} * \dots * a_{mm}} \end{bmatrix}$$

Ağırlıkları içeren W' matrisinin elde edilmesi için ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılmalıdır;

$$W = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt[n]{a^{11} * a^{12} * \dots * a^{1m}}}{\sum_{i=1}^m (\sqrt[n]{a^{11} * a^{12} * \dots * a^{1m}})} \\ \frac{\sqrt[n]{a^{21} * a^{22} * \dots * a^{2m}}}{\sum_{i=1}^m (\sqrt[n]{a^{21} * a^{22} * \dots * a^{2m}})} \\ \vdots \\ \frac{\sqrt[n]{a^{m1} * a^{m2} * \dots * a^{mm}}}{\sum_{i=1}^m (\sqrt[n]{a^{m1} * a^{m2} * \dots * a^{mm}})} \end{bmatrix}$$

Her zaman karar verici tek bir kişi olmayabilir. Beyin fırtınası yöntemleri ile grup çalışmalarının yanı sıra, ayrı ayrı kişilere birbirlerinden etkilenme olmayacak şekilde sorular yöneltilmesi yöntemi ile de verilecek karardan etkilenecek olan herkese yönelik çalışmalar yapılarak kararlar alınması mümkündür.

2.2.5. Karar verici sayısının birden çok olması durumunda uygulanacak yöntem

Kararı veren kişi tek olduğunda tek bir matrisin işlemleri ile ilgilenilirken karar verici sayısının birden fazla olması durumunda, n adet kişinin vermiş olduğu karar matrisleri tek bir matrise çevrilmelidir. Tutarlı hale getirilmiş n adet matrisin tek bir matrise dönüştürülmesi için ortalama alınmalıdır. Burada kullanılması gereken ortalama geometrik ortalamadır. Geometrik ortalama kullanılarak, aritmetik ortalamanın aralıklardan etkilenme durumu da ortadan kaldırmış olur.

1. Kişinin yapmış olduğu karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi olsun;

$$A1 = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

2. Kişinin yapmış olduğu karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi olsun;

$$A2 = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nn} \end{bmatrix}$$

İki kişinin tercihlerinden oluşacak ortak karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi hesaplanacaktır;

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

Bu matris için $a_{12} = \sqrt[n]{x_{12} \times y_{12}}$ olacak şekilde tüm hücreler için hesaplanarak işlemlere başlanacaktır.

2.3. GRI İLİŞKİSEL ANALİZ

2.3.1. Gri İlişkisel Analize Genel Bakış

Hiçbir bilginin bulunmadığı ortam siyah olarak algılanırsa, tüm bilgilerin mükemmel bir şekilde ortada olduğu ortam beyazdır. Fakat gerçek hayat problemlerinde bu iki ideal ortam da bulunmamaktadır. Bu iki durumun ortasında olan senaryolara da sisli, bulanık ya da gri denilmektedir. Gri İlişkisel Analiz tek bir en iyi sonucun belirlenmesinde kullanılmamaktadır. Gerçek hayat problemleri için en uygun sonucu bu yöntem göstermektedir.

Tüm her şeyin belirli olduğu beyaz ortamda sonuç net bir tanedir ve net bir şekilde belirlidir. Siyah ortamda ise belirsizlik hat safhadadır ve hiçbir sonucun belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Gri ortam ise tam olarak bu iki durumun ortasında olduğundan uygun sonuçların çeşitliliğini sunmaktadır (Chan,2007:1539-1546).

Tüm bu düşüncelerden yola çıkılarak 1982 yılında Julong Deng tarafından Gri İlişkisel Analiz oluşturulmuştur. Bu yöntem sayesinde belirsizlik ortamında da birden çok kriter değerlendirmeye alınabilmiş, bir çok alternatif için çok kriterli karar verme sağlanmıştır (Deng,1989: 1-24).

Tek bir kritere göre alternatifler değerlendirilecek olursa, kriterin değerlendirilmesinde belirlenmiş optimum düzeye hangi alternatifin erişmiş olabileceğini belirlemek çok zor değildir. Ancak alternatiflerin değerlendirilmesi gereken söz konusu kriter sayısı birden fazla ise değerlendirmeler oldukça zor hale gelmekte ve belirsizlikler bu noktada daha da fazlalaşmaktadır.

Bir alternatifin, tüm kriterlerde, o kriterin alabileceği en iyi değere olan yakınlığını ve en kötü değere olan uzaklığını hesaplayan bu yöntem, toplamda en iyi alternatifi seçmeyi sağlamaktadır (Demiray,2007:s.y.).

2.3.2. Gri İlişkisel Analiz İle İlgili Literatür Çalışmaları

Yılmaz ve Güngör 2010 yılında yapmış oldukları çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden birini kullanarak farklı sertliklerde optimum takım tutucusunu belirlemişlerdir. Çalışmada bilginin kesikli olması, birçok verinin bulunması ve belirsizlik olan durumlarla karşılaşılması nedeniyle çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olan Gri İlişkisel Analiz kullanılmıştır. Gri İlişkisel Analiz için gereken verileri deneyler yardımıyla topladıktan sonra değerlendirerek amaçlarına ulaşmışlardır (Yılmaz ve Güngör, 2010: s.y.).

Kurt 2008 yılında yapmış olduğu bu çalışmada Gri İlişki Çözümlemesi ve Ridit Çözümlemesini birlikte kullanmıştır. Liker ölçeği ile hazırlanmış anketler yardımıyla üniversite öğrencilerinin kaygıları üzerinde durmuştur. Gerçek hayatta kısıtlı süre, yüksek maliyet, verinin kısıtlı olması gibi durumlar söz konusudur. Bu nedenle çalışmalarında Gri İlişki Çözümlemesini tercih etmiştir. Liker ölçekli anketleri kesikli olan verilerin değerlendirilmesinde kullanmıştır. Öğrencileri, bölümlerindeki ilk yıllarında ve mezun olacakları son sınıfta değerlendirmeye aldıkları bu çalışma Osmangazi Üniversitesi fen-edebiyat fakültesinde gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda, örneklem hacmi düşük ise GİA' nin de Ridit çözümlemenin de anlamlı ve güvenilir veriler ortaya koyduğu istatistikçiler tarafından belirtilmiştir (Kurt, 2008).

2006 yılında Lin vd. ekonomiyi, enerjiyi ve karbondioksit emisyonunu değerlendirmek üzere 37 farklı endüstri kuruluşunu ele almış olup kalitatif ve kantitatif değerlerin bir arada değerlendirilmesi gerektiğinden Gri İlişkisel Analiz' den yararlanmışlardır. Çalışma, Kyoto Protokolü gereği karbondioksit emisyonunun son 10 yılda hızla artmasının önüne geçilmesi için Taiwan' da

gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen verilere göre karbondioksit emisyonunun en çok demir- çelik endüstrisinden kaynaklandığını ancak ülke geliri açısından o kadar da yüksek sanayi kuruluşu olmadığı vurgulanmıştır (Lin vd. ,2007:1948-1955).

2011 yılında Liou vd. yapmış olduğu çalışmada servis kalitesinin geliştirilmesi için Değiştirilmiş Gri İlişkisel Analiz Metodu kullanmışlardır. Gerçek hayatın rekabetçi piyasasına kolay yanıt verebilecek arzu edilen alternatif ile değişim sağlamaya çalışılmıştır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırma yapılacak ise kriterlerin, farklı her bir alternatif için aynı olması gerekirken Gri İlişkisel Analizde bunun göz ardı edilebildiğini vurgulamışlardır. Çalışmanın son aşamasında servis kalitesinde rekabet yeteneği sağlayabilmek için yeni bir dizi oluşturmuşlardır. Modellerinin etkinliğini onaylamak için ise geniş örneklem üzerinde araştırma yapmışlar ve müşteri memnuniyetini çalışmaları ile sağlamayı başarmışlardır. Yaş aralığı, öğrenim durumu, cinsiyet gibi bilgilerin ele alındığı yolcuların uçuş bilgileri dahil dikkate alınmış olup 28 farklı kriter için değerlendirme gerçekleştirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda servis kalitesine bağlı olarak 4 farklı Taiwan havaalanı sınıflandırılmıştır. Rekabet üstünlüğü sağlamış olan, yani optimal tercih edilmiştir(Liou vd. ,2011:1381-1388).

2008 yılında Lu' nun yapmış olduğu çalışmada birim enerji artışına karşılık motorlu araçların katlettikleri mesafeler, motorlu araç sayısı, gayri safi yurt içi hâsıla, yakıt fiyatlarındaki ilişkiler değerlendirilmiş ve taşıma sistemlerine geliştirilen prosesler için, farklı faktörlerin dinamik karakteristiklerini korumak amacıyla Gri İlişkisel Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Taiwan'daki motorlu taşıtların enerji tüketimi değerlendirilmiştir. GRA ile araba yolcu sayısındaki değişimle yakıt tüketiminin yakından bağlantı içinde olduğu kanısına ulaşılmıştır (Lu,2008:2556-2561).

Sarucan vd. 2011 yılında yapılan çalışmada yenilenebilir enerji teknoloji seçiminde iki kademeli çok kriterli karar verme yaklaşımlarından Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz adı verilmiş olan teknik üzerinde durulmuştur. Enerji seçimi için gerekli verilerin tam olarak elde edilememesi nedeniyle Gri İlişkisel Analizin de işleme alınması gerektiği vurgulanmıştır. AHP kullanımının gerekliliği ise bu çalışmada GİA yönteminin girdilerini elde etmek için olmuştur. 3 ana kriter, 10 alt kriterden ve 6 alternatifin değerlendirildiği bir hiyerarşik yapı ele alınmıştır (Sarucan vd. ,2011:s.y.).

2.3.3. Gri İlişkisel Analiz Uygulama Adımları

Adım 1: Gri İlişkisel Oluşum

Gri İlişkisel Analiz, gri yani belirsiz bir ortamdaki her bir ölçüt ile kıyaslanmanın yapıldığı referans seri arasındaki ilişkiyi ortaya koyar. Her bir ölçüt bir dizi olarak tanımlanmalıdır. Ölçütler arasında tespit edilen ilişkiyi nitelendirmek adına kullanılan etki derecesine ise Gri İlişkisel Derece adı verilmektedir (Wen,2004:49-51).

Karşılaştırmanın yapılacağı referans seri aşağıdaki gibi belirlenmelidir;

$$X_0 = (X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n))$$

Bu seri gibi m tane seri oluşturulacaktır. Parametreleri farklı olan serilerin işlemlerine başlanılmadan önce, değerlerin ortak bir yapıya dönüştürülmesi yani normalleştirilmesi gerekmektedir.

$$X_l = (X_l(1), X_l(2), \dots, X_l(n)), (l = 1, 2, \dots, m)$$

Gri sistem teorisinde yapılan bu normalleştirmeye “Gri İlişkisel Oluşum” denilmektedir.

Normalizasyon, ölçütün kâr sağlamasına ya da zarar getirmesine bağlı olarak iki farklı şekilde yapılmaktadır. Yüksek olması daha iyi ise kâr sağlayan ölçütler arasında, düşük olması daha iyi ise zarar getiren ölçütler arasında değerlendirilmelidir. Ölçütün dahil olduğu sınıf tayin edilmeli, ardından normalizasyon işlemine geçilmelidir.

Kâr sağlayan, yani yüksek olan daha iyidir ölçütü için normalizasyon:

$$x_{ij} = \frac{S_i(j)}{\max_i \{S_i(j)\}}$$

$S_i(j)$: *i. seri, j. indeks için gerçek değer*

$\max_i \{S_i(j)\}$: *i. seri maksimum değer*

Zarar getiren, yani düşük olan daha iyidir ölçütü için normalizasyon:

$$x_{ij} = \frac{\min_i \{S_i(j)\}}{S_i(j)}$$

$S_i(j)$: *i. seri, j. indeks için gerçek değer*

$\min_i \{S_i(j)\}$: *i. seri minimum değer*

Yapılan normalizasyonlar sonucunda aşağıdaki seriler oluşacak ve çalışmalara onlardan devam edilecektir:

$$X^{t'} = (X^{t'}(1), X^{t'}(2), \dots, X^{t'}(n)), \quad (t = 1, 2, \dots, m)$$

Adım 2: Gri İlişkisel Katsayı Hesabı

Gri İlişkisel katsayısının hesaplanması için X_i serileri referans serisi ile karşılaştırılır. Karşılaştırma için aşağıdaki formül dikkate alınacaktır;

$$\Delta 0i(j) = |X0(j) - Xi'(j)|$$

Kriterlerin serilerdeki en büyük ve en küçük değere olan uzaklığı da aşağıdaki gibi hesaplanacaktır;

$$\Delta min = \min_i \min_j |X0(j) - Xi'(j)|$$

$$\Delta max = \max_i \max_j |X0(j) - Xi'(j)|$$

n uzunluğundaki seride j. Sıra ele alındığında. $\varepsilon(X0(k), Xi(k))$; j. sıradaki Gri İlişkisel Katsayıyı sembolize edecek olursa, Gri İlişkisel Katsayısının hesabı için aşağıdaki formül kullanılacaktır;

$$\varepsilon(X0(j), Xi(j)) = \frac{\Delta min + \xi \Delta max}{\Delta 0i(j) + \xi \Delta max}$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Adım 3: Gri İlişkisel Derece Hesabı

Gri bir sistem için x_i serisi ile referans seri olan x_0 arasındaki geometrik benzerlik $\gamma(x_0, x_i)$ ile simgelenirse; Gri İlişkisel Derece Hesabı;

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varepsilon(X_0(j), X_i(j))$$

Karşılaştırılan iki seri birbirine ne kadar yakın olursa derece değeri de bire o kadar yakın olacaktır. Eğer değer 1 ise, karşılaştırılan seri referans serinin aynısıdır.

2.3.4. Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Metodu

Analitik Hiyerarşi Proses Yönteminden elde edilen değerleri girdisi olarak değerlendirmeye alan, ilerleyen işlem basamaklarında Gri İlişkisel Analiz Yöntem adımlarının işlem basamakları ile optimum seçeneğin tercih edilmesine yarayan aynı zamanda da hiyerarşik yapıya sahip olan Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz ise aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır;

Adım 1: Birincil Gri İlişkisel Katsayı Hesabı

$\min_i (\min_j |x_{0i} - x_{ij}|) = 0$ Kriterlerin serilerdeki en küçük değere olan uzaklığının 0 olmasıdır. Bu durum her zaman geçerli bir durumdur ve ξ ayırıcı katsayısı sıralamayı değiştirmedeğinden 0,5 alınabilir. (Wen, 2004: 49-51).

$$\varepsilon(X_0(j), X_i(j)) = \frac{\min_i(\min_j |x_{0i} - x_{ij}|) + \xi \max_i((\max_j |x_{0i} - x_{ij}|)}{|x_{0i} - x_{ij}| + \xi \max_i((\max_j |x_{0i} - x_{ij}|)}$$

$$\varepsilon(X_0(j), X_i(j)) = \frac{0,5 \times \max_i((\max_j |x_{0i} - x_{ij}|)}{|x_{0i} - x_{ij}| + 0,5 \max_i((\max_j |x_{0i} - x_{ij}|)}$$

Adım 2: Birincil Gri İlişkisel Matrisinin Oluşturulması

Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi, alt kriterlerin ilişkisel derecelerini vermektedir. Alt kriter sayısının n, alternatif sayısının m olduğu düşünülürse Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi aşağıdaki gibi olacaktır;

$$GK = \begin{bmatrix} g_{k1} \\ g_{k2} \\ \vdots \\ g_{kn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon(X_0(1), X_1(1)) & \varepsilon(X_0(1), X_2(1)) & \dots & \varepsilon(X_0(1), X_m(1)) \\ \varepsilon(X_0(2), X_1(2)) & & & \\ & & & \vdots \\ & \vdots & & \\ \varepsilon(X_0(n), X_1(n)) & \dots & & \varepsilon(X_0(n), X_m(n)) \end{bmatrix}$$

Adım 3: Ağırlıklı Katsayı Vektörünün Bulunması

İkincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi, kriterlerin ilişkisel derecelerini vermektedir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için ise alt kriterler ağırlıkları da dikkate alınmalıdır. Ağırlıklı Katsayı Matrisinin oluşturulması için aşağıdaki denklemin dikkate alınmaktadır;

$$\delta K_k = W K_k \times g K_k$$

$$(WK_1, WK_2, \dots, WK_n) \times \begin{bmatrix} \varepsilon(X_0(1), X_1(1)) & \varepsilon(X_0(1), X_2(1)) & \dots & \varepsilon(X_0(1), X_m(1)) \\ \varepsilon(X_0(2), X_1(2)) & & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \varepsilon(X_0(n), X_1(n)) & \dots & \dots & \varepsilon(X_0(n), X_m(n)) \end{bmatrix}$$

Matrisin daha anlaşılır olması adına $\varepsilon(X_0(j), X_i(j))$ gösterimi için

$\zeta_{0i}(j)$ kullanılacak olunursa eşitlik;

$$\delta K_i = WK_i \times gK_i$$

$$= (WK_1, WK_2, \dots, WK_n) \times \begin{bmatrix} \zeta_{01}(1) & \zeta_{02}(1) & \dots & \zeta_{0m}(1) \\ \zeta_{0i}(2) & & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \zeta_{0i}(n) & \dots & \dots & \zeta_{0m}(n) \end{bmatrix}$$

$$= (\delta K_1(1), \delta K_2(2), \delta K_3(3), \dots, \delta K_n(m))$$

Herhangi bir kriter için oluşturulmuş yukarıdaki eşitlik tüm kriterler için tekrarlandığında yukarıdaki ağırlıklı katsayı vektörlerinden kriter sayısınca oluşturulmuş olacaktır.

Adım 4: Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Kriter sayısınca bulunmuş olan vektörler ile aşağıdaki gibi matris oluşturulur;

$$GA = \begin{bmatrix} \delta K1(1) & \delta K1(2) & & \delta K1(m) \\ \delta K2(1) & \delta K2(2) & & \\ & & \ddots & \\ & & & \delta Ks(m) \\ \delta Ks(1) & \dots & & \end{bmatrix}$$

Adım 5: Normalize Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

$$X_{ij} = \frac{Sl(j)}{\max l \{Sl(j)\}}$$

$$X_{ij} = \frac{\min l \{Sl(j)\}}{Sl(j)}$$

Yukarıdaki eşitliklerden yararlanarak Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisi aşağıdaki gibi normalize edilir;

$$G'A = \begin{bmatrix} \delta'K1(1) & \delta'K1(2) & & \delta'K1(m) \\ \delta'K2(1) & \delta'K2(2) & & \\ & & \ddots & \\ & & & \delta'Ks(m) \\ \delta'Ks(1) & \dots & & \end{bmatrix}$$

Adım 6: $\varepsilon(X_0(j), X_i(j))$ ile İkincil Gri İlişkisel Matrisin oluşturulması

Gri ilişkisel katsayı matrisi normalize edildikten sonra, G_k elde edilir;

$$G_k = \begin{bmatrix} \zeta_{K1}(1) & \zeta_{K1}(2) & & \zeta_{Km}(m) \\ \zeta_{K2}(2) & & & \\ \vdots & & \ddots & \\ \zeta_{Ki}(n) & \dots & & \zeta_{Ks}(m) \end{bmatrix}$$

Adım 7: Gri İlişkisel Derece Vektörünün elde edilmesi

Kriterler için oluşturulan matrisin ağırlıklandırılması ile amaç için Gri İlişkisel Derece Vektörü elde edilir;

$$\gamma(X_0, X_i) = W_k \times G_k$$

$$= (W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{kn}) \times \begin{bmatrix} \zeta_{k1}(1) & \zeta_{k1}(2) & & \zeta_{k1}(m) \\ \zeta_{k2}(1) & & & \\ \vdots & & \ddots & \\ \zeta_{ks}(1) & \dots & & \zeta_{ks}(m) \end{bmatrix}$$

$$= (\gamma(X_0, X_1), \gamma(X_0, X_2), \dots, \gamma(X_0, X_m))$$

Bu aşamaya gelindiğinde artık alternatiflerden hangisinin derecesi yüksek ise o alternatif tercih edilerek Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile karar verme sağlanmış olmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGUN MALZEME TAŞIMA SİSTEM SEÇİMİ

1.1. PROBLEMİN TANIMLANMASI

1.1.1. Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Genel Bilgiler ve İhtiyacın Belirlenmesi

Çalışmanın yapılmış olduğu fabrika 1982 yılında Ankara-Polatlı'da kurulmuştur. Bulunduğu coğrafyada aynı sektörü paylaştığı farklı bir firmanın bulunmayışının da katkılarıyla hızlı ilerlemeler kaydetmiştir. 1986 yılında 40.000 m² kapalı alanda üretimine başlamış olan firma 1987 yılında 4 milyon adet/yıl rulman üretimini, 1988 yılında ilk ihracatını gerçekleştirmiştir.

1992 yılına kadar yapılan yatırımların neticesinde rulman üretim kapasitesi yıllık 10 milyon adete kadar yükselmiştir. 1993 yılında, ISO9000 kalite yönetim sistem denetlemesine girmiş ve sertifika almaya hak kazanmış, 1994 yılında toplam satış içindeki ihracat payı %35 olarak gerçekleşmiştir.

1996 yılında üretim kapasitesini yıllık 20 milyon adete yükseltmiş, 1997 yılında kapalı alan 50.000 m²'ye çıkarılmış ve aynı dönemde ürün yelpazesi genişletilmiştir.

1998 yılında kendi elektriğini üretmek üzere kojenerasyon tesisini devreye almış, 1999 yılında Amerika kıtasına dağıtım yapmak üzere ABD'de büyük bir depoyu hizmete açmıştır.

Firma için daha sonraki yıllar kalite sistemini geliştirmek ve belgelendirmekle geçmiştir. 2000 yılında QS9000, 2003 yılında ISO/TS16949 ve 2004 yılında ISO14000 sertifikası alan firma, aynı dönemde kapasite artırımı için yatırımlarına devam etmiştir. 2005 yılında firmanın üretim kapasitesi yıllık 50 milyon adete ulaşmıştır.

2006 yılında inşa edilen üçüncü fabrika binası ile beraber toplam kapalı alan 80.000 m²'ye çıkarılmıştır. 2008 yılında gelişen ürün çeşitliliği ile hedef müşteri grubu ve uygulama çeşitliliği artırılmıştır. 2009 yılında ORS AR-GE Merkezi faaliyetlerine başlamış, ürün yelpazesine yeni ürünler eklenmeye devam etmiştir.

2010 yılında başlayan yatırım süreci 2011 yılında da devam etmiş, üretim kapasitesi 85 milyon adet/yıla çıkarılacak şekilde makine üreticilerine makine/hat siparişleri vermiştir.

Bu yatırımların gerçekleşme sürecinde ortaya çıkacak bina ihtiyacına istinaden 20.000 m²'lik yeni bir bina inşaatına başlanmıştır. Devamlı olarak gelişmekte olan firmanın ihtiyaçları, yapılan yeni yatırımlar, ürün çeşitliliğinin artması gibi gelişmelerle gün geçtikçe artmaktadır.

Fabrika 4 olarak isimlendirilen yeni binanın 2012 sonunda devreye alınması ile firmanın toplam kapalı üretim alanının 100.000 m²'ye ulaşması planlanmaktadır.

1.1.2. Firma İç Lojistik Uygulamaları

Firmadaki mevcut iş akışı;

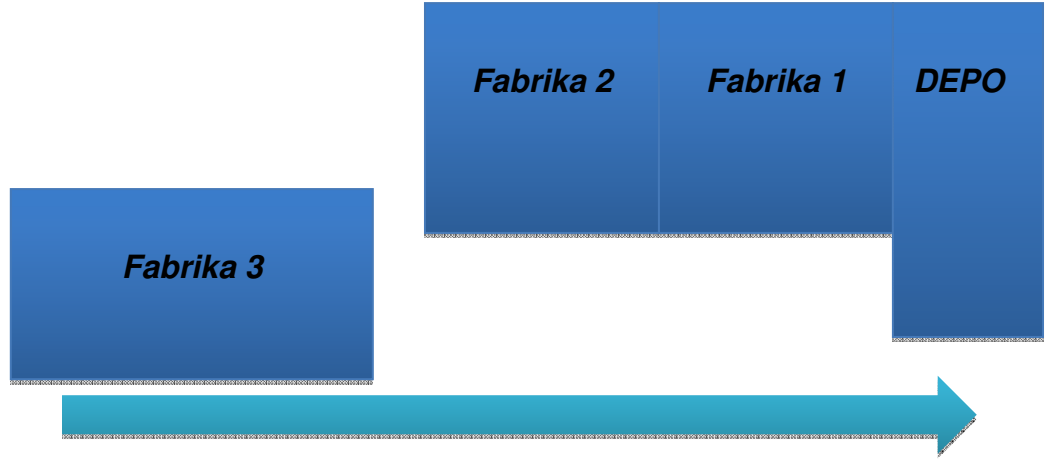


Şekil 4: İşletme Proses Akışı

Firmadaki işlem adımları en genel haliyle yukarıdaki gibi olup, bu işlemlere ilave olarak bir de pres bulunmaktadır. Tedarikçilerden gelen malzemeler, niteliklerine bağlı olarak hammadde ya da yarı mamul ambarına alınmaktadır.

Hammadde ambarına alınmış malzemelerden bir kısmı yukarıdaki işlem adımlarını takip etmekte taşlama operasyonunun ardından yarı mamul ambarına alınmakta, bir kısmı da hammadde ambarında yapılan gerekli giriş kalite kontrollerin ardından pres atölyesine geçip orada işlem gördükten sonra yarı mamul ambarına gelmektedir.

Prosesler arası taşınan malzeme ise 250 kg ile 3500 kg arası değişmekte olup, malzeme taşımanın yapıldığı işletme yerleşimi ise mevcut durumda aşağıdaki gibidir;



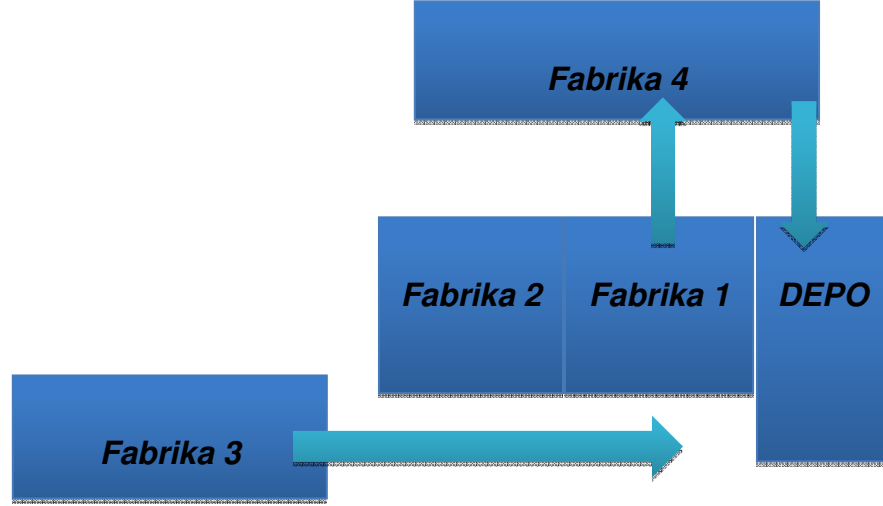
Şekil 5: İşletme Binaları Arasındaki Mevcut Malzeme Akışı

Yukarıdaki şekilde yer alan ok, malzeme akışını temsil etmektedir. Dövme ve torna işlemleri Fabrika 3 olarak adlandırılan binada gerçekleşmekteyken, bu işlemi takiben ısıtma işlemi, Fabrika 2’de, taşlama ve montaj ise Fabrika 1’de yapılmaktadır. Tüm proseslerden geçerek mamul halini almış ürünler depoya taşınmaktadır.

Yapılan bu yeni yatırım ile üretim alanlarının birbirine olan mesafeleri artacak bu da malzemelerin taşınmasında birtakım gereksinimleri beraberinde getirecektir.

Yeni yatırım sonucunda, firma üretiminin son aşamalarından olan taşlama ve montaj için kullanılan otomatik hatlar yeni fabrika binasına taşıyacak olup, mamul ambarı eski binada kalacaktır. Böylelikle ürünlerin bir kısmı yeni yapılan Fabrika 4’e gelerek son prosesler gerçekleştikten sonra tekrar Fabrika 1’e dönecek ve depolama alanına ulaşacaktır.

Yeni yerleşim planı ve iş akışı aşağıdaki gibi olacaktır;



Şekil 6: İşletme Binaları Arasındaki Yeni Malzeme Akışı

Firmada yapılacak bu düzenleme ile binalar arası taşıma sisteminin ne olması gerektiği gündeme gelmiş olup, ihtiyaç doğrultusunda yapılan bu çalışmada uygun taşıma sistem seçimi konusuna değinilmiştir.

1.1.3. Problemde Değerlendirmeye Alınan Kriterler

Firma için tercih edilecek olan malzeme taşıma sisteminin değerlendirilmesinde maliyet, güvenlik, teknik özellik ve planlama olmak üzere 4 ana kriter altında toplam 28 alt kriter değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmede dikkate alınan alt kriterler ise aşağıdaki gibidir;

İlk yatırım maliyeti: Malzeme taşınması için yapılacak ekipman yatırımının ilk alım bedelidir.

İş gücü maliyeti: Yükleme, boşaltma ya da taşıma esnasında gerekli olacak personel sayısı olarak ele alınmıştır.

Bakım maliyeti: Malzeme taşıma sisteminin, işletmede devreye alındığı an itibariyle beklenmedik zamanlarda arıza çıkma ihtimaline karşı periyodik olarak bakıma alınması gerekmektedir. Bu bakım maliyeti periyot aralıklarına göre değişiklik gösterecek olup bunun yanı sıra ani duruşlar esnasında gerekecek olan teknisyenin işgücü maliyeti ve yedek parça maliyeti dikkate alınarak, değerlendirmelerde bu kritere de ağırlık verilmiştir.

Teslimat maliyeti: Taşıma ekipmanının yurt dışından alınması durumunda ortaya çıkacak navlun maliyetinin yanı sıra yurt içi ya da yurt dışı fark etmeksizin ödenmesi gereken vergi miktarı bu kriterin içerisinde yer almıştır.

Yatırımın geri dönüş süresi: Yapılan her yatırımın başlangıcında ortaya çıkan bir ilk yatırım maliyeti söz konusudur. Bu maliyetin kendi kendini amorti etme süresine yatırımın geri dönüş süresi denilir. Bu süre ne kadar kısa olursa yatırımcı için o kadar iyi olacaktır. Dolayısı ile maliyet için de 'ne kadar düşük ise o kadar iyidir' düşüncesi ile değerlendirildiğinde bu kriter de maliyet kriterleri gibi zarar durumunu göstermektedir. Değerlendirmelerde de bu şekilde ele alınmıştır.

Harcanacak enerji maliyeti (Benzin/Elektrik/Mazot): Malzeme taşıma ekipmanının çalışması esnasındaki harcayacağı enerji olarak değerlendirilecektir. Harcanacak enerjinin benzin, mazot ya da elektrik olmasına bağlı olarak değerlendirilerek puanlama yapılmıştır.

Kullanımında gerekli özel nitelikli işgücü maliyeti: Bazı malzeme taşıma ekipmanlarını kullanacak kişilerin ehliyet, bilgi, belge, eğitim zorunlulukları söz konusudur. Bu gibi zorunlulukların olduğu durumlarda firmaya ekstra maliyet söz konusu olacaktır. Bu maliyet ne kadar düşük olursa firma için o kadar iyi olacağından zarar kriteri olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Kullanıcının güvenliği: Taşınacak ürün 250 kg ile 3500 kg arasında değişeceğinden malzeme taşımada çalışacak personelin güvenliği incelenecek kriterler arasında yer almıştır.

Yaya/araç trafiğinin güvenliği: Malzeme taşımada ayrılmış alandan malzeme taşınması dışında da faydalanma olacağı düşünülürse bu alanda bulunacak tüm her şeyin güvenliği dikkate alınmalıdır düşüncesi ile oluşturulmuş bir kriterdir.

Çevreye duyarlılık: Tercih edilecek olan malzeme taşıma ekipmanının yalnız personel, maliyet ya da malzeme açısından değerlendirilmesi doğru olmayacaktır. Her sistem, çevresi ile etkileşim içinde bulunduğundan tercih esnasında çevre ile uyumlu bir malzeme taşıma sisteminin olmasına da dikkat etmek gerekecektir.

Malzemenin güvenli taşınması: İşletme amaçlarının başında kâr sağlamak gelmektedir. Üretimde hammadde aşamasından mamul haline gelene kadar ürünün taşınması esnasında darbeye maruz kalması, hatalı taşıma sonucu hatalı ürünlerin ortaya çıkması kâr marjında azalmaya yol açacağından malzeme güvenliği önem kazanacaktır ve değerlendirmelerde dikkate alınması gerekecektir.

Hız: Amaç pazara zamanında ürünü sunabilmek olduğundan ürüne katma değer yaratmayan işlerden biri sayılabilecek malzeme taşınması için harcanacak zamanın minimize edilmesi yani taşımanın hızlı yapılabilmesi önem kazanacaktır. Bu nedenle hız kriterinin de dikkate alınması gerekmiştir.

Teknolojik altyapı yeterliliği: Malzeme taşınmasını tercih ederek kullanacak firmanın teknolojik alt yapısının yetersiz olması, taşıma sisteminin yanı sıra teknolojik yatırımı da gerektirecektir ve bu durum istenmeyen bir durum olacaktır. Teknolojik yeterlilik ne kadar iyi olursa o kadar iyi

olacağından bu kriteri, fayda kriteri olarak değerlendirmeye almak gerekmiştir.

Taşıma kapasitesi/sefer: İdeal olan tek bir tip için iki operasyon arası taşımanın tek seferde yapılabilmesidir. Ancak bu her zaman için mümkün olmayabilir. Bu imkânı sağlayabilmenin en önemli koşulu taşıma sistemindeki malzeme taşıma kapasitesinin maksimum seçilebilmesidir. Sefer başına düşen taşıma kapasitesi ne kadar yüksek olursa o kadar iyi olacağından fayda kriteri olarak ele alınmıştır.

Sistem sağlayıcısının teknik bilgi düzeyi: Kurulum esnasında ve sistem ilk devreye alınacağında malzeme taşıma ekipmanının kullanımı hakkında en iyi bilgi alınması gereken kurum ekipman alımının yapıldığı firma olacaktır. Her türlü teknik desteğin sağlanabileceği bir taşıma sisteminin tercih edilmesi de nitekim bu doğrultuda önem kazanacaktır. Bu gibi nedenlerle karar aşamasında malzeme taşıma sistem seçiminde dikkate alınan kriterlerden biri de bu olmuştur.

Satış sonrası servis durumu (yedek parça): Bir ürünün kalitesi yalnız satışına kadarki sürenin başarılı geçmesini yeterli kılmaz. Malzeme taşıma ekipmanı alındıktan sonra da daima firmaya destek verilebilmelidir. Herhangi bir aksaklık halinde yedek parça sağlanabilmelidir. Malzeme taşıma ekipmanının servis durumu da karar verme aşamasında önemli bir kriteri beraberinde getirmiştir.

Garanti durumu (arıza anında haberleşme ve tamirat kolaylığı) : Alınan malzeme taşıma ekipmanı için herhangi bir aksaklık anında yardıma gelebilecek, tamirat kolaylığı sağlayabilecek ve satışı yapan kurumun haberleşmek amaçlı üretimin her anında telefonla da destek sağlayabilecek olması gerekir. Bu gibi durumlarda yalnız teknik bilgi düzeyi yeterli olmamakta, bu bilginin kolaylıkla paylaşılabılır olması gerekmektedir. Bilgi

paylaşımı ve verilen garantinin geçerliliği bu kriterin değerlendirme durumunu oluşturmaktadır.

Kaç km. de rutin bakım gerekli: Bakım, alınan ekipmanın yalnızca arızalanması durumunda olmayacak, bunun yanı sıra önleyici faaliyet olarak rutin bir şekilde yerine getirilmesi gerekecektir. Her ürünün bakım periyotları yıpranma oranına bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Bakım için gerekli minimum km düzeyi ne kadar yüksek olursa bizim için o kadar yarar sağlanacağından bu kriter fayda kriteri olarak ele alınmıştır.

Dönme eksen yarıçapının minimizasyonu: Malzeme taşıma ekipmanının dar yollarda kullanılması gerekecektir böyle bir durumda dönme eksen yarıçapının minimize edilmesi gerekmektedir. Minimizasyon ne kadar çok olursa bizim için o kadar iyi olacağından fayda kriteri olarak ele alınmıştır.

Taşıtın götürebileceği taşıma mesafesi: Bazı ekipmanların sınırlı mesafelere kadar taşıma yapması gibi kısıtlar mevcut olabilmektedir bu nedenle bu kriterin dikkate alınması gerekmiştir.

Taşıtın götürebileceği taşıma yüksekliği: Bazı taşıma araçlarında yükseklik de uzaklık gibi kısıt oluşturmaktadır ve değerlendirmede aynı şekilde dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle bu kriterin de değerlendirmeye alınması gerekmiştir.

Taşınabilecek malzeme boyutu: Malzeme boyutu taşıma sistem seçimi alanında yapılmış çalışmalara daima konu olmuştur ve dikkate alınması gerekmiştir.

Taşınabilecek malzeme ağırlığı: Taşınması gereken malzemenin ağırlığı fazla olacağından ekipmanın buna yeterli olması gerekecektir. Malzeme ağırlığı da taşıma sistem seçiminde dikkate alınması gereken bir kriter olmuştur.

Zeminin elverişliliği: Malzeme taşıma ekipmanının kullanılabilmesi için birtakım düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Zemin, alınacak ekipmana ne kadar uygun olursa, o kadar iyi olacağından bu kriter fayda kriteri olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Yükleme boşaltma için harcanacak enerjiden tasarruf: Bazı malzeme taşıma ekipmanlarında yalnız taşıma işlevi olup, yükleme boşaltma amacı ile ekstra bir ekipmana ya da elemana ihtiyaç duyulabilecektir bu gibi durumların dikkate alınabilmesi için bu kriter değerlendirmeye alınmıştır.

Esneklik: Malzeme taşıma ekipmanlarının kimisinde rota değişikliği yapılabilirken kimisinde daima sabit bir rotanın izlenmesi söz konusudur. Bu nedenle de esneklik ne kadar çok olursa, o kadar fayda sağlanacaktır ve bu kriter de fayda kriteri olarak değerlendirilebilecektir.

Kullanılacak alanın minimizasyonu: Malzeme taşınması için kullanılacak alanın minimize edilmesi gerekir ki fabrikanın en önemli işi olan üretime yeterli alan kalabilsin. Bu düşünceden yola çıkılarak minimizasyonu en fazla sağlayacak olan taşıma ekipmanına daha çok öncelik verilecek olup değerlendirmede de dikkate alınması gereken fayda kriteri olarak ele alınmıştır.

Arazi elverişliliği: Ekipmanın kullanımı için arazide minimum değişiklik yapılması hatta mümkün ise arazide değişime ihtiyaç duyulmayacak ekipmanın seçilmesi talep edileceğinden bu kriter değerlendirmeye alınmıştır.

Araç kullanıcısının bilgi belge yeterliliği: Planlama açısından tercih edilecek olan malzeme taşıma sistemini yönlendirecek, onu kullanacak kişinin birtakım prosedürlere uygun olacak şekilde bilgi edinmesi, gerekli ise ehliyet alması ve belirli aralıklarla da denetlenip bilgisinin gözden geçirilmesi

gerekmektedir. Bu nedenle ele alınması gereken bir kriter olduğundan hesaplamalarda buna da yer verilmiştir.

Sistemin devreye alınması için tesiste yapılacak minimum değişiklik: İşletme için minimum maliyetin dikkate alındığı düşünülürse, göz önüne alınması gereken önemli bir başka husus da yeni bir sistem için minimum değişikliğin oluşmasını sağlamak ve bu doğrultuda tercihte bulunmaktır. Fayda fonksiyonu olarak ele aldığımız bu kriterde ise minimum değişikliği maksimum yapan alternatif üzerinde durulması gerekecektir.

Alt kriterlerin belirlenmesinin ardından bu tespit edilmiş olan alt kriterlerin gruplandırılması ve fayda ya da zarar özelliği göstermelerine göre de durum tespitlerinin yapılması gerekmektedir. Her bir alt kriter belirli bir kritere bağlı olmalı ve bu bağlı olduğu kriterin özelliğini taşımalıdır. Yapılacak olan işlemlerde fayda ya da zarar olmasına bağlı olarak matris hesaplama işlem basamakları değişiklik göstereceğinden bu tespitlerin de doğru bir şekilde yapılmış olması gerekmektedir.

Bu aşamada kriterleri ve alt kriterleri aşağıdaki gibi sıralamak uygun olmuştur;

Tablo 3: Alt kriter sınıflandırması

Kriterler	Alt Kriterler	Olması Gereken	Fayda/Zarar
Maliyet (K1)	İlk yatırım maliyeti	Düşük	Zarar
	İş gücü maliyeti	Düşük	Zarar
	Bakım maliyeti	Düşük	Zarar
	Teslimat maliyet	Düşük	Zarar
	Yatırımın geri dönüş süresi	Düşük	Zarar
	Harcanacak enerji maliyeti (Benzin/Elektrik/Mazot)	Düşük	Zarar
	Kullanımında gerekli özel nitelikli işgücü maliyeti	Düşük	Zarar
Güvenlik (K2)	Kullanıcının güvenliği	Yüksek	Fayda
	Yaya/araç trafiğinin güvenliği	Yüksek	Fayda
	Çevreye duyarlılık	Yüksek	Fayda
	Malzemenin güvenli taşınması	Yüksek	Fayda
Teknik (K3)	Hız	Yüksek	Fayda
	Taşıma kapasitesi/Sefer	Yüksek	Fayda
	Sistem sağlayıcısının teknik bilgi düzeyi	Yüksek	Fayda
	Satış sonrası servis durumu(yedek parça)	Yüksek	Fayda
	Garanti durumu (arıza anında haberleşme ve tamirat kolaylığı)	Yüksek	Fayda
	Kaç km. de rutin bakım gerekli	Yüksek	Fayda
	Dönme eksenini yarıçapının minimizasyonu	Yüksek	Fayda
	Taşıtın götürebileceği taşıma mesafesi	Yüksek	Fayda
	Taşıtın götürebileceği taşıma yüksekliği	Yüksek	Fayda
	Taşıyabilecek malzeme boyutu	Yüksek	Fayda
	Zeminin elverişliliği	Yüksek	Fayda
	Yükleme boşaltma için harcanacak enerjiden tasarruf	Yüksek	Fayda
Planlama (K4)	Esneklik	Yüksek	Fayda
	Kullanılacak alanın minimizasyonu	Yüksek	Fayda
	Arazi elverişliliği	Yüksek	Fayda
	Araç kullanıcısının bilgi belge yeterliliği	Yüksek	Fayda
	Sistemin devreye alınması için tesiste yapılacak minimum değişiklik	Yüksek	Fayda

Tablodan da görüleceği üzere maliyet ne kadar düşük olursa o kadar iyi olacağından, istenilen durum maliyet için “düşük” olarak belirlenmiştir. Yüksek değer alması durumunda zarar getireceğinden bu alt kriter zarar özelliği göstermektedir. Tam tersi durumu güvenlik açısından gözlemlemek

mümkün olmuştur. Her araçta olacağı gibi güvenlik katsayısının yüksek olması fayda sağlayacağından bu kritere ait alt kriterler de fayda olarak ele alınmıştır. Benzer durumlar nedeniyle teknik özellikler ve planlama alt kriterleri de fayda olarak ele alınmıştır.

1.1.4. Probleme Uygun Hiyerarşinin Oluşturulması

Önceki bölümde açıklanmış olan kriterlerin, uygun hiyerarşi içerisinde bir araya getirilmesi gerekmektedir. Öncelikli olarak alt kriterlerin uygun kriter başlıkları altında gruplandırılması gerekmiştir. Ardından seçenekler belirlenmiştir.

Seçeneklerin belirlenmesinde Ek-1' de yer alan malzeme taşıma sistem özellikleri dikkate alınmıştır. Firma yapısı, taşınacak malzemenin durumu ve firma altyapı gereklilikleri öncelikli olarak göz önünde bulundurulmuş ve Ek-2' deki malzeme taşıma araçlarından yapılan elemeler sonucunda seçenekler belirlenmiştir.

Seçeneklerin de belirlenmesinin ardından artık kriterler ve bu kriterler bazında gruplandırılmış alt kriterler elde edilmiştir. Belirli bir amaç altında toplanmış olan tüm bu veriler kademeler halinde ele alındığında aşağıdaki hiyerarşi oluşturulmuştur;

Tablo 4: Problemin hiyerarşisi

AMAÇ:	Uygun Malzeme Taşıma Sisteminin Seçilmesi			
Kriterler:	Maliyet (K1)	Güvenlik (K2)	Teknik (K3)	Planlama (K4)
Alt Kriterler:	İlk yatırım maliyeti	Kullanıcının güvenliği	Hız	Esneklik
	İş gücü maliyeti	Yaya/araç trafiğinin güvenliği	Taşıma kapasitesi/Sefer	Kullanılacak alanın minimizasyonu
	Bakım maliyeti	Çevreye duyarlılık	Sistem sağlayıcısının teknik bilgi düzeyi	Arazi elverişliliği
	Teslimat maliyet	Malzemenin güvenli taşınması	Satış sonrası servis durumu(yedek parça)	Araç kullanıcısının bilgi belge yeterliliği
	Yatırımın geri dönüş süresi		Garanti durumu (arıza anında haberleşme ve tamirat kolaylığı)	Sistemin devreye alınması için tesiste yapılacak minimum değişiklik
	Harcanacak enerji maliyeti (Benzin/Elektrik/Mazot)		Kaç km. de rutin bakım gerekli	
	Kullanımında gerekli özel nitelikli işgücü maliyeti		Dönme eksenli yarıçapının minimizasyonu	
			Taşıtın götürebileceği taşıma mesafesi	
			Taşıtın götürebileceği taşıma yüksekliği	
			Taşıyabilecek malzeme boyutu	
			Zeminin elverişliliği	
			Yükleme boşaltma için harcanacak enerjiden tasarruf	
Alternatifler:	Raylı Sistem	Konveyör	Kamyonetle taşıma	Çekicili Sistem

Bu hiyerarşiden anlaşılacağı üzere çalışmada üzerinde durulmuş olan problem, 4 kriterli, 28 alt kriterli ve 4 alternatifli olan 4 seviyeli bir problemdir.

Burada birinci seviyeyi amaç fonksiyonu oluştururken, ikinci seviyeyi kriterler, üçüncü seviyeyi alt kriterler ve son olarak da dördüncü seviyeyi alternatifler oluşturmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Proses adımlarının gerçek hayat problemindeki uygulamasına geçildiğinde işlem adımları aşağıdaki gibi olacaktır;

Adım 1: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Hazırlanışı

Bu matrisler hiyerarşinin her adımı için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Kriterlerin karşılaştırılması için örnek verilecek olunursa matris aşağıdaki gibi olacaktır;

Tablo 5: Kriter karşılaştırma matrisine bir örnek

	K1	K2	K3	K4
K1	1,00	3,00	5,00	9,00
K2	0,33	1,00	5,00	9,00
K3	0,20	0,20	1,00	3,00
K4	0,11	0,11	0,33	1,00

Bu matris değerlerine dikkat edilecek olunursa birinci kriterin ikinci kriterden 3 kat daha önemli olduğu görülecektir. Aynı mantık çerçevesinde ikinci kriterin ise birinci kritere nazaran 1/3 öneme sahip olduğu görülmektedir. Köşegen üzerindeki değerlendirmeye dikkat edilecek olunursa birinci kriterin birinci kritere göre üstünlüğü söz konusu olamayacağından tüm köşegen elemanları 1 değerini almıştır. Matrisin sahip olması gereken özelliklerden birisi asıl köşegene göre simetrik oluşturulmasıdır yani aşağıdaki özellik sağlanmalıdır.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad i = j \rightarrow a = 1$$

Karşılaştırma matrisi karar vericiler tarafından dikkatli bir şekilde hazırlandıktan sonra ikinci adıma geçilmiştir.

Adım 2: Tüm matris elemanlarının sütun toplamına göre normalize edilmesi

Birinci adımda elde edilmiş olan karşılaştırma matrisinin tutarlılık işlemlerine bu adımla başlanılmıştır. Matrisin tüm elemanları bu adımda sütun toplamlarına bölünmektedir. Bu işlemin sonucunda her bir sütunun elemanları toplamı 1 olacak şekilde normalize edilmiş olacaktır ve aşağıdaki matris oluşacaktır;

Tablo 6: Kriter karşılaştırma matrisi normalize değerleri

	1	2	3	4
1	0,61	0,70	0,44	0,41
2	0,20	0,23	0,44	0,41
3	0,12	0,05	0,09	0,14
4	0,07	0,03	0,03	0,05

Adım 3: Tutarlılık Testinin Yapılması

Bu adıma gelindiğinde normalize edilmiş olan matris satır toplamları kriter sayısına bölünerek, aşağıdaki ağırlık vektörü elde edilmiştir.

$$W = \{ 0.54, 0.32, 0.10, 0.04 \}$$

Birinci adımda karar vericilerin oluşturmuş olduğu ikili karşılaştırmalar matrisinin, ağırlık vektörü ile çarpımı alınmıştır. AHP teorik kısmında bildirilmiş olunan formüller ile uygulanmaya devam edilerek çarpım sonucu elde edilmiş değerler, ağırlık vektörünün elemanlarına bölünerek yeni bir vektör elde edilmiştir.

Bu yeni vektör elemanlarının toplamı $\sum_{i=1}^n TT_i$ eşitliğinden hesaplanarak 16,76 elde edilmiş ve $\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n TT_i}{n}$ eşitliğinden de λ değeri elde edilmiştir.

CI ve RI değerleri bulunarak tutarlılık hesabının yapılabilmesi için gerekli olan CR değerine ulaşılmıştır. Burada elde edilen CR değeri eğer 0,10' dan küçük ise tutarlılık sağlanmış olup ikili karşılaştırma matrisindeki değerler kullanılarak elde edilmiş olunan ağırlık değerleri karar vericilerin işine yarayacaktır denilmiş ve hesaplamalara devam edilmiştir.

Bu aşamada tutarlılığın sağlanamamış olması, ikili karşılaştırma matrisinin tekrar oluşturulmasını gerektirecektir. Yapılan hesaplamalara göre kriterler için oluşturulmuş olunan ikili karşılaştırmalar matrisi tutarlı bulunmuştur ve kriterler arasındaki ağırlıkların tespit edilmesinde kullanılabilecektir.

Analitik hiyerarşi sürecinin kriterler için gerçekleştirilmiş olunan işlem adımlarındaki son aşamaya geçilmiştir.

Adım 4: Kriterler arası ağırlıkların hesaplanması

Bu aşamada öncelikle ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırına ait sütun elemanlarının çarpımları alınmıştır ve aşağıdaki vektör elde edilmiştir;

$$W = \begin{bmatrix} 135,00 \\ 15,00 \\ 0,12 \\ 0,00 \end{bmatrix}$$

Bu vektörün elde edilmesinin ardından tüm satırların kriter sayısı olan n' inci dereceden kökü alınır ve aşağıdaki matris elde edilmiş olacaktır;

$$W' = \begin{bmatrix} 3,41 \\ 1,97 \\ 0,59 \\ 0,25 \end{bmatrix}$$

Bulunan matris elemanlarının değerleri toplanmış 6,22 değeri elde edilmiştir. Matris elemanlarının her biri bulunan bu toplam değere bölüldüğünde ise tutarlılığı kanıtlanmış olan ikili karşılaştırmalar matrisine ait kriter ağırlıkları elde edilmiş olur.

$$W'' = \begin{bmatrix} 0,5481 \\ 0,3165 \\ 0,0946 \\ 0,0407 \end{bmatrix}$$

Ağırlıklara bakıldığında kriterlerin öncelikleri büyükten küçüğe sırasıyla; maliyet, güvenlik, teknik ve planlama olmuştur.

İkili karşılaştırma matrisi kriterler için oluşturulmuştur. Matrisin öncelikle tutarlılığı test edilmiş, tutarlılığı onaylandıktan sonra ise kriterler arası ağırlıklar belirlenmiştir.

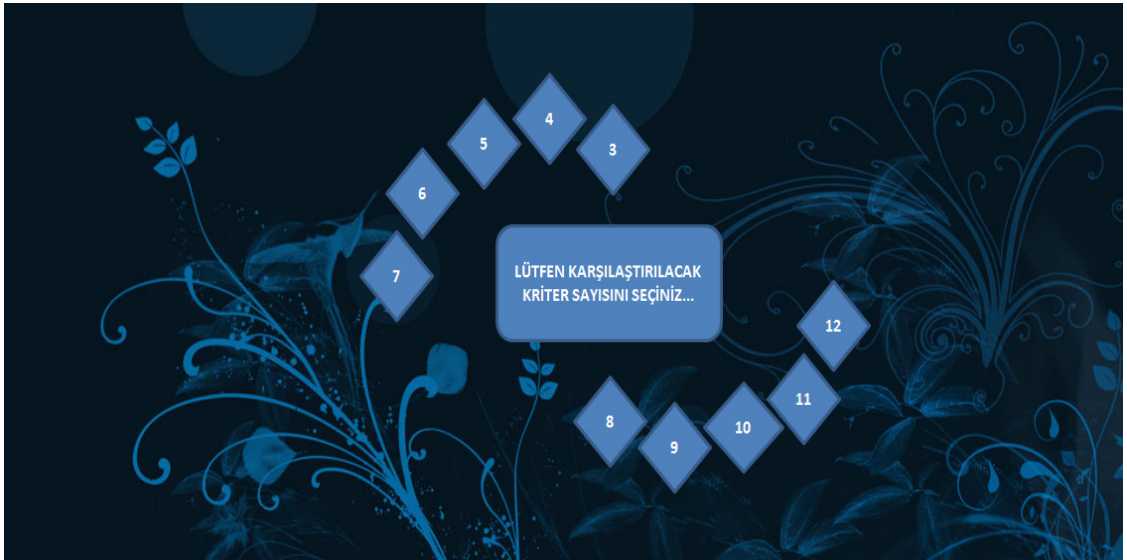
Yukarıdaki adımlar yalnız kriter matrisinin ağırlıklarını belirlemek için oluşturulduğundan, aynı işlemlerin kriterlerin her bir alt kriteri için de tekrarlanması gerekmektedir.

Tüm matris işlemleri yapıldığında tutarlılık sağlanamıyor ise işlemlerin en baştan tekrarlanması da gerekmektedir. Karar vericilere ise tekrar tekrar karşılaştırma yapmalarını teklif etmenin zorluğu nedeniyle işlemlerin Excel ortamında gerçekleştirilmesinde yarar görülmüştür. Bu düşünceden yola çıkılarak karar vericilerin karşılaştırma esnasında tutarlı kararlar verip

vermedikleri hakkında bilgilendirmede bulunacak bir program oluşturulmuştur.

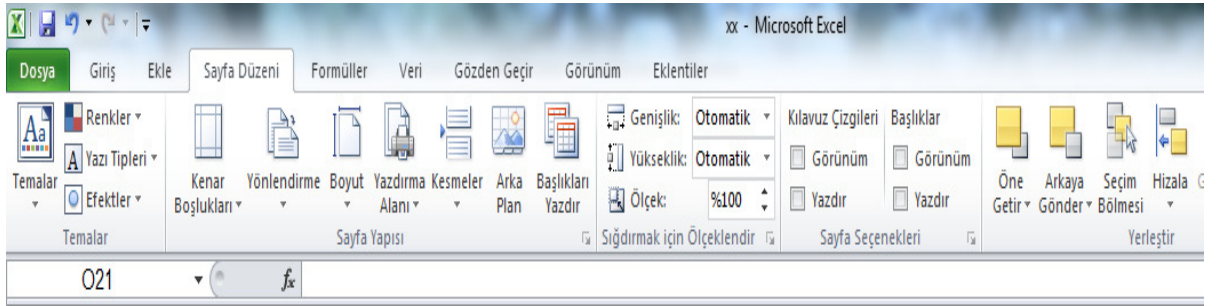
Oluşturulan programa “Seçim Destek Programı” adı verilmiştir.

Excel’e ait temel formülasyonlar kullanılarak arka planda işlemleri gerçekleştirmekte olan program açıldığında kullanıcı karşısına aşağıdaki ekran gelmektedir;



Şekil 7: Seçim Destek Programı Karşılama Ekranı

Gelen bu ekranda değerlendirmeye alınacak kriter sayısı sorulmaktadır. Kullanıcının, kriter sayısını tercih etmesi ile sayının üzerine tıkladığında, ekrana yeni bir pencere gelmekte olup, açılan bu yeni sayfada aşağıdaki tablo, kullanıcıyı karşılamaktadır;



Not: Kriterleri karşılaştırma ekranına geçmek için yıldızı tıklayınız.

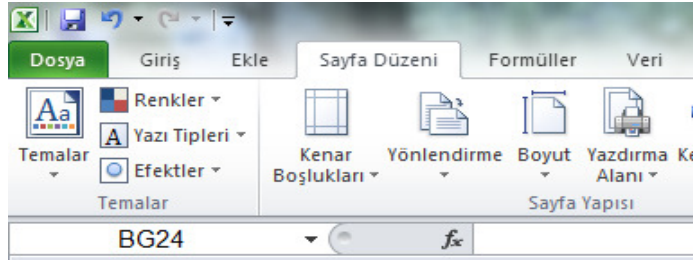
Kriterleri/Alt kriterleri sıralayınız:	
Kriter 1:	İlk yatırım maliyeti
Kriter 2:	İş gücü maliyeti
Kriter 3:	Bakım maliyeti
Kriter 4:	Teslimat maliyet
Kriter 5:	Yatırımın geri dönüş süresi
Kriter 6:	Harcanacak enerji maliyeti (Benzin/Elektrik/Mazot)
Kriter 7:	Kullanımında gerekli özel nitelikli işgücü maliyeti-MİNİMİZASYONU

Şekil 8: Seçim Destek Programı Kriter Kayıt Tablosu

Karar verici bu ekranda karşılaştıracığı kriterlerin neler olduğunu yazdıktan sonra yıldız işaretine tıklamakta ve ağırlıklandırmalara başlamaktadır.

Kullanıcının ağırlıklandırmalarını kolaylıkla gerçekleştirebilmesi için tercih etmiş olduğu kriter sayısı boyutlarına uygun olarak ekrana bir matris gelmektedir. Matris üzerine yazılan her bir değer ile program hesaplamalarına başlamaktadır. Karar vericinin doldurmuş olduğu matrisin tutarlı olup olmadığına dair bilgiler matrisin aşağısında oluşan kutuda karar

vericiye sunulmaktadır. Program parçasının bu aşamadaki görüntüsü ise aşağıdaki gibidir;



ANA MENÜ

7

$A_{ij}=1/A_{ji}$

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1,00	3,00	9,00	7,00	3,00	3,00	5,00
K2	0,33	1,00	5,00	3,00	3,00	3,00	5,00
K3	0,11	0,20	1,00	0,14	0,33	0,20	1,00
K4	0,14	0,33	7,00	1,00	3,00	0,33	3,00
K5	0,33	0,33	3,00	0,33	1,00	0,20	3,00
K6	0,33	0,33	5,00	3,00	5,00	1,00	5,00
K7	0,20	0,20	1,00	0,33	0,33	0,20	1,00

Karşılaştırmalar için teşekkürler.Tutarlı tercihlerde bulundunuz.

Şekil 9: Seçim Destek Programı Kriter Karşılaştırma Ekranı

“Karşılaştırmalar için teşekkürler. Tutarlı tercihlerde bulundunuz.” Yazısı matrisin altında oluştuğunda, kullanıcı tercihlerinin tutarlı olduğunu fark ederek işlemlerin tamamlanmış olduğunu anlamaktadır.

Programın açıklama kutusu işlemlerin bitmemiş olduğunu bildirmek için ise, “Henüz tercihleri tamamlamadınız veya yapmış olduğunuz

karşılaştırmalarda bir tutarsızlık mevcuttur. Lütfen doldurma işlemini tamamladıysanız tekrar deneyiniz.” uyarısını vermektedir.

Karar vericinin tercihlerindeki tutarlılık test edildikten sonra ise kriter ağırlıkları daha önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere hesaplanmaktadır. Ancak bu aşamada hesaplamalar gene hazırlanmış olunan programa yaptırılmaktadır ve ağırlıklar bu sayede elde edilmektedir.

Kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi ile bulunmuş, ardından Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile işlemlere devam edilmiştir. Analitik Hiyerarşi Proses Yönteminin, Gri ilişkisel Analiz ile birlikte uygulanması sonucu oluşan bu yöntem Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz olarak adlandırılmaktadır.

1.1.5. Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Metodu

İşlemlerin hepsi birbiri ardına gerçekleşmektedir. Bir işlemin çıktısı bir sonraki adımın girdisi olarak ele alınmaktadır. Yapılan işlemler birbirini takip ederken aynı zamanda benzer işlemler tekrarlı olarak ele alındığından, Gri İlişkisel Analiz adımlarının da Excel ortamında gerçekleştirilmesi, Analitik Hiyerarşi Süreç sonucunda ortaya çıkan ağırlıkların da içerisinde kullanılabileceği birbirine bağlı Excellerin oluşturulması uygun bulunmuştur.

Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi kullanılarak bulunmuş kriter ve alt kriter ağırlıkları ile seçeneklerin özellikleri, Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Yönteminde bir araya getirilmiş olup, seçeneklerin birbirleri ile olan üstünlükleri tespit edilmiştir.

Tüm bu işlemlerin öncesinde seçeneklerin kriterlere göre durumlarını tespit etmek amacıyla sözel değerlendirmelerde bulunulmuş, bu sözel veriler aşağıdaki tablo yardımı ile sayısal verilere çevrilmiştir;

Tablo 7: Sözel değerlerin sayısal karşılıkları (Hang,1998:6-9)

Sözel değerlendirme	Sayısal karşılığı
Mükemmel	0,1
İyi	0,3
Orta	0,5
Zayıf	0,7
Çok zayıf	0,9

Karar vericilerden seçeneklerin değerlendirilmesi talep edildiğinde, kriterlerin her biri için sayısal veriler bulunması imkansız olmuştur. Bu gibi durumlarda sözel verilerin de sayısal değerlere çevrilmesi gerekmektedir.

Yukarıdaki tabloda yer alan sözel ifadeler kullanılarak seçeneklerin değerlendirilmesi istenilmiştir. Böylelikle karar vericiler her bir kriterle göre seçeneklerin durumu hakkında ortak karar birliğine vardıkları yargıları seçeneklerin karşısına atamışlardır. Yapılan atamalar sonucunda aşağıdaki tablonun oluşmasını sağlamışlardır;

Tablo 8: Karar vericilerin alt kriter karşılaştırması

Alt Kriterler	Seçenekler			
	X	Y	Z	T
İlk yatırım maliyeti	0,9	0,7	0,5	0,7
İş gücü maliyeti	0,3	0,3	0,7	0,3
Bakım maliyeti	0,9	0,9	0,5	0,5
Teslimat maliyet	0,7	0,5	0,3	0,5
Yatırımın geri dönüş süresi	0,5	0,7	0,3	0,5
Harcanacak enerji maliyeti (Benzin/Elektrik/Mazot)	0,5	0,9	0,7	0,5
Kullanımında gerekli özel nitelikli işgücü maliyeti	0,5	0,3	0,7	0,3
Kullanıcının güvenliği	0,5	0,3	0,7	0,9
Yaya/araç trafiğinin güvenliği	0,3	0,3	0,5	0,9
Çevreye duyarlılık	0,5	0,5	0,3	0,7
Malzemenin güvenli taşınması	0,7	0,9	0,3	0,7
Hız	0,5	0,3	0,9	0,7
Taşıma kapasitesi/Sefer	0,7	0,5	0,9	0,7
Sistem sağlayıcısının teknik bilgi düzeyi	0,3	0,9	0,3	0,7
Satış sonrası servis durumu(yedek parça)	0,3	0,3	0,9	0,5
Garanti durumu (arıza anında haberleşme ve tamirat kolaylığı)	0,5	0,5	0,7	0,5
Kaç km. de rutin bakım gerekli	0,5	0,7	0,9	0,7
Dönme eksenini yarıçapının minimizasyonu	0,7	0,5	0,3	0,9
Taşıtın götürebileceği taşıma mesafesi	0,5	0,3	0,9	0,7
Taşıtın götürebileceği taşıma yüksekliği	0,3	0,5	0,9	0,7
Taşıyabilecek malzeme boyutu	0,5	0,5	0,9	0,7
Zeminin elverişliliği	0,3	0,3	0,7	0,7
Yükleme boşaltma için harcanacak enerjiden tasarruf	0,5	0,5	0,3	0,9
Esneklik	0,3	0,3	0,7	0,9
Kullanılacak alanın minimizasyonu	0,5	0,3	0,5	0,9
Arazi elverişliliği	0,3	0,3	0,9	0,9
Araç kullanıcısının bilgi belge yeterliliği	0,7	0,5	0,7	0,3
Sistemin devreye alınması için tesiste yapılacak minimum değişiklik	0,3	0,3	0,9	0,7

Adım 1: Seçenek Ağırlık Matrisinin Normalizasyonu

Tablo 9: Alt kriter karşılaştırılmasının normalize değerleri

NORMALİZASYON			
X	Y	Z	T
0,555556	0,714286	1	0,714286
1	1	0,428571	1
0,555556	0,555556	1	1
0,428571	0,6	1	0,6
0,6	0,428571	1	0,6
1	0,555556	0,714286	1
0,6	1	0,428571	1
0,555556	0,333333	0,777778	1
0,333333	0,333333	0,555556	1
0,714286	0,714286	0,428571	1
0,777778	1	0,333333	0,777778
0,555556	0,333333	1	0,777778
0,777778	0,555556	1	0,777778
0,333333	1	0,333333	0,777778
0,333333	0,333333	1	0,555556
0,714286	0,714286	1	0,714286
0,555556	0,777778	1	0,777778
0,777778	0,555556	0,333333	1
0,555556	0,333333	1	0,777778
0,333333	0,555556	1	0,777778
0,555556	0,555556	1	0,777778
0,428571	0,428571	1	1
0,555556	0,555556	0,333333	1
0,333333	0,333333	0,777778	1
0,555556	0,333333	0,555556	1
0,333333	0,333333	1	1
1	0,714286	1	0,428571
0,333333	0,333333	1	0,777778

Normalizasyon aşamasında iki farklı uygulama söz konusudur; Kriterin fayda ya da zarar kriteri olmasına bağlı olarak değişen bu uygulamada zarar kriterleri için, satır içindeki sayıların minimumu alınarak elaman değerine

bölünür. Böylelikle normalizasyon sonucunda yeni matristeki zarar kriterlerine ait normalize değerler elde edilmiş olur.

Fayda kriterlerinin bu aşamada değerini bulmak için satır elemanlarının maksimumu bulunur ve eleman değerine bölünerek matrisin bu aşama sonucundaki değeri bulunmuş olur. Elde edilen tablo yukarıdaki gibi oluşturulmuştur.

Adım 2: Birincil Gri İlişkisel Matrisinin Oluşturulması

Satırdaki elemanların maksimum değerinden eleman değeri çıkarılır ve bir değer elde edilir. Tüm normalizasyon matris elemanının minimumu 1'den çıkarılarak ikiye bölünmesi ile ikinci bir değer elde edilir. Elde Edilen ikinci değer, bu elde edilmiş olunan iki değer toplamına bölünür.

Bu işlem matris elemanlarının her biri için tekrarlanacaktır. Elde edilmiş olan yeni değerler ile gene bir matris elde edilmiş olunur ki Birincil Gri İlişkisel adım sonucunda elde edilmesi gereken matris oluşturulmuş olunur. Elde edilen yeni tablo aşağıdaki gibidir;

Tablo 10: Alt kriter normalize değerlerine Birincil Gri Uygulanması

BİRİNCİL GRİ			
X	Y	Z	T
0,428571	0,538462	1	0,538462
1	1	0,368421	1
0,428571	0,428571	1	1
0,368421	0,454545	1	0,454545
0,454545	0,368421	1	0,454545
1	0,428571	0,538462	1
0,454545	1	0,368421	1
0,428571	0,333333	0,6	1
0,333333	0,333333	0,428571	1
0,538462	0,538462	0,368421	1
0,6	1	0,333333	0,6
0,428571	0,333333	1	0,6
0,6	0,428571	1	0,6
0,333333	1	0,333333	0,6
0,333333	0,333333	1	0,428571
0,538462	0,538462	1	0,538462
0,428571	0,6	1	0,6
0,6	0,428571	0,333333	1
0,428571	0,333333	1	0,6
0,333333	0,428571	1	0,6
0,428571	0,428571	1	0,6
0,368421	0,368421	1	1
0,428571	0,428571	0,333333	1
0,333333	0,333333	0,6	1
0,428571	0,333333	0,428571	1
0,333333	0,333333	1	1
1	0,538462	1	0,368421
0,333333	0,333333	1	0,6

Adım 3: Ağırlıklandırılmış Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Birincil Gri İlişkisel Analiz aşamasında elde edilmiş matris değerleri ile Analitik Hiyerarşi Proses yardımıyla elde edilmiş alt kriter ağırlıkları çarpılıp toplanarak Ağırlıklandırılmış Birincil Gri İlişkisel değerler elde edilir. Bu işlem adımı kriterin fayda ya da zarar olması dikkate alınmamakta, her iki kriter tipi için de aynı formül kullanılmaktadır. Bu işlem sonucunda her bir kriter için matris satır sayısı teke düşürülmüş olup, ağırlıklar ise aşağıdaki gibi bulunmuştur;

Tablo 11: Ağırlıklandırılmış Birincil Gri Matrisi

AĞIRLIKLANDIRILMIŞ BİRİNCİL GRİ			
X	Y	Z	T
0,645889	0,609784	0,764072	0,730354
0,388409	0,397224	0,454355	0,970554
0,444899	0,490635	0,847493	0,625007
0,430923	0,359607	0,675577	0,895175

Adım 4: Normalize Birincil Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Ağırlıklandırılmış Birincil Gri Normalizasyon işlem adımı, yapılan ilk işlem olan normalizasyon aşamasına çok benzemektedir. Benzer şekilde bir önceki aşamada elde edilmiş matris değerleri işleme alınmış olup çıktısı bir sonraki adımda girdi olarak kullanılmıştır. Bu aşamadaki işlem, eleman değerini, bir önceki matris satır değerlerinin maksimumuna bölerek yeni matrisin değerlerinin elde edilmesini içermektedir. İlk normalizasyon işleminden en önemli farkı kriter çeşidine bağlı olarak yapılması gereken işlemlerin çeşitlilik göstermiyor oluşudur. Normalize edilerek elde edilen değerlerin oluşturduğu matris aşağıdaki gibidir;

Tablo 12: Ağırlıklandırılmış Birincil Gri Matrisi normalize değerleri

AĞIRLIKLANDIRILMIŞ BİRİNCİL GRİ NORMALİZASYONU			
X	Y	Z	T
0,84532488	0,798072099	1	0,955871376
0,400193688	0,409275159	0,468139884	1
0,524958679	0,578925148	1	0,737478049
0,481384043	0,401717589	0,754687363	1

Adım 5: İkincil Gri İlişkisel Matrisin oluşturulması

Bu aşama Birincil Gri İlişkisel Aşamasının hemen hemen aynısı olup aynı işlem formülü uygulamaya koyulmuştur.

Tüm Ağırlıklandırılmış Birincil Gri Normalizasyon matris elemanlarının minimumu 1'den çıkarılarak ikiye bölünür ve bir değer elde edilir. Satırdaki elemanların maksimum değerinden eleman değeri çıkarılarak başka bir değer bulunur. Elde edilmiş ilk değer; iki değer toplamına bölünerek İkincil Gri İlişkisel adımın sonucunda oluşturulması gereken matris hazırlanır. Yapılan işlemler sonucunda elde edilen değerler aşağıdadır;

Tablo 13: İkincil Gri Matrisi

İKİNCİL GRİ			
X	Y	Z	T
0,659739	0,597618	1	0,871731
0,333333	0,336732	0,360563	1
0,387	0,415967	1	0,533232
0,366397	0,333899	0,550063	1

Adım 6: Ağırlıklandırılmış İkincil Gri İlişkisel Vektörün Hesaplanması

Ağırlıklandırılmış İkincil Gri İlişki aşaması, Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz işlemlerinin sonuca bağlanmasını sağlayan aşama olmaktadır. Bu son işlem adımında İkincil Gri İlişki Matrisinin değerleri, Analitik Hiyerarşi Proses işlemlerinde bulunmuş olunan kriter değerleri ile karşılıklı çarpılıp toplanarak malzeme taşıma sistemlerinin karşılaştırma sonuçları aşağıdaki gibi elde edilmiştir;

Tablo 14: Ağırlıklandırılmış ikincil gri matrisi

AĞIRLIKLANDIRILMIŞ İKİNCİL GRİ			
X	Y	Z	T
0,518678	0,48712	0,779309	0,885511

Burada; X: Raylı Sistem, Y:Konveyör, Z:Kamyonetle Taşıma, T:Çekicili Sistem olup, bu değerlendirmeler dikkate alındığında birinci sırada Çekicili sistemin bulunduğu, bunu takiben de sırasıyla kamyonetle taşıma, raylı sistem ve konveyör ile taşımanın uygun olduğu görülmüştür.

Firma üst yönetimi karar verilen yatırımın öncesinde mali açıdan değişikliklerin nasıl olacağını da araştırılmasını talep etmiştir.

Daha önce fabrika binaları arasında gerçekleştirilen malzeme taşıma sistemi, yeni bina ile eski binalar arasında da kullanılmak üzere kurulduğu taktirde gerekecek iş gücü ve ekipman adetlerinin yanı sıra ilk yatırım ve işletme maliyetleri incelenmiş, bulunan değerler tablolaştırılmıştır. Benzer veriler değerlendirme esnasında karşılaştırma sağlanabilmesi amacıyla yeni tercih edilmiş malzeme taşıma sistemi olan çekicili sistem için de elde edilmiş ve tablolaştırılmıştır.

Malzeme taşıma sistemi değiştirilmediği taktirde gerekli olan ekipman ve personel sayıları aşağıdaki gibi olacaktır;

Tablo 15. Fabrikadaki geleneksel taşıma sisteminin personel-ekipman ihtiyaç tablosu

Fabrikalar Arası Kamyonet & Fabrika İçi Transpalet				
Kişi		Adet		
Personel	3	Fabrika 4 Ambar Elemanı	1	Kamyonet
	3	Fabrika 4 Forklift Şoförü	1	İstifleyici (Fabrika 4 Ambar)
	9	Fabrika 4 İmalat Malzemeci	1	Forklift (Fabrika 4)
	3	Dış Ortam Kamyon Şoförü	2	İstifleyici (Fabrika 4 İmalat Malzemecisi)
	3	Yanak Puntasız Forklift Şoförü	1	Forklift (Yanak Puntasız İmalat Malzemecisi)
	3	Yanak-Puntasız Malzemecisi	1	İstifleyici (Yanak Puntasız İmalat Malzemecisi)
	3	Otomatik Depo Forklift Şoförü	1	Forklift (Otomatik Depo İmalat Malzemecisi)
	3	Otomatik Depo	1	İstifleyici (Otomatik Depo İmalat Malzemecisi)
	30	Toplam Eleman İhtiyacı		

Malzeme taşıma sistemi değiştirildiği takdirde ise gerekli olan ekipman ve personel sayıları aşağıdaki gibi olacaktır;

Tablo 16. Fabrikaya uygulanacak yenil taşıma sisteminin personel-ekipman ihtiyaç tablosu

Fabrikalar Arası Tugger Train & Fabrika İçi Tugger Train					
Personel	3	Fabrika 4 Ambar Elemanı	Ekipman	2	Tugger Sistem
	3	Fabrika 4 Tugger Şoför		2	İstifleyici (Fabrika 4 Ambar, Fabrika 4 Trolley-Ambar)
	6	Fabrika 4 İmalat Malzemecisi		1	İstifleyici (Fabrika 4 İmalat Malzemecisi)
	3	Dış Ortam Tugger Şoförü		1	İstifleyici (Yanak Puntasız İmalat Malzemecisi)
	3	Yanak-Puntasız Malzemecisi		1	İstifleyici (Otomatik Ambar Elemanı)
	3	Otomatik Depo			
	21	Toplam Eleman İhtiyacı			

Kullanılmakta olan taşıma sistemi ile yeni uygulamaya alınacak olunan sistemin ilk yatırım maliyetleri aşağıdaki gibi olacaktır;

Tablo 17. İlk yatırım maliyet karşılaştırma tablosu

İLK YATIRIM MALİYETİ				
	Yatırım Maliyeti	Adet	Birim Maliyet (Euro)	Toplam Maliyet
Fabrikalar Arası Kamyon & Fabrika İçi Transpalet	Kamyonet	1	20.000 €	20.000 €
	Forklift	3	35.000 €	105.000 €
	İstifleyici	5	15.000 €	75.000 €
				200.000 €
	Yatırım Maliyeti	Adet	Birim Maliyet (Euro)	Toplam Maliyet (Euro)
Fabrikalar Arası Tugger & Fabrika İçi Tugger	Tugger Train	2	48.000 €	96.000 €
	İstifleyici	5	15.000 €	75.000 €
	Trolley	200	140 €	28.000 €
				199.000 €

Tablonun üst kısmında yer alan hesaplamalar firmanın geleneksel malzeme taşıma sistemi anlayışına göre devam edildiği takdirde yapılacak ödemelerdir. Tablonun alt tarafında yer alan veriler ise uygun olarak belirlenmiş olan yeni sistemin devreye alınması için harcanılması gereken maliyetleri içermektedir.

Hesaplamalara göre kullanılmakta olan taşıma sistemi ile yeni uygulamaya alınacak olunan sistemin kullanım maliyetleri aşağıdaki gibi olacaktır;

Tablo 18. Kullanım maliyet karşılaştırma tablosu

KULLANIM MALİYETİ			
Sürekli Maliyetler	Gün - Kişi	Birim Maliyet (Euro)	Toplam Maliyet
Personel (ay)	30	800 €	24.000 €
Yakıt (dizel-ay)	25	280 €	7.000 €
Sürekli Maliyetler	Gün - Kişi	Birim Maliyet (Euro)	Toplam Maliyet
Personel (ay)	21	800 €	16.800 €
Yakıt (elektrik-ay)	25	25 €	625 €
TASARRUF (5 YIL)	814.500 €		

İlk yatırım ve kullanım maliyetleri karşılaştırıldığında tabloda görüldüğü gibi firmaya beş yıl içerisinde 814.500 € tasarruf sağlanmış olunacaktır. Bu nedenle çekicili sistemin tercih edilmesi uygun bulunmuş ve işletme aracın kullanımı için siparişini vererek taşıma sistemini yeni yatırım ile birlikte devreye almıştır.

Bu sonuçlar dikkate alındığında yapılan araştırmalar ve karar vericiler ile gerçekleştirilen beyin fırtınaları sonucunda çekicili sistemin tercih edilmesi gerektiği bulunmuştur. Bu noktada firma gerekli seyahatler düzenleyerek uygun malzeme taşıma sisteminin tedarik edilmesi için çalışmalara başlamış olup bu taşıma için uygun rampaların dizayn edilmesi, taşıma yolunun tanzim edilmesi ile ilgili çalışmaları da bina inşaatının yanı sıra yürütmeye başlamıştır.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada firma yatırımlarına destek sağlamak amacıyla gerçek hayatta karşılaşılan karar verme adımlarına bilimsel boyut kazandırılmakla kalınmamış, aynı zamanda akademik yaşamın kazandırdıklarından hayatın hemen her alanında yararlanabileceği kanıtlanmıştır.

Uygulamanın yapıldığı firma devamlı olarak gelişim içerisinde. Bu yatırım sürecinde de firmanın yeni ihtiyaçları oluşmaktadır. Son zamanlarda fabrika sınırlarına dâhil edilen yeni bina projesi ile ortaya çıkan malzeme taşıma güçlüklerine çözüm aranması gerekmiştir. İhtiyaç olunan taşıma sisteminin seçimi için bilimsel yaklaşımlardan olan Analitik Hiyerarşi Proses ile Gri İlişkisel Analiz senkronize olarak kullanılmıştır.

Analitik Hiyerarşi Proses, insanların nitel ve nicel yargılarını bir arada kullanmaları için olanak sağlarken, Gri İlişkisel Analiz ise tam olarak net bilgiye sahip olunamayan gerçek hayat problemlerinde karar vericiye ışık tutmaktadır. GİA aynı zamanda pozitif ve negatif yönde etkilere sahip kriterlerin bir arada değerlendirilmesine olanak sağlamakta olan bir yöntemdir. Firmadaki gelişmeler sonucunda ihtiyaç duyulan malzeme taşıma sistemini seçerken, karar vericiler, çalışmada elde edilen bilgiler doğrultusunda yalnız maliyet, yalnız güvenlik ya da yalnız teknik bazlı karar almak durumunda kalmamıştır. Her bir seçeneği değerlendirirken karar vericilere kriterleri hem kendi içinde hem de tüm alt kriterler ile birlikte değerlendirebilme imkânı sağlanmıştır.

Malzeme taşıma sistemleri olarak raylı sistem, konveyör, kamyonet ve çekicili sistem; maliyet, güvenlik, teknik özellikler ve planlama kriterlerine bağlı olarak karşılaştırılmıştır. Dört seçenek, dört kriter ve bu kriterlere bağlı yirmi sekiz alt kriterden oluşan bu karşılaştırma hiyerarşisinin değerlendirilebilmesi için Excel’de birbirlerine bağlı tablolar oluşturulmuştur.

Çalışmadaki uygulanması gereken işlem adımlarında bilimsellik sağlanmış, zamandan da tasarruf edilebilmiştir.

Çalışma üç bölümden oluşmuş olup, çalışmanın birinci bölümünde, taşıma sistemleri hakkında genel bilgiler verilmiş, ilgili çözüm modellerine ve literatür araştırmalarına değinilmiştir. İkinci bölümde taşıma sistemleri hakkında bilgiler verilerek, Analitik Hiyerarşi Prosesi ile birlikte Gri İlişkisel Analiz adımları teorik olarak ele alınmış ve akademik çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü ve son bölüm olan uygulama kısmı ise firma tanıtımı ve ihtiyaçları, AHP ve GİA' in uygulaması, taşıma sistemine karar verilmesi olmak üzere kendi içerisinde üç aşamadan oluşmuştur.

Yapılan bu çalışmada tercih edilen yöntemler sayesinde gerçek hayat problemlerinde tam olarak öngörülemeyen ve gri olarak adlandırılan durumların olabileceği düşünülerek karar vericilerden mutlak doğruyu seçmeleri değil yaklaşık doğruyu tercih etmeleri istenilmiştir. Firma yeni devreye alınmış olan binası ile eski binaları arasındaki malzeme taşıma sistemini hayata geçirmiş olup bu sayede hem zamandan kazanç sağlamış hem de maliyetten tasarruf etmiştir.

Doğru malzeme taşımasının kullanılması ile aşağıdaki iyileştirmelerin sağlanması beklenmektedir. Seçilen sistemin uygunluğunun tespiti ile ilerleyen dönemlerde fabrika genelinde bu sistemin yaygınlaştırılabileceği sonucuna varılmıştır. Uygun malzeme taşıma aracının seçimi için kullanılmış olan Hiyerarşik Gri İlişkisel Yöntem ile birçok faktör dikkate alınmış ve en uygun olana karar verilirken üst yönetimin sayısal ve sözel verileri de karara katkı sağlayacak şekilde değerlendirilebilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ile malzeme taşıma sisteminin seçilmesi uygun bir şekilde gerçekleşirse ilerleyen dönemde firmanın kazançlarının aşağıdaki gibi olacağı belirtilmiştir;

- Yüklerin operasyonlar arasındaki bekleme süresi en aza indirilmiş olacak,
- Stoklama alanlarına olan gereksinim azalacak,
- Stok maliyeti azalacak,
- Taşımadan kaynaklanan işgücü maliyeti düşecek,
- Planlama işlemleri kolaylaşıp ve daha tutarlı hale gelecek,
- Tedarikçiler ve müşteriler ile yapılan sözleşmelerdeki teslim tarihlerine uyum oranı artacak,
- Taşıma işlemleri sırasında söz konusu olan fire oranı düşecektir.

Elde edilmesi beklenen bu yararların, firma yatırımının kesinleştirilmesinde yeterli hale gelmesi için en azından maliyetler bakımından sayısal olarak incelenmesi talep edilmiştir. Bu talep doğrultusunda maliyet açısından taşıma sistemleri çalışmanın son hesaplamalarında nicel olarak ele alınmıştır.

İşletmenin hali hazırda kullanmakta olduğu malzeme taşıma sistemi ve yapılan çalışmalar sonucunda tercih edilmesi uygun bulunan taşıma sisteminin karşılaştırması gerçekleştirilmiştir. Karar verilen malzeme taşıma sistemi henüz sipariş verilmeden yatırımın firmaya sağlayacağı tasarruflar sayısallaştırılmış, elde edilen maliyet tablolarının da yardımı ile yeni seçilmiş malzeme taşıma sistemi olan çekicili sistemin mali açıdan da mevcut sisteme göre daha hesaplı olduğu belirlenmiş ve yatırımlar gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

AKMAN, Gülşen, ALKAN, Atakan; “Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayide Bir Uygulama”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt 5, Sayı 9, 2006, s.23-46.

BAŞÇETİN, Ataç, KESİMAL, Ayhan; **Açık İşletmelerde Yükleme-Taşıma Sisteminde Yeni Bir Yaklaşım**, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, 1999, s.57-64.

BAŞÇETİN, Ataç ; “Açık Ocak Madenciliğinde Optimum Ekipman Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi: Analitik Hiyerarşi Prosesi” , **İstanbul Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yerbilim Dergisi**, Cilt 16, Sayı 2, 2003, s.1-11.

BOZOKİ, S. LEWİS, R. H., “Solving The Least Squares Method Problem In The AHP For 3×3 And 4×4 Matrices”, **Central European Journal of Operations Research**, 2005, Vol.13(3), p.255-270.

CAVALCANTE, C.A.V. , DE ALMEIDA A.T., “A Multi- Criteria Decision-Aiding Model Using PROMETHEE III for Preventive Maintenance Planning Under Uncertain Conditions”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 2007, Vol.13 (4), p.385-397.

CHAKRAVORTY, Satya, S. ; “Improving Distrubition Operations: Implementation of Material Handlig Systems”, **International Journal of Production Economics**, Vol.122, 2009, p.89-106.

CHAN, W. K. , TONG, T.K.L., “Multi-Criteria Material Selections And End-Of-Life Product Strategy: Grey Relational Analysis Approach”, **Materials & Design**, 2007, Vol. 28, Issue 5, p.1539-1546.

DAĞDEVİREN M., ERASLAN E. , KURT M. , **Makina Seçimi Problemi için TOPSIS, AHP, ELECTRE ve PROMETHEE Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Bir Analiz** , Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, 2007, İzmir, s.562-567.

DAI, James, B. , LEE, Neville, K.S. ; “Economic Feasibility Analysis of Flexible Material Handling Systems”, **International Journal of Production Economics**, Vol.136, 2012, p.28-36.

DEMİRAY, A., “Makine Seçim Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Çözümü”, **Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 2007.

DEMİRİSOY, M., **İletim Makinaları, Transport Tekniği**, 1997, Cilt:2, 3.baskı”, Birsen Yayınevi, İstanbul .

DEVISE, Oliver, PIERREVAL, Henri; “Indicators for Measuring Performances of Morphologyand Material Handling Systems in Flexible Manufacturing Systems”, **International Journal of Production Economics**, Vol.64, 2000, p.209-218.

DUNNING, F.W. “A Guidelines: Intermittent- Flow Fixed-Path Equipment”, **Industrial Engineering**, Vol. 5, Sayı.1, Jan.1973, p 22-25 .

GOUMAS, M., LYGEROU, V. “An Extension Of The PROMETHEE Method For Decision Making İn Fuzzy Environment: Ranking Of Alternative Energy Exploitation Projects”, **European Journal of Operational Research**, 2000, Vol.123, p.606-613.

GÜMÜŞ, Yusuf, "Lojistik Faaliyetlerin Rekabet Stratejileri Ve İşletme Karı İle Olan İlişkisi", Dumlupınar Üniversitesi, 2007, s.97-113

HANG, S.J. , LING, M., "The Application Of Fuzzy Decision- Making Approach In The Process Alternatives Of Municipal Wastewater Treatment Plant", **Water And Wastewater Engineering**, 1998, Vol.3, p.6–9.

HO, William, XU, Xiaowei, DEY, Prasanta, K. ; "Multi- Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review" , **European Journal of Operational Research**, Vol. 202, 2010, p.16-24.

DENG, L. Julong, "Introduction to Grey System", **The Journal of Grey System**, 1989, p.1-24.

KARACASU, M., YAYLA, N. , "Kent içi Otobüs Taşımacılığında Özelleştirme İçin Bir Karar Destek Modeli Önerisi: Eskişehir Örneği", **İTÜ Dergisi Mühendislik**, 2004, Cilt:3, Sayı:6, s.59-70.

KIM, G., PARK, C. S., YOON, K. P. " Identifying Investment Opportunities for Advanced Manufacturing Systems With Comparative-Integrated Performance Measurement", **International Journal of Production Economics**, 1997, Vol.50, p.23-33.

KURT, Günseli; "Gri İlişki Çözümlemesi ve Ridit Çözümlemesi Kullanılarak Üniversite Öğrencilerinin Çeşitli Kaygılarının Değerlendirilmesi", **Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi**, Sayı 114, Nisan 2008.

LAI, Y. J., LIU, T. Y., HWANG, C. L., " TOPSIS for MCDM", **European Journal of Operational Research**, 1994, Vol.76, p. 486-500.

LASHKARI, R.S., BOPARAI, R., PAULO, J., "Towards an Integrated Model of Operation Allocation and Material Handling Selection in Cellular Manufacturing Systems", **International Journal of Production Economics**, 2004, Vol.87 , p.115-139 .

LIN, Sue, J. , LU, I. , J. , LEWIS, Charles; "Grey Relation Performance Correlations Among Economics, Energy Use and Carbon Dioxide Emission in Taiwan", **EnergyPolicy**, Vol. 35, 2007, p.1948-1955.

LIOU, James, J. ,H. , HSU, Chao-Che, YEH, Wen-Chien, LIN Rong-Ho; "Using a Modified Grey Relation Method for Improving Airline Service Quality", **Tourism Management**, Vol.32, 2011, p.1381-1388.

LU, I. , J. , LIN, Sue, J. , LEWIS, Charles; "Grey Relation Analysis of Motor Vehicular Energy Consumption in Taiwan", **Energy Policy**, Vol. 36, 2008, p.2556-2561.

MALMBORG, Charles, v.d.; **An Introduction to Material Handling Equipment Selection; College-Industry Council on Material Handling Education (CICMHE)**, 1998 .

MILLER, George, A; "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information", **The Psychological Review**, vol. 63,1956, p.81-97.

SARUCAN, Ahmet, BAYSAL, M., Emin, KAHRAMAN, Cengiz, ENGİN, Orhan; "A Hierarchy Grey Relational Analysis for Selecting the Renewable Electricity Generation Technologies" , **Proceedings of the World Congress on Engineering**, Vol.11, London, 2011.

SHARMA, Sanjay, AGRAWAL, Narayan; "Selection of a Pull Production Control Policy Under Different Demand Situations for a Manufacturing

System by AHP-algorithm”, **Computers& Operations Research**, Vol.36, 2009, p.1622-1632.

SUJONO, Sienny, LASHKARI, R.S. ; “ A Multi-Objective Model of Operation Allocation and Material Handling Selection in FSM Design”, **International Journal of Production Economics**, Vol.105, 2007, p.116-133.

SULE, D.R., **Location, Planning and Design, Manufacturing Facilities**, 1994, 2.baskı, PWS Publishing Company, Boston.

TOMPKINS, J.A.,WHITE, J.A., **Facilities Planning**, 1984, Wiley, New York.

TOMPKINS, J.A., WHITE, A.J., BOZER, Y.A., FRAZELLE, E.H., TANCHOCO, J.M.A., TREVİNO, J., **Facilities Planning**, 1996, 2.baskı, John Wiley & Sons, New York.

TRİANTAPHYLLOU, E. , LİN, C.T. , “Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision - Making Methods”, **International Journal of Approximate Reasoning**, 1996, Vol. 14, p.281-310.

TUZKAYA, Gülfem, ÖZGEN, Doğan, GÜLSÜN, Bahadır; “Malzeme Taşıma Sistemi Alternatiflerinin Değerlendirilmesinde Bulanık - Promethee Yaklaşımı”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, Sayı 12, 2011, s.144-155.

ÜSTÜNİŞİK, N.Z., “Türkiye'deki İller Ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi Ve Uygulaması”, **Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, Haziran 2007.

WEN, K.L., “Grey Systems: Modeling And Prediction”, **Yangsky Scientific Press**, Tucson, 2004, USA, p.49-51.

WHITE, A.J., APPLE, J.M., “Material Handling Requirements are Altered Dramatically by CIM Information Link”, **Industrial Engineering**, 1985, p.42-48 .

WIJAYATUNGA, Priyantha, D.C. , SIRIWARDENA, Kanchana, FERNANDO, W.J.L.S. , SHRESTHA, Ram, M., ATTALAGE, Rahula, A. ; “Strategies to Overcome Barriers for Cleaner Generation Technologies in Small Developing Power Systems: Sri Lanka Case Study”, **Energy Conversion & Management** , Vol.47, 2006, p.1179-1191.

YAMAN, R., “A Knowledge-Based Approach for Selection of Material Handling Equipment and Material Handling System Pre-design”, **Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences**, 2001, sayı.25, p.267 – 278 .

YILMAZ, Esra, GÜNGÖR, Ferhat; “Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerdeki Optimum Takım Tutucusunun Belirlenmesi”, **2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi**, Balıkesir,2010.

YURDAKUL, Mustafa, İPEK, Ahmet, Özgür; “ Malzeme Taşıma Sistemlerinin Seçilmesine Yönelik Bir karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 20, Sayı 2, 2005, s.171-181.

ZEBISCH, H.J., **Sürekli Taşıyıcılar, Taşıma Tekniği 2** , t.y. , Çevirenler : Cengiz, D., Sönmez, N., Arpaz Matbaacılık Tesisleri, İstanbul.

“Chapter 12: Material Handling”, (Kaynak; <http://discovery.bits-pilani.ac.in/dlpd/courses/coursecontent/courseMaterial/mmzg511/MOML12.pdf> , 2 Ocak 2012, s.y.) .

İMRAK, Erdem, GERDEMELİ, İsmail; “Bölüm1.Endüstriyel Taşıma”, (Kaynak; <http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-1.pdf> ,7 Şubat 2012, s.y.).

Material Handling Equipment Distributors Association; “Industry History”, (Kaynak; <http://www.wikimheda.org/history.php> ,26 Haziran 2012, s.y.).

Material Handling Equipment Distributors Association ; “Material Handling”, (Kaynak; www.wikimheda.org/wiki/Material_handling#History , 8 Mart 2012, s.y.).

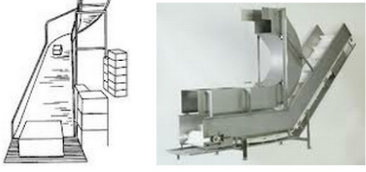
EK-I MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

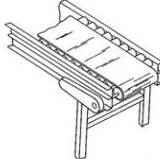
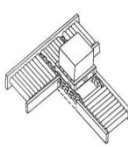
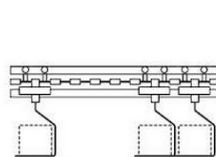
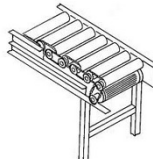
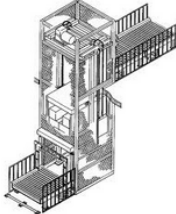
		Konveyörler	Vinç ve yük asansörleri	Endüstriyel kamyonlar
	Genel Özellikler	Öncül fonksiyonun taşıma olduğu yerde sabit rotada devamlı bir noktadan yükleme yapılarak sürekli taşıma sağlar.	Sabit bir alandaki herhangi bir noktadan çeşitli yüklemeler ve çeşitli hareketler sağlar.	Uygun zeminde manevra yapabilme fonksiyonuna sahip, çeşitli rotalarda ilerleyebilen, sabit hareketler ya da tek tip yükleme gerektirir.
		Konveyörler	Vinç ve yük asansörleri	Endüstriyel kamyonlar
Malzeme	Hacmi	Yüksek	Düşük, Orta	Düşük, Orta, Yüksek
	Tipi	Tek bir madde, birim yük, yığın	Tek bir madde, birim yük, çeşitli	Tek bir madde, birim yük, çeşitli
	Şekli	Tek tip, düzenli, düzensiz	Düzensiz	Tek tip, düzenli
	Boyutu	Tek tip	Karışık, Çeşitli	Karışık ya da tek tip
	Ağırlığı	Düşük, orta, ağır, tek tip	Ağır	Orta, Ağır
		Konveyörler	Vinç ve yük asansörleri	Endüstriyel kamyonlar
Hareket	Uzaklığı	Nispeten sınırsız, Herhangi bir uzaklığa	Orta derecede, Bulunduğu alan içinde	Orta derecede, 250-300 fit.
	Çeşidi, Hızı	Çeşitli, tek tip	Çeşitli, düzensiz	Çeşitli
	Sıklığı	Sürekli	Kesikli, düzensiz	Kesikli
	Başlangıç, Hedef	Sabit	Değişebilir	Değişebilir
	Alan kullanımı (kaplaması)	Belirli bir noktadan başka bir noktaya	Raylar içindeki alan ile sınırlıdır	Değişkendir
	Sıralama	Sabit	Değişebilir	Değişebilir
	Yol	Makinedir, belirli bir noktadan başka bir noktaya	Değişebilir	Değişebilir
	Rota	Sabittir, alandan alana	Değişebilir	Değişebilir
	Lokasyonu	İçeride,	İçeride, dışarıda	İçeride, dışarıda

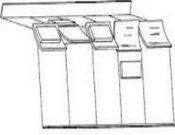
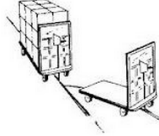
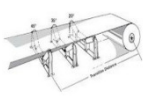
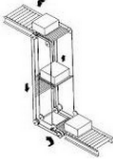
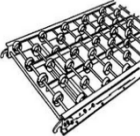
		dışarıda		
	Üzerinden trafik akışı	Geçişte problem çıkartır	Etkilemez, Geçilebilir	Etkilemez, geçilebilir, manevra kabiliyeti de mevcuttur
	Öncül fonksiyonu	Taşıma, proses, depolama	Kaldırma, taşıma, konumlandırma	Taşıma, yükleme, boşaltma, manevra, istifleme
	Operasyondaki taşıma yüzdesi	Yüksek olabilir	Düşük olabilir	Düşük olabilir
		Konveyörler	Vinç ve yük asansörleri	Endüstriyel kamyonlar
Metot	Yükleme yardımcısı	Hiç ya da konteynırlar içinde	Askı, kızak, palet, hiç	Kızak, konteynır ya da palet altından
	Yükleme boşaltma karakteristikleri	Belirlenen noktalarda otomatik ya da manuel	Herhangi bir noktada Manuel ya da kendi kendine	Herhangi noktadan uygun paketlemeler ile kendi kendine
	Yüklemede gerekli operatör yükü	Yok	Belki yok, Genellikle yok	Genellikle yok, uzaktan kumanda ile olabilir
		Konveyörler	Vinç ve yük asansörleri	Endüstriyel kamyonlar
Bina karakteristikleri	Zemindeki alanın maliyeti	Düşük, Orta	Yüksek	Orta, Yüksek
	Net yükseklik	Yeterliyse konveyör üstten de gidebilir	Yüksek	Düşük, Orta, Yüksek
	Zemin yükleme kapasitesi	Konveyör çeşidine ve malzemeye bağlı	Aktiviteye bağlı	Orta, Yüksek
	Çalışma yüzeyi	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Uygun olmalıdır
	Koridorlar	Uygulanamaz	Uygulanamaz	Yeterli olmalıdır
	Sıkışık alan (Tıkalı bölge)	Makul	İyi	Zayıf

(Malmberg, 1998:s.y.)

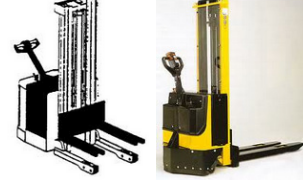
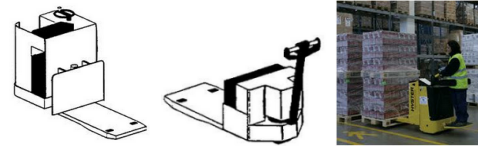
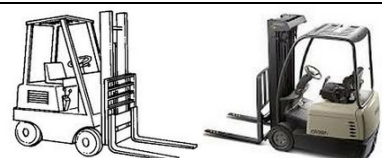
EK-II MALZEME TAŞIMA SİSTEMLERİ

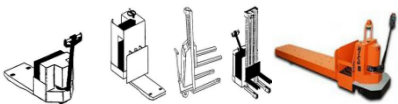
Conveyor	Konveyör	
Bucket	Kova	
Cart-On Track	Sepete-On Track	
Chain	Zincir	
Chute	Oluk	
Cross-Belt Transfer Device Sortation	Çapraz Kayış Transfer Cihazı İstifleme	
Diverter Sortation	Yön İstifleme	

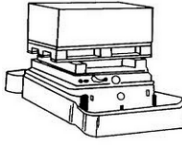
Flat Belt	Düz Kayış	 
Gravity Roller	Yerçekimi Rulo	 
Magnetic Belt	Manyetik Bant	 
Monorail	Monoray	
Pop-Up Device Sortation	Pop-Up Cihazı İstifleme	   
Power And Free	Güç Ve Serbest	 
Powered Roller	Motorlu Rulo	 
Reciprocating Vertical	Dikey Pistonlu	      
Screw	Vida	 

Slat	Çita	 
Sliding Shoe Device Sortation	Sürgülü Ayakkabı Cihaz İstifleme	 
Tilting Device Sortation	Devrilir Cihaz İstifleme	 
Tow	Kıtık	  
Trolley	El Arabası	
Troughed Belt	Kemer Troughed	  
Vertical Lift	Dikey Asansör	 
Vibrating	Titreşen	 
Wheel	Tekerlek	  

Industrial Truck	Endüstriyel Kamyon	
Dolly	Bebek	
Floor Hand Truck	Kat El Kamyon	
Manual Pallet Jack	Manuel Palet Jaki	
Manual Walkie Stacker	Manuel Walkie İstifleyici	
Narrow-Aisle Reach Truck	Dar Koridor İstif	
Narrow-Aisle Straddle Truck	Dar Koridor Straddle Kamyon	
Operator-Down Turret Truck	Operatör Aşağı Turret Kamyon	

Operator-Up Turret Truck	Operatör- Up Turret Kamyon	
Order Picker	Sipariş Toplayıcı	
Personnel And Burden Carrier	Personel Ve Yük Taşıyıcı	
Powered Pallet Jack	Elektrikli Palet Jakı	
Powered Walkie Stacker	Elektrikli Walkie İstifleyici	
Rider Platform Truck	Rider Kamyon Platform	
Side Loader	Yan Yükleyici	
Sit-Down Counterbalanced Lift Truck	Otur Aşağı Ağırlıklı Forklift	

Stand-Up Counterbalanced Lift Truck	Stand-Up Dengeli Forklift	
Tractor-Trailer	Traktör-Römork	
Two Wheeled Hand Truck	İki Tekerlekli El Arabası	
Walkie Platform Truck	Walkie Kamyon Platform	
AGV (Automated Guided Vehicle)	AGV(Otomatik Yönlendirmeli Araç)	
Assembly AGV	Montaj AGV	
Fork AGV	Çatal AGV	
Light Load AGV	Hafif Yük AGV	
Tow AGV	Tow AGV	

Unit Load AGV	Birim Yük AGV	 
Liftrunner	ekicili sistem	 
Cranes And Hoists	Vinç Ve Yük Asansörleri	 

ÖZET

TUNÇ, Tuğçe. Analitik Hiyerarşi Sürecinin Malzeme Taşıma Sistemi Seçiminde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2013.

Kararlar hayatın bütün aşamasında önemli bir rol oynamaktadır.

Yeni yatırımlar ile büyümekte olan fabrika için yeni malzeme taşıma sistemi gerekmiştir. Dört farklı taşıma aracı kriterlere bağlı olarak uygun taşıma sisteminin seçimi için değerlendirilmiştir. Bu projede dört kriter ve yirmi sekiz alt kriter çok kriterli karar verme yaklaşımlarından olan Analitik Hiyerarşi Proses ve Gri İlişkisel Analiz yardımıyla değerlendirilmiştir.

Malzeme taşıma sistem seçim metodu yalnızca kesin ve bulanık değerleri değil bunların yanı sıra nitel ve nicel düşünceleri de içermektedir. Seçim esnasında ayrıca negatif ve pozitif kriterlerin etkilerini bir arada değerlendirebilmek de gerekmektedir. Ek olarak, çalışmada kullanılan hiyerarşik yapıya sahip bu metot gerçek hayat problemlerinde kullanılabilir.

Malzeme taşıma sistemleri olarak raylı sistem, konveyör, kamyonet ve çekicili sistem; maliyet, güvenlik, teknik özellikler ve planlama kriterlerine bağlı olarak karşılaştırılmıştır.

Dört seçenek, dört kriter ve bu kriterlere bağlı yirmi sekiz alt kriterden oluşan bu karşılaştırma hiyerarşisinin değerlendirilebilmesi için Excel’de birbirlerine bağlı tablolar oluşturulmuştur. Çalışmadaki uygulanması gereken işlem adımlarında da bilimsellik sağlanmış, zamandan tasarruf edilebilmiştir.

Anahtar Sözcükler:

1. Analitik Hiyerarşi Proses
2. Gri İlişkisel Analiz
3. Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz
4. Malzeme Taşıma Sistem Seçim Problemi
5. Çok Kriterli Karar Verme

ABSTRACT

TUNÇ, Tuğçe. Selection Of Material Handling System Problems With Analitic Hierarchy Process Method And Grey Relational Analysis Method Together, Graduate Thesis, Ankara 2013.

Decisions play an important role throughout the whole life.

New investments expand the company so selection of new material transportation system is required. Four transportation vehicles are evaluated on criteria by criteria basis for appropriate transportation system. Therefore, four criteria and twenty-eight sub-criteria have been evaluated by AHP and GIA which are multi-criteria decision support system in this project.

Selection of transportation system method contains not only certain-fuzzy values, but also quantitative-qualitative consideration. Selection procedure evaluates impacts of negative-positive criteria together. In addition, this method which has hierarchical structure will be used for solving real life problems.

The rail systems, conveyors, trucks and appeal systems have been compared as the material handling systems. This comparison depended on cost, security, technical specifications and planning criteria. The hierarchy of this comparison composed four options, four criterias and twenty-eight sub-criterias which depended on main criteria .

This hierarchy are presented in Excel tables which connected to each other. The procedure used in the study process also provided a scientific value, time-saving evaluation.

Key Words:

1. Analitic Hierarchy Process
2. Grey Relational Analysis
3. Hierarchy Grey Relation Analysis Method
4. Material Handling System Selection
5. Multi Criteria Decision Support System