



**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**DOKTORA TEZİ**

**BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE KONTEYNER  
TERMİNALLERİ İÇİN RFID SİSTEMİ SEÇİMİ VE  
TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMASI**

**Serdar ALNİPAK**

**Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı**

**Danışman**

**Prof. Dr. Güler BİLEN ALKAN**

**Kasım, 2013**

**İSTANBUL**



**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**DOKTORA TEZİ**

**BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE KONTEYNER  
TERMİNALLERİ İÇİN RFID SİSTEMİ SEÇİMİ VE  
TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMASI**

**Serdar ALNİPAK**

**Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı**

**Danışman**

**Prof. Dr. Güler BİLEN ALKAN**

**Kasım, 2013**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 04/11/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof. Dr. Güler Bilen ALKAN  
İstanbul Üniversitesi



Prof. Dr. Mehmet Şakir ERSOY  
Galatasaray Üniversitesi



Prof. Dr. Ertuğrul TARCAN  
İstanbul Üniversitesi



Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU  
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Serap İNCAZ  
Nişantaşı Üniversitesi



## **ÖNSÖZ**

Doktora çalışmamın her aşamasında gösterdiği her türlü destek ve yakın ilgiden dolayı, beraber çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Güler BİLEN ALKAN'a şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmam boyunca bana yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Mehmet Şakir ERSOY, Prof. Dr. Ertuğrul TARCAN, ve Prof. Dr. Fevzi ERDOĞMUŞ'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam sürecince, çok değerli bilgilerini ve kıymetli vaktini hiç tereddüt etmeden benimle paylaşan Sayın Yard. Doç. Dr. Cemil CEYLAN, Sayın Yard. Doç. Dr. Metin UYAR ve Sayın Yard. Doç. Dr. Yavuz KEÇELİ 'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamda kullandığım bilgileri ve verileri elde etmemde katkısı bulunan tüm liman çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Tüm tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve İstanbul Üniversitesine teşekkür ederim.

Ayrıca, tüm bu süreçte bana desteğini esirgemeyen ve sabır gösteren canım Annem'e ve Babam'a minnettarlığımı sunarım.

**Kasım, 2013**

**Serdar ALNIPAK**

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
TABLO LİSTESİ .....	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	x
ÖZET .....	xii
SUMMARY .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL KISIMLAR .....	4
2.1. RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID) TEKNOLOJİSİ .....	4
2.1.1. RFID Teknolojisinin Gelişimi ve Tarihçesi .....	5
2.1.2. RFID ve Diğer Otomatik Tanıma Sistemleri .....	7
2.1.3. RFID Sistem Bileşenleri .....	10
2.1.4. RFID Etiketleri .....	13
2.1.5. RFID Okuyucuları .....	18
2.1.6. RFID Bilgisayar ve Sistem Yazılımları .....	20
2.1.7. RFID Teknolojisi Standartları ve Standart Üreten Firmalar .....	21
2.1.8. RFID Teknolojisinde Güvenlik ve Gizlilik .....	26
2.1.9. RFID Teknolojisi Akademik Araştırmaları .....	28
2.1.10. RFID Uygulamalarında Kullanılan Yardımcı Teknolojiler .....	31
2.1.11. RFID Teknolojisi Proje Aşamaları ve Performans Kriterleri .....	34
2.1.12. RFID Teknolojisinin Önündeki Engeller .....	40
2.2. RFID TEKNOLOJİSİ PİYASASI VE UYGULAMA ALANLARI .....	44
2.2.1. RFID Teknolojisi Piyasası .....	44
2.2.2. RFID Teknolojisi Sektörel Uygulamaları .....	45

2.2.2.1. İlaç ve Sağlık Sektöründe RFID Teknolojisi .....	48
2.2.2.2. Kütüphanecilik Sektöründe RFID Teknolojisi .....	50
2.2.2.3. Hayvancılık Sektöründe RFID Teknolojisi .....	51
2.2.2.4. Lojistik Sektöründe ve Tedarik Zinciri Yönetiminde RFID Teknolojisi .....	52
2.2.2.5. Üretim Sektöründe RFID Teknolojisi .....	60
2.2.2.6. Diğer Sektörlerde RFID Teknolojisi .....	63
<b>2.3. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI .....</b>	<b>67</b>
2.3.1. Konteyner Terminalleri Ve Konteyner Taşımacılığı .....	68
2.3.2. Konteyner Terminallerinde Bilgi Teknolojileri (BT) Kullanımı .....	71
2.3.3. Konteyner Terminallerinde RFID Teknolojisinin Kullanımına Genel Bakış .....	71
2.3.3.1. Akademik Literatür .....	74
2.3.4. Konteyner Terminallerinde RFID Teknolojisinin Kullanım Alanları.....	81
2.3.4.1. Konteyner Güvenliği Ve Konteyner Güvenliğinde RFID Teknolojisinin Kullanımı.....	89
2.3.4.2. Konteyner Terminali Kapı Giriş-Çıkışları Ve RFID Teknolojisinin Kullanımı .....	97
2.3.5. Dünya Konteyner Limanlarındaki RFID Uygulama Örnekleri .....	103
2.3.6. Konteyner Taşımacılığında RFID Teknolojisinin Kullanımına Yönelik Sağlanacak Avantajlar .....	109
2.3.7. Konteyner Taşımacılığında RFID Teknolojisinin Kullanımına Yönelik Yaşanabilecek Sorunlar .....	111
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>113</b>
3.1. BULANIK KARAR VERME VE BULANIK AHP .....	113
3.1.1. Bulanık Mantık .....	113
3.1.2. Bulanık Küme Teorisi .....	114
3.1.3. Bulanık Sayılar .....	115
3.1.3.1. Sol-Sağ Bulanık Sayılar .....	116
3.1.3.2. Yamuk Bulanık Sayılar .....	117

3.1.3.3. Üçgen Bulanık Sayılar .....	117
3.1.3.4. Dilsel Değişken Kavramı .....	120
3.1.4. Bulanık AHP .....	120
3.1.4.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Kavramı (AHP) .....	120
3.1.4.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Kavramı .....	121
3.1.4.3. AHP ve Bulanık AHP Arasındaki Farklar .....	127
3.1.4.4. Bulanık AHP'de Yapılan Uygulamalar .....	128
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>130</b>
4.1. TÜRK KONTEYNER TERMİNALLERİNE EN UYGUN RFID UYGULAMASI SEÇİMİ PROBLEMİNİN MODELLENMESİ .....	130
4.1.1. Problemin Tanımlanması .....	130
4.1.2. Ana ve Alt Kriterlerin Tanımlanması .....	130
4.1.3. Ana Ve Alt Kriterlerin Açıklanması .....	132
4.1.3.1. Maliyet (M) Ana Kriteri .....	132
4.1.3.2. Beklenen Fayda (BF) Ana Kriteri .....	133
4.1.3.3. Teknik Risk Unsurları (TRU) Ana Kriteri .....	134
4.1.3.4. Çevresel Koşullar (ÇK) Ana Kriteri .....	135
4.1.3.5. Örgütsel Koşullar (ÖK) Ana Kriteri .....	137
4.1.4. Alternatiflerin Belirlenmesi .....	138
4.2. TÜRK KONTEYNER TERMİNALLERİNE EN UYGUN RFID UYGULAMASI SEÇİMİ PROBLEMİNİN BAHP İLE ÇÖZÜMÜ .....	140
4.2.1. Maliyet Ana Kriterine Göre Hesaplamalar .....	140
4.2.2. Beklenen Fayda Ana Kriterine Göre Hesaplamalar .....	146
4.2.3. Teknik Risk Unsurları Ana Kriterine Göre Hesaplamalar .....	150
4.2.4. Çevresel Koşullar Ana Kriterine Göre Hesaplamalar .....	155
4.2.5. Örgütsel Koşullar Ana Kriterine Göre Hesaplamalar .....	161
4.3. SONUÇ SKORU .....	166

4.4. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMINA YÖNELİK FAYDA-MALİYET ANALİZ MODELİ .....	168
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>177</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>183</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>198</b>
EK 1. Türk Konteyner Terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçimine Yönelik Anket Formu .....	198
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>216</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: RFID Sistemi .....	4
Şekil 2.2	: Otomatik Tanıma Sistemlerinin Karşılaştırılması .....	9
Şekil 2.3	: Anten Polarizasyonu .....	14
Şekil 2.4	: RFID Etiketi .....	15
Şekil 2.5	: RFID Okuyucu Örnekleri .....	19
Şekil 2.6	: Dünya UHF Spektrumu .....	22
Şekil 2.7	: EPC Kod Yapısı .....	23
Şekil 2.8	: Barkod Numarasının EPC İle İlişkilendirilmesi .....	24
Şekil 2.9	: RFID Standartları .....	25
Şekil 2.10	: RFID Konulu Makalelerin Yıllar Bazında Dağılımı .....	31
Şekil 2.11	: RFID Uygulamaları İçin Özet Algoritma .....	36
Şekil 2.12	: RFID Kullanımındaki Temel Engeller .....	43
Şekil 2.13	: Ülkelere Göre Profillenmiş RFID Projelerinin Sayısı .....	44
Şekil 2.14	: Hayvancılık Sektöründe RFID Kullanımının Ülkeler Bazında Dağılımı .....	51
Şekil 2.15	: RFID – GPS Destekli Ürün Takibi Sistemi .....	52
Şekil 2.16	: RFID Teknolojisi'nin Lojistik Sektöründe Kullanımı .....	53
Şekil 2.17	: TZY Evrimi'nin Beş Seviyesi .....	54
Şekil 2.18	: RFID 'nin Tedarik Zinciri Yönetimine Etkileri .....	58
Şekil 2.19	: Kurumlararası Açık Sistem .....	59
Şekil 2.20	: RFID Teknolojisi'nin Depolarda Kullanımı .....	61
Şekil 2.21	: Konteyner Terminalinin Genel Görünümü .....	68
Şekil 2.22	: 1990-2008 Yılları Arasındaki Dünya Konteyner Trafığı .....	69
Şekil 2.23	: 2000-2010 Konteyner Elleçlemeleri (TEU) .....	70
Şekil 2.24	: Liman Başkanlıkları İtibariyle Konteyner Elleçlemesi .....	70
Şekil 2.25	: Konteyner Taşımacılığında RFID Uygulama Aşamaları .....	72
Şekil 2.26	: Ağ Tabanlı Konteyner Döngüsü .....	77
Şekil 2.27	: Bremen Üniversitesinde Geliştirilen Akıllı Konteyner Prototipi .....	78
Şekil 2.28	: Konteyner Sahası Yönetim Sistemi Önerisi .....	78
Şekil 2.29	: Etiketlendirilmiş Konteyner Örneği .....	82
Şekil 2.30	: Kapı Girişine Konmuş Okuyucular .....	83
Şekil 2.31	: Konteyner Kimlik Tanımlama Bilgileri .....	84

<b>Şekil 2.32</b>	: Konteyner Zorunlu İşletme ve Yükseklik İşaretleri .....	85
<b>Şekil 2.33</b>	: Konteyner Tehlikeli Yük İşaretleri İşaretleri .....	85
<b>Şekil 2.34</b>	: Konteyner Numaraları .....	85
<b>Şekil 2.35</b>	: Terminal Sahasındaki Etiketli Konteynerleri Gösteren Ekran Ara Yüzü .....	87
<b>Şekil 2.36</b>	: Terminal Sahasındaki Etiketli Araçları Gösteren Ekran Ara Yüzü .....	87
<b>Şekil 2.37</b>	: RFID Kullanılan Konteyner Terminalinin Şematik Gösterimi .....	88
<b>Şekil 2.38</b>	: Mekanik Mühür Çeşitleri .....	90
<b>Şekil 2.39</b>	: Elektronik Mühür Örneği .....	92
<b>Şekil 2.40</b>	: Sensörlü E-Mühür Örneği .....	93
<b>Şekil 2.41</b>	: RFID-Tabanlı Otomatik Terminal Kapı Sistemi .....	100
<b>Şekil 2.42</b>	: OCR Görüntüleri .....	102
<b>Şekil 2.43</b>	: CIMC Projesi Operatör Takip Ekranı .....	106
<b>Şekil 2.44</b>	: Şanghay Liman RFID Konteyner Araç Bilgi Sistem Akışı .....	107
<b>Şekil 2.45</b>	: Temel CHINOS Modülleri .....	109
<b>Şekil 3.1</b>	: L-R Türü Bulanık Sayılara İki Farklı Örnek .....	116
<b>Şekil 3.2</b>	: Yamuk Bulanık Sayı .....	117
<b>Şekil 3.3</b>	: Üçgen Bulanık Sayı ( $\tilde{A}$ ) .....	118
<b>Şekil 3.4</b>	: $M_1$ ve $M_2$ Değerlerinin Kesişimi .....	125
<b>Şekil 4.1</b>	: Konteyner terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçimi Probleminin Hiyerarşik Yapısı .....	139
<b>Şekil 4.2</b>	: Yatırım Yılları Bazında Kümülatif Maliyet ve Fayda Tutarları .....	176

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b>	: RFID Teknolojisi'nin Gelişimi.....	7
<b>Tablo 2.2</b>	: RFID ve Barkod Sistem Karşılaştırması.....	9
<b>Tablo 2.3</b>	: Radyo Frekanslarının Karşılaştırılması.....	12
<b>Tablo 2.4</b>	: Ülkelerde Kullanılan RFID Çalışma Frekansları.....	13
<b>Tablo 2.5</b>	: EPC Etiket Sınıflandırması.....	17
<b>Tablo 2.6</b>	: EPCglobal Protokolü.....	24
<b>Tablo 2.7</b>	: RFID Teknolojisi Yönetimi Literatürü Özeti.....	29
<b>Tablo 2.8</b>	: RFID Uygulamalarında Maliyet Kalemleri.....	37
<b>Tablo 2.9</b>	: RFID Uygulamasındaki Teknik Engeller .....	40
<b>Tablo 2.10</b>	: RFID Uygulamasındaki Kültürel Engeller .....	41
<b>Tablo 2.11</b>	: RFID Uygulamasındaki Finansal Engeller .....	42
<b>Tablo 2.12</b>	: RFID Uygulamasındaki Organizasyonel Engeller .....	42
<b>Tablo 2.13</b>	: Muhtemel RFID Uygulama Sınıfları .....	46
<b>Tablo 2.14</b>	: İlaç Ve Sağlık Sektöründe RFID'nin Kullanım Alanları .....	48
<b>Tablo 2.15</b>	: RFID Kullanan Firmaların Sağladığı Avantajlar .....	59
<b>Tablo 2.16</b>	: Otomotiv Sektöründe RFID'nin Kullanım Alanları .....	62
<b>Tablo 2.17</b>	: Hangi Uygulama İçin Hangi Teknoloji Kullanılmalıdır?.....	66
<b>Tablo 2.18</b>	: 1990-2008 Yılları Arasındaki Dünya Konteyner Trafiği.....	69
<b>Tablo 2.19</b>	: Kablosuz Teknolojilerin Karşılaştırılması.....	73
<b>Tablo 2.20</b>	: Konteyner Terminallerinde RFID Teknolojisinin Kullanımı Literatürü Özeti.....	79
<b>Tablo 2.21</b>	: Terminal Kapı Sistemlerinde Uygulanabilen Teknolojiler.....	101
<b>Tablo 2.22</b>	: Barkod ve OCR Teknolojilerinin Karşılaştırılması .....	102
<b>Tablo 3.1</b>	: Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar .....	114
<b>Tablo 3.2</b>	: BAHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	126
<b>Tablo 3.3</b>	: AHP ve BAHP Arasındaki Temel Farklar.....	127
<b>Tablo 4.1</b>	: Konteyner Terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçiminde Kullanılacak Ana ve Alt Kriterler.....	131
<b>Tablo 4.2</b>	: Türk Konteyner Terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçiminde Analiz Edilecek Alternatifler.....	138
<b>Tablo 4.3</b>	: Kriter Bulanık Karşılaştırma Dereceleri .....	139
<b>Tablo 4.4</b>	: Maliyet Alt Kriterlerinin Ağırlıkları .....	146

<b>Tablo 4.5</b>	: Beklenen Fayda Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.....	150
<b>Tablo 4.6</b>	: Teknik Risk Unsurları Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.....	155
<b>Tablo 4.7</b>	: Çevresel Koşullar Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.....	161
<b>Tablo 4.8</b>	: Örgütsel Koşullar Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.....	166
<b>Tablo 4.9</b>	: Ana-Alt Kriterler-Alternatiflerin Ağırlıkları Ve Sonuç Skoru.....	167
<b>Tablo 4.10</b>	: RFID'siz ve RFID'li Sistemlere Göre Terminal Kapısı İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf Miktarları .....	170
<b>Tablo 4.11</b>	: RFID'li Sistem İle Elleçleme Maliyetlerinden Tasarruf Miktarları....	172
<b>Tablo 4.12</b>	: RFID'siz ve RFID'li Sistemlere Göre Dokümantasyon Maliyetlerinden Tasarruf Miktarları .....	173
<b>Tablo 4.13</b>	: Fayda-Maliyet Analizinde Kullanılan Kurulum Maliyet Tutarını Oluşturan Kalemler .....	176
<b>Tablo 4.14</b>	: Fayda Maliyet Analizinde Kullanılan Maliyet Tutarlarının Yıllar Bazındaki Dağılımı .....	174
<b>Tablo 4.15</b>	: Yatırım Yıllarına Göre Kümülatif Fayda Maliyet Farkı Tablosu .....	174
<b>Tablo 4.16</b>	: Yatırım Yıllarına Göre Kümülatif Fayda Maliyet Farkı Tablosu (NBD %6,68 için) .....	175
<b>Tablo 4.17</b>	: Yatırım Yıllarına Göre Fayda-Maliyet Oranı Tablosu (NBD %6,68 için) .....	176
<b>Tablo 5.1</b>	: Ana ve Alt Kriterler Tablosu .....	178
<b>Tablo 5.2</b>	: Ana kriterler-Alternatiflerin Ağırlıkları.....	179

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$X_{max}$	: Öz Değer
$A_{ij}$	: a matrisinin i.satır j.sütun elemanı
$(a_{ij})_{n \times m}$	: nxm boyutlu bulanık ikili karşılaştırma matrisi
$M = (l, m, u)$	: l, m ve u (alt-orta-üst) parametreleri ile ifade edilen üçgensel bulanık sayı
$M_{ij}^k$	: k kriterine göre i alternatifinin j alternatifine göre önem ağırlığını gösteren üçgensel bulanık sayı
$S_i$	: i. amacın sentez değeri
$\tilde{A}$	: A bulanık sayısı
$\forall$	: her
$X_i$	: i. faaliyet
$W'$	: Ağırlıklar Vektörü
$W$	: Normalize edilmiş ağırlıklar vektörü
$d$	: Sentetik derece değeri
$\mu_A(x)$	: X'in A kümesi içindeki üyelik derecesi
$m\tilde{A}(x)$	: Bulanık sayı A'nı üyelik fonksiyonu
$V(A_i)$	: $A_i$ alternatifinin değer fonksiyonu

Kisaltmalar	Açıklama
<b>AHP</b>	: Analitik Hiyerarşi Proses
<b>AIM</b>	: Otomatik Tanıma ve Mobilite Birliği (Association for Automatic Identification and Mobility)
<b>AR-GE</b>	: Araştırma Geliştirme
<b>AUTO-ID</b>	: Otomatik Tanımlama (Automatic Identification)
<b>BAHP</b>	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses
<b>CSI</b>	: Konteyner Güvenlik Girişimi (Container Security Initiative)
<b>DNS</b>	: Alan İsim Sunucusu (Domain Name Server)
<b>DoD</b>	: Savunma Departmanı (Department of Defense)
<b>EAS</b>	: Elektronik Nesne İzleme (Electronic Article Surveillance)
<b>EAS</b>	: Elektronik Obje Gözetimi ((Electronic Article Surveillance))
<b>EDI</b>	: Elektronik Veri Değişim (Electronic Data Interchange)
<b>EPC</b>	: Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code)
<b>EPCIS</b>	: EPC Bilgi Servisi (EPC Information Service)
<b>ERP</b>	: Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning)
<b>FDA</b>	: Gıda ve İlaç Örgütü (Food and Drug Administration)
<b>GPS</b>	: Global Pozisyonlama Sistemi (Global Positioning System)
<b>GS1</b>	: Global Standartlar

<b>HF</b>	: Yüksek Frekans (High Frequency )
<b>IEC</b>	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Committee)
<b>IMO</b>	: Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Standards Organization)
<b>ISPS</b>	: Uluslararası Gemi ve Liman Tesisleri Güvenliği (International Ship and Port Facility Security)
<b>IT</b>	: Bilgi Teknolojisi (Information Technology)
<b>LAN</b>	: Yerel Alan Ağı (Local Area Networks)
<b>LF</b>	: Düşük Frekans (Low Frequency )
<b>NAGS</b>	: Duraksız Otomatik Liman Kapı Girişi (Non Stop Automated Gate System)
<b>NBD</b>	: Net Bugünkü Değer
<b>OCR</b>	: Optik Karakter Tanıma Sistemleri (Optic Character Recognition)
<b>OGS</b>	: Otomatik Geçiş Sistemleri
<b>ONS</b>	: Nesne İsim Sunucusu (Object Name Server)
<b>OT</b>	: Otomatik Tanıma
<b>PC</b>	: Kişisel Bilgisayar (Personal Computer)
<b>PDA</b>	: Kişisel Dijital Asistan (Personal Digital Assistant)
<b>RF</b>	: Radyo Frekans (Radio Frequency)
<b>RFID</b>	: Radyo Frekanslı Tanıma (Radio Frequency Identification)AHP
<b>ROI</b>	: Yatırımın Geri Dönüşü (Return on Investment)
<b>RTLS</b>	: Gerçek Zamanlı Konumlama Sistemi (Real Time Locating System)
<b>TCMB</b>	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
<b>TOS</b>	: Terminal Operasyon Sistemi (Terminal Operation System)
<b>UHF</b>	: Ultra Yüksek Frekans (Ultra High Frequency)
<b>UWB</b>	: Ultra Geniş Band (Ultra Wide Band)
<b>VT</b>	: Veri Toplama
<b>WAN</b>	: Geniş Alan Ağları (Wide Area Networks)
<b>WMS</b>	: Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System)
<b>WORM</b>	: Tek Yazma Çoklu Okuma (Write Once Read Many)

## ÖZET

### DOKTORA TEZİ

## BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE KONTEYNER TERMINALLERİ İÇİN RFID SİSTEMİ SEÇİMİ VE TÜRKİYE’DEKİ UYGULAMASI

**End. Müh. Serdar ALNIPAK**

**İstanbul Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği**

**Danışman: Prof. Dr. Güler BİLEN ALKAN**

Bilgi teknolojilerinde her an büyük bir değişim ve gelişim yaşanmaktadır. Bu değişim pek çok sektörü olduğu gibi konteyner taşımacılığını ve özelinde terminalciliğini de etkilemektedir. Rekabet avantajını korumayı ve müşterilerine kaliteli hizmet vermeyi amaçlayan limanlar, operasyon verimliliklerini, yük ve liman güvenliklerini arttırmaya yönelik olarak bu teknolojilerden yararlanmaktadır. Son yıllarda bu teknolojilerden en fazla öne çıkanlardan birisi de RFID (Radyo Frekans Tanımlama) teknolojisidir.

Bu bağlamda; teknolojinin rekabet üstünlüğü yaratmada önemli bir faktör olduğunu ve RFID teknolojisinin küresel olarak kullanılmaya başlayacağı gerçeğini dikkate almaları gereken konteyner limanları, bu teknolojiye yönelik stratejik kararlar almak zorunda kalacaklardır. Çünkü konteyner terminallerine RFID teknolojisinin adaptasyonu hem maliyetli hem de karmaşık bir süreçtir. Bu bağlamda RFID’e yatırım yapmayı planlayan terminallerin en uygun RFID uygulamasını seçme kararı stratejik olarak önem taşımaktadır. Farklı sektörlerde pek çok akademik çalışma yapılmış olmasına rağmen RFID teknolojisinin konteyner taşımacılığında ve terminallerinde kullanımına yönelik akademik araştırmalar ise çok azdır.

Bu bilgiler ışığında, bu tez çalışmasında, RFID teknolojisinin ayrıntılı şekilde incelenmesi, konteyner terminallerindeki kullanımının açıklanması, konteyner terminallerinde uygulanacak RFID sisteminin seçimine yönelik olarak ana ve alt kriterlerin belirlenerek özgün bir model oluşturulması, belirlenecek farklı RFID sistemlerini bu model çerçevesinde değerlendirerek Türk konteyner terminallerine mevcut şartlara göre en uygun olanın saptanması amaçlanmıştır. Ayrıca, konteyner terminalinin tüm alanlarında uygulanan, ideal yapıdaki RFID tabanlı bir sistemin ölçülebilir parametreler ile fayda-maliyet analizinin yapılarak, ilgili yatırımın ekonomikliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda konuya yönelik olarak akademik literatür incelenmiş ve yukarıda belirtilen seçim problemine yönelik olarak 5 ana ve 25 alt kriterli özgün bir model oluşturulmuştur. Bu kriterlerin belirlenmesinde hem literatürden hem de 24 uzman kişiden yararlanılmıştır. Bu model Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) metodu ile analiz edilmiştir. Bunun için BAHP'in en çok kabul gören yöntemi olan Chang'ın Mertebe Analizi Tekniği tercih edilmiştir. Analizde kullanılacak veriler, RFID teknolojisini incelemiş ve bu teknolojiyi bilen Türkiye'deki 3 büyük konteyner terminaline anket uygulanarak elde edilmiştir.

Ayrıca fayda-maliyet analizi için ölçülebilir parametreler çerçevesinde; RFID teknolojisini tüm süreçlerinde kullandığı varsayılan orta ölçekli bir konteyner terminali düşünülerek, ilgili yatırımın ekonomikliği, fayda-maliyet oranı ve başabaş noktası gibi değerler hesaplanmıştır.

Bu çalışma ile;

- Konteyner terminallerinde RFID sistem seçimine yönelik olarak ilk kez bir model ortaya konmuştur,
- Oluşturulan model çerçevesinde konteyner terminallerimize en uygun RFID sistemi belirlenmiştir,
- RFID teknolojinin konteyner terminallerinde kullanımına yönelik olarak özgün bir fayda maliyet analizi yapılmış ve bu yatırımın ekonomikliği, fayda-maliyet oranı ve başabaş noktası gibi önemli değerleri ortaya konmuştur,
- İleride bu konuya yönelik olarak yapılacak akademik çalışmalara iyi bir başlangıç noktası oluşturulmuştur.

[Kasım, 2013], 216 sayfa.

**Anahtar Kelimeler:** RFID, Konteyner Terminali, BAHP, Fayda/Maliyet Analizi.



## **SUMMARY**

**Ph.D. THESIS**

### **SELECTION OF RFID SYSTEM FOR CONTAINER TERMINALS BY USING FUZZY AHP METHOD AND ITS APPLICATION IN TURKEY**

**Ind. Eng. Serdar ALNIPAK**

**İstanbul University**

**Graduate School of Science and Engineering**

**Marine Transportation Management Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Güler BİLEN ALKAN**

A major change and development in Information Technologies (IT) experienced in every moment. This change influence many sectors such as the case of container transportation and container terminals. Ports which aim to provide high quality service to their customers and to maintain their competitive advantage, utilize IT for increasing their operating efficiency and security of cargo and port. In recent years one of the most prominent of these technologies is RFID (Radio Frequency Identification) technology.

In this context ports which consider technology as an important factor in creating competitive advantage and take into account the fact that RFID technology is going to start to be used globally, will have to make strategic decisions about this technology. Because the adaptation of RFID technology to a container terminal is both costly and complicated process. In this context, choosing the most appropriate RFID application is strategically important for terminals which are planning to invest in RFID technology. Although there are many scholarly works in the different sectors, academic research on the use of RFID technology in container transportation and ports is poor.

In this study, we aim to examine RFID technology in detail, describe its usage in container terminals, create an original model with main and sub-criteria for the selection of RFID system in container terminals and determine the most suitable sytem for Turkey within the framework of this model according to the prevailing conditions. In addition, we aim to apply benefit-cost analysis with measurable parameters for a container terminal where has been applied RFID technology to its all areas and determine the economy of related investment.

For these purposes, the academic literature on the subject were examined and developed an original model with 5 main and 25 sub-criteria the selection of RFID system in container terminals. These criteria were determined using both the literatüre and 24 experts. This model is analysed by Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP).

For this, we use Chang's extent analysis method which is the most accepted approach of FAHP. The data used in the analysis has been obtained by applying questionnaire to 3 Turkish container terminals which examined RFID technology and have knowledge about it.

Also, for the benefit-cost analysis; we assume a medium-sized container terminal where has been applied RFID technology to its all areas and calculate the economy, benefit-cost ratio and break even point of related investment within the framework of measurable parameters.

In this study;

- a model for the selection of RFID system in container terminals was revealed for the first time,
- most suitable system for Turkish container terminals was determined within the framework of this model,
- as for the use of RFID technology at the container terminal, an original benefit-cost analysis was performed and revealed significant values (economy, benefit-cost ratio and break even point) of related investment,
- a good starting point for future academic studies has been brought out.

[November, 2013], 216 pages.

**Key Words:** RFID, Container Terminal, FAHP, Benefit/Cost Analysis.

## 1. GİRİŞ

Bilgi teknolojilerinde her an büyük bir değişim ve gelişim yaşanmaktadır. Bu değişim pek çok sektörü olduğu gibi konteyner taşımacılığını ve terminalciliğini de etkilemektedir. Rekabet avantajını korumaya çalışan ve müşterilerine kaliteli hizmet vermeyi amaçlayan limanlar; operasyon verimliliklerini, yük ve liman güvenliklerini arttırmaya yönelik olarak bu teknolojilerden yararlanmaktadır. Son yıllarda bu teknolojilerden en fazla önem kazananlardan birisi RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) teknolojisi olarak göze çarpmaktadır.

RFID sistemleri, radyo frekanslarını kullanarak durağan ya da hareket halinde olan canlılar ve nesnelere tekil veya çoğul halde tanımlamakta kullanılmaktadır. RFID; taşıyıcı araç, ekipman, yük ve insan bazlı olarak hem otomatik hem doğru veri toplayabilen bir teknoloji olması sebebiyle liman aktivitelerinin tamamında fayda sağlayabilmektedir.

Konteyner terminalleri açısından temel olarak kimliklendirme (tanımlama), takip ve güvenlik açılarından pek çok fayda sağlayan bu teknoloji bazı açılardan dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Özellikle bu teknolojinin bahsedilen sektörde kullanımının henüz emekleme döneminde olması ve mevcut şartlarda ciddi yatırımlar gerektirmesi en önemli dezavantajlardandır. Ayrıca standartizasyon ve entegrasyona yönelik sorunlar, sektörün aktörlerini ve özellikle terminal yöneticilerini karar verme aşamalarında zorlamaktadır.

Konunun sektörel açıdan henüz başlangıç seviyesinde bulunması akademik açıdan da geçerlidir. Bu teknolojinin yoğun kullanıldığı perakendecilik sektöründe pek çok akademik çalışma mevcut olmasına rağmen konteyner taşımacılığında ve terminallerinde kullanımına yönelik araştırmalar çok azdır.

Bu teknolojinin yatırım değerinin yüksek olması ve terminal süreçlerinin yeniden yapılandırılması gerekliliği, liman yöneticilerinin konteyner terminallerinde hangi RFID uygulamasını seçecekleri konusunu stratejik hale getirmektedir.

Bu bilgiler ışığında görülmektedir ki pek çok önemli dünya limanlarında kullanılan veya kullanımına başlanacak olan ve konteyner terminallerinde geleceğin teknolojisi olarak görülen RFID teknolojisinin; belirlenecek kriterler doğrultusunda optimal

uygulama modunun belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü bu teknoloji pahalı bir teknolojidir ve terminal için en uygun modun (kullanım alanı) seçimi pek çok kaybın önüne geçecektir.

Ayrıca akademik literatürde, gerek ulusal gerek ise de uluslararası anlamda bu konuya yönelik bir model ve uygulama ortaya konulmamış olması, bu hususta ciddi bir ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bu tez çalışmasında; yukarıda belirtilen ihtiyaçlara yönelik olarak; RFID teknolojisi hakkında bilgi ve tecrübe sahibi 3 Türk konteyner limanında, 24 uzman ile yüz yüze yapılan görüşmeler ve diğer sektörlerle yönelik olarak bu konuda yapılmış akademik literatürün incelenmesi sonucunda belirlenen ana ve alt kriterler doğrultusunda özgün bir model oluşturulmuş ve bu model doğrultusunda Türk konteyner terminallerine en uygun RFID uygulaması belirlenmiştir. 5 ana ve 25 alt kriter ile oluşturulan model çerçevesinde, Chang'in merteye analizine dayalı Bulanık AHP yöntemi kullanılarak 5 farklı alternatif değerlendirilmiştir. Ayrıca konunun bütün yönleri ile ortaya konulması amacı ile ölçülebilir parametreler çerçevesinde RFID teknolojisinin, konteyner terminallerinde kullanımına yönelik olarak 10 yıllık fayda-maliyet analizi yapılmış ve yatırımın ekonomikliği ortaya konmuştur.

Bölüm 1'de çalışmanın amacı, ortaya çıkış sebebi, çalışmanın kapsam ve bölümleri anlatılmıştır.

Bölüm 2'de öncelikle RFID teknolojisinin gelişimi ve sistem bileşenleri açıklanmıştır. Sonrasında uygulama alanları belirtilmiş, gerçek sektörel uygulamalardan örnekler verilmiştir. Standart, güvenlik ve gizlilik konuları irdelenerek, RFID projesinin uygulama aşamaları tanımlanmıştır.

Bu alt bölümlerin devamında ilgili teknolojinin konteyner terminallerindeki kullanımı irdelenmiştir. Buna yönelik olarak akademik literatür ayrıntılı olarak sunulmuştur. Konteyner terminallerinde RFID teknolojisinin kullanım alanları detayları ile anlatılmıştır. Bu amaçla; kapı giriş sistemleri, konteyner güvenliği ve mühürleri irdelenerek dünya konteyner limanlarındaki RFID uygulama örnekleri belirtilmiştir. Bölümün sonunda bu teknolojinin terminale sağladığı faydalar ve içerdiği sorunlar anlatılmıştır.

Bölüm 3'te çalışmaya temel teşkil eden problemin çözümüne ilişkin kullanılan Bulanık AHP yönteminin sözel ve matematiksel açıklamaları verilmiştir.

Bölüm 4'te problemimizde kullanılacak ana-alt kriterlerin ve alternatiflerin açıklamalarına yer verilmiş olup elde edilen verilere Bulanık AHP yönteminin uygulanması ile oluşan bulgular gösterilmiştir. Ayrıca ideal olarak tüm süreçlerinde, RFID teknolojisini kullanan, orta ölçekli bir konteyner terminali varsayılarak, ölçülebilir parametreler çerçevesinde 10 yıllık fayda-maliyet analizi yapılmış ve RFID yatırımının bu tip bir terminal için ekonomikliğı irdelenmiştir.

Bölüm 5'te elde edilen bulgular yorumlanmış ve çalışmanın geliştirilmesi için ileride yapılacak araştırmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Ek 1'de ise ele alınan probleme yönelik uzmanlara uygulanan anket sunulmuştur.

## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1. RADYO FREKANSLI TANIMLAMA (RFID) TEKNOLOJİSİ

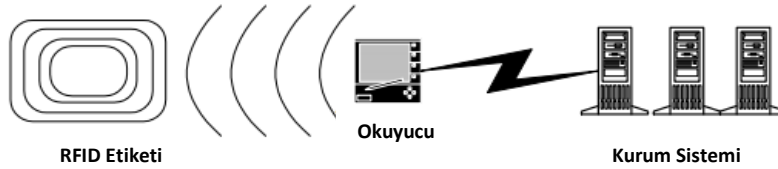
Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) teknolojileri, radyo frekanslarını kullanarak hareketli veya hareketsiz, canlı veya cansız nesnelerin tanımlanmasında kullanılmaktadır (Özmen ve Birgün, 2011).

RFID-tabanlı bir Auto-ID (Otomatik Tanıma/Veri Toplama - OT/VT) sistemi şunlardan oluşur: belli bir ürüne tahsis edilen tekil bir tanıma numarası, ürüne, tekil tanıma numarasını depolayabilen bir çip ile eklenen bir kimlik etiketi, çeşitli etiketlerden yüksek hızla sinyal toplama ve bu veriyi ön işlemeye tabi tutma yeteneğine sahip ağlandırılmış RFID okuyucular ve veri işleme sistemleri ile ürün bilgisini depolayan bir ya da daha fazla ağlandırılmış veritabanı (Mcfarlane ve Sheffi, 2003).

RFID, fiziksel bağlantı ya da barkodlarda olduğu gibi optik teknolojilerin gerektirdiği görüş hattı olmadan bilgi aktarımı yapabilen kablosuz bir teknolojidir (Karkkainen,2002).

Şekil 2.1’de gösterilen RFID sistemi genellikle şunlardan oluşur:

- Bir RFID cihazı (etiket);
- Bir antene ve alıcı-vericiye sahip bir etiket okuyucu
- Bir ana sistem ya da bir işletme sistemine bağlantı (Roberts, 2006).



Şekil 2.1: RFID Sistemi.

Sistemin çalışma prensibi basit olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir (Moreau, 2003).

- Etiket RF alanına girer (Okuyucunun yaydığı dalgalar etikette bulunan antenle buluşarak devreleri çalıştırır).
- Etiket tanımlayıcı bilgileri (kayıtlı kimlik kodunu ve diğer bilgileri) aktarır
- Okuyucu veriyi yakalar
- Okuyucu veriyi dijital veri haline dönüştürerek, Server'a gönderir
- Server ne yapılacağına karar verir
- Server okuyucuya gerekli talimatları gönderir.
- Okuyucu veriyi etikete aktarır.

Sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacak olan uygulama alanları; hayvancılık ve hayvan takibi, havacılık sektörü, inşaat sektörü, tekstil sektörü, sağlık sektörü, kütüphanecilik ve müzecilik, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi, madencilik, katı atık yönetimi, perakendecilik, savunma sektörü, ödeme sistemleri, üretim sektörü vb. şeklinde özetlenebilir. Görüldüğü üzere kullanım alanlarının fazlalığı ve çeşitliliği, bu teknolojiye yatırımı gerekli kılmaktadır (Ngai ve diğ., 2008).

### **2.1.1. RFID Teknolojisinin Gelişimi ve Tarihçesi**

RFID teknolojisinin yaygın olarak kullanımı 2.Dünya Savaşında başlamış gibi görünse de geçmişi 1880'li yıllara dayanmaktadır. 1880'lerin başında elektromanyetik dalga teorisinde ilk gelişmeler sağlanmış, 1846'da İngiliz bilim adamı Michael Faraday ışık ve radyo dalgalarının elektromanyetik enerji oluşturduğunu ortaya koymuştur. 1864'te Maxwell, elektromanyetik teorisini geliştirmiş, 1887'de Alman fizikçi Hertz, radyo sinyallerinin gönderilip alınabilmesini başarmıştır. Hertz'in çalışmalarını Rus bilim adamı Alexander Popov izlemiş, 1897'de ise Marconi tarafından radyo icat edilmiştir. Akabinde radar'ın bulunuşu ve 2.Dünya Savaşında sıklıkla kullanılması sonucu ilgili konuya yönelik çalışmalar arttırılmıştır (Üstündağ, 2008).

1960'ların sonu ve 70'lerin başında araştırmacılar pek çok prototip sistemler geliştirdi. Hırsızlık önleme cihazı olarak kullanılan Elektronik Obje Gözetimi (EAS) vb. çok bilinen ticari ürünler piyasaya sunuldu. Bu sistemler, 1 bitlik etiketlerden faydalanmaktaydı ve perakende satış mağazalarındaki yüksek değerli ürünlere ve

kıyafetlere takılarak kullanılmaktaydı. Bu sistemin etkili bir hırsızlık engelleme önlemi olduğu ispatlandı ve RFID'nin ticari olarak ilk ayrıca en yaygın kullanılışı bu şekilde oldu (Bhuptani ve Moradpour, 2005).

1970'lerde giderek daha fazla araştırmacı ve akademik kurum RFID'ye ilgi göstermekteydi. Bu dönemde çok fazla gelişme kaydedildi ve hayvan etiketleme gibi uygulamalar ticari olarak kullanılabilir hale geldi. 1980'lerde RFID uygulamaları birçok alana yayılmaya başladı. Avrupa'da hayvan takibi sistemleri geniş kullanım alanları buldu ve İtalya, Fransa, İspanya, Portekiz ve Norveç'te bulunan paralı yollar RFID ile donatıldı. 1990'larda, elektronik geçiş ücreti toplama sistemleri Birleşik Devletler'de yaygın olarak kullanıma girdi. Avrupa'da da geçiş ücreti toplama, demiryolu uygulamaları ve geçiş kontrolü dâhil olmak üzere RFID uygulamalarına büyük bir ilgi oluştu. RFID ücret toplama ve demiryolu uygulamaları Arjantin, Avustralya, Brezilya, Kanada, Çin, Hong Kong, Japonya, Malezya, Meksika, Yeni Zelanda, Güney Kore, Güney Afrika, Singapur ve Tayland gibi birçok ülkede uygulamaya kondu. Gelişmeler 1990'larda entegre devrelerin geliştirilmesi ve boyut küçültme ile mikrodalga RFID etiketleri tek bir entegre devreye sığdırılana kadar devam etti (Landt, 2001).

2000'li yıllarda, Wal-Mart ve Metro gibi büyük perakende zincirler, DoD gibi Amerikan hükümet kuruluşları, tedarikçilerini RFID sistemlerini kullanmaları için yaptırım kararları almaya başladı. Aynı yıllarda MIT Üniversitesi de Auto-ID Laboratuvarı'nın girişimiyle Elektronik Ürün Kodu (EPC) standartlarının gelişmesi için çalışmalarını hızlandırdı. Tedarik zincirinde uluslararası standartların belirlenmesinde faaliyet gösteren GS1 kuruluşu, MIT, Cambridge, St. Gallen üniversiteleriyle işbirliği yaparak EPC Global organizasyonunu kurdu. Kâr amacı gütmeyen bu kuruluş, RFID standartlarının geliştirilmesi için faaliyet göstermektedir. EPC sisteminde her ürün, RFID etiketinde bulunan tekil bir numara ile izlenebilmekte, internet üzerindeki DNS yapısına benzer bir yapı olan ONS ile EPCIS ağ sistemi ile de ürün bilgilerine dünyanın her yerinden ulaşılabilir (Üstündağ, 2008).



Tablo 2.1’de RFID Teknolojisi’nin gelişimi genel hatlarıyla ve özet olarak gösterilmiştir (Landt, 2001).

**Tablo 2.1:** RFID Teknolojisi’nin Gelişimi.

<b>Zaman Dilimi</b>	<b>Olay</b>
1940-1950	Radar iyileştirildi ve kullanıldı. 2. Dünya Savaşı gelişim çabaları. 1948’de RFID’nin icat edilmesi
1950-1960	RFID teknolojisi konusundaki ilk araştırmalar, laboratuvar deneyleri
1960-1970	RFID teorisinin geliştirilmesi Sahada deneme uygulamalarının başlaması
1970-1980	RFID çalışmalarının büyük bir hızla yaygınlaşması RFID hızlandırma testleri İlk RFID adaptör uygulamaları
1980-1990	Ticari RFID uygulamalarının yaygınlaşması
1990-2000	Standartların oluşturulması RFID’in yaygın olarak kullanılması RFID’in günlük hayatın bir parçası haline gelmesi

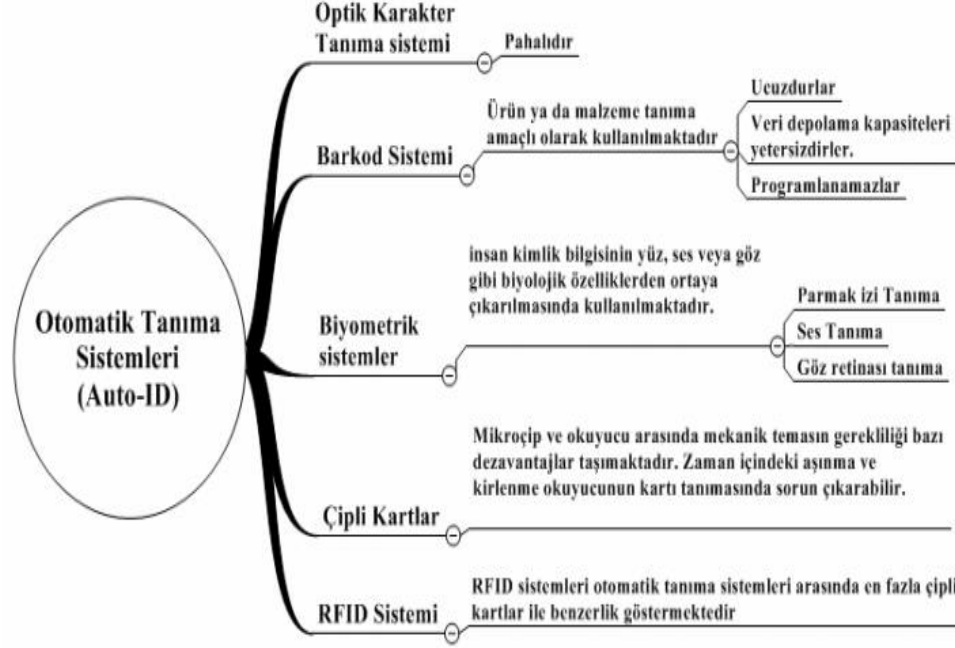
### 2.1.2. RFID ve Diğer Otomatik Tanıma Sistemleri

Otomatik Tanıma Sistemleri genel olarak bir nesnenin veya kişinin kimlik bilgilerini otomatik olarak toplayan sistemlerdir. Bu teknolojiler otomatik olarak bilgi tanınması yaptıklarından zaman ve işgücü maliyetlerini düşürüp, hataları minimize ederek bilgi güvenilirliğini arttırmaktadır.

Tanıma sistemleri genel olarak 5 grupta toplanmaktadır. Bunlar;

- Optik Karakter Tanıma Sistemleri (OCR): Bu sistemler el veya bilgisayar ile yazılmış farklı yazı tiplerinin makineler tarafından okunup anlaşılmasını sağlamaktadır (Üstündağ, 2008).
- Biyometrik kimlik tanıma sistemleri: Biyometrik, bireyin ölçülebilir fiziksel ve davranışsal karakteristiklerini tanıyarak kimlik saptamak üzere geliştirilmiş otomatik sistemler için kullanılan bir terimdir. Parmak izi tanıma, El geometrisi, Avuç İçi Damar Doğrulama, Retina tarama, İris Tarama, Yüz Tanıma, İmza Tanıma, Ses tanıma vb türleri vardır. Ciddi maliyetler gerektiren özel teknolojilerdir (Tuğaç, 2007).
- Akıllı Kart Sistemi: Akıllı kartlar, kişisel bilgileri ve elektronik parayı üzerinde depolayan ve bunun için manyetik şerit teknolojisini veya mikroişlemci çipleri kullanan kartlardır (Akçayol ve diğ., 2005).
- Barkod Sistemleri: Barkod teknolojisi otomatik tanıma temelli teknolojilerin en eski örneklerinden birisidir (Özdemir ve Doğan, 2010). Barkodlama, verileri evrensel olarak tanınmış mors kodlarına benzer şekilde belli bir semboloji çerçevesinde kodlama tekniğidir. Kodlanmış veriler parti numarası, seri numarası, tedarikçi numarası, miktar gibi bilgileri içerir (Ünlü, 2007).
- RFID; Radyo Frekansı ile kimlik tanıma: RFID, herhangi bir maddenin tespitini radyo dalgaları kullanarak kablosuz olarak ileten bir sistemden oluşur (Tsilingiris, 2007). 2003 yılında Wal-Mart, başlıca tedarikçilerinin tedarik yönetimi için radyo frekans tanımlama (RFID) kullanmaya başladığını fark etmiştir. 2004 yılında ise Amerika Savunma Bakanlığı (DoD) tedarikçileri için benzer bir RFID direktifi açıklamıştır (Wyld, 2006).

Otomatik tanıma sistemlerine ait karşılaştırma Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Pala, 2007).



Şekil 2.2: Otomatik Tanıma Sistemlerinin Karşılaştırılması.

Bu teknolojiler arasında; RFID ve Barkod teknolojileri, avantaj ve dezavantajları açısından sürekli olarak birbirleriyle karşılaştırılan teknolojilerdir. Pek çok yönden barkoda karşı avantajlı olan RFID teknolojisinin de bazı problemlerin aşılması sonrasında önümüzdeki döneme fiili olarak damga vuracağı kesindir. Bu bağlamda her iki teknolojinin karşılaştırılması Tablo 2.2’de gösterilmiştir (Saatçioğlu, 2006 ve Üstündağ,2008).

Tablo 2.2: RFID ve Barkod Sistem Karşılaştırması.

RFID Sistemi	Barkod Sistemi
RFID etiketleri içinde saklanabilen bilgi miktarı yüksektir.	Barkod etiketlerinde tutulan bilgi çok daha sınırlıdır.
Etiket içinde tutulan bilgi defalarca güncellenebilmektedir.	Bilgiyi değiştirmek için etiketi değiştirmek gerekmektedir.
Etiket ve okuyucu arasındaki veri değişimi hatasız olarak gerçekleşmektedir.	İlk okuma sırasında hata olasılığı her zaman vardır.

Kablosuz teknoloji özelliği ile RFID etiketlerinin okunması veya güncellenmesi için görüş mesafesi gerekli değildir. Bu bağlamda okuma uzaklığı çok fazla olabilmektedir.	Barkodların okunması için görüş mesafesi gereklidir. Bu bağlamda manuel yapılabilen ve işçilik maliyeti oluşturmaktadır.
Aynı anda birden çok RFID etiketi okunabilir.	Barkodlar teker teker okunmalıdır.
RFID etiketleri, kirli ve nemli ortamlar içinde etkilenmemektedir.	Barkod sistemlerinde ise kirlenme ve yıpranma önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.
RFID etiketlerinin okuma hızı yüksektir	Barkod sistemlerinde okuma hızı düşüktür.
Etiketlerin kopyalanması ve içeriğinin gözle okunabilmesi imkânsızdır.	Kolaylıkla kopyalanıp değiştirilebilmektedir.
Global olarak standartların oluşturulması henüz tamamlanamamıştır.	Global olarak standartların oluşturulması tamamlanmış ve geniş kabul görmüştür
Altyapı ve etiket maliyetleri şu an için yüksektir.	Altyapı ve etiket maliyetleri düşüktür.

### 2.1.3. RFID Sistem Bileşenleri

RFID sistemleri, etiket (tag, transponder), okuyucu, bilgisayar ve sistem yazılımlarından oluşmaktadır. RFID sistemlerinin çalışma prensibinde, veri transferi kilit noktayı oluşturur. Etiket ve okuyucu arasında anten aracılığı ile gerçekleşen veri iletişimine “bağlama (coupling)” adı verilir. Radyo Frekansı kavramı, yayılan elektromanyetik dalgaların frekansı için kullanılır. RF sinyallerinin frekansı 125 KHz’den (saniyede 125 bin çevrim), 5,8 GHz’e (saniyede 5,8 milyar çevrim) değişebilir (Üstündağ,2008). RFID sisteminin çalıştığı frekans, bilgi aktarımı için kullanılan radyo dalgalarının yoğunluğunu belirler ve sistem için performans düzeylerinin ve uygulamaların belirlenmesinde önemli rol oynar. Hemen hemen tüm RFID sistemleri aşağıdaki dört frekans bandından birinde çalışır:

**Düşük Frekans (LF):** Düşük frekans RFID sistemleri genellikle 125 KHz'de çalışır, ancak 134 KHz'de çalışan sistemler de bulunmaktadır. Bu frekans bandı, daha yüksek frekanslara kıyasla daha kısa bir okuma aralığı (< 0.5m ya da 1.5 ft) ve daha yavaş bir okuma hızı sağlar. LF RFID sistemleri, daha yüksek frekanslardan herhangi birine oranla yüksek su ya da metal içeriğe sahip nesnelere etiketleri okuma açısından en büyük kapasiteye sahiptir. Tipik düşük frekans RFID uygulamaları erişim kontrol, hayvan takibi, araç immobilizasyonu, sağlık uygulamaları, ürün onayı ve çeşitli satış noktası uygulamalarını (örn. Mobil/Exxon SpeedPass) içerir (Psion Teklogix, 2004).

**Yüksek Frekans (HF):** Yüksek frekans RFID sistemleri 13.56 MHz'de çalışır ve LF sistemlerine kıyasla daha geniş bir okuma aralığına ve daha yüksek bir okuma hızına sahiptir. Tipik okuma aralığı 1 metreden (3 feet) daha kısadır ve yüksek su ya da metal içeriğe sahip nesnelere etiketleri okuma kapasitesi LF sistemleri kadar iyi olmasa da UHF sistemlerinden daha güçlüdür. Uygulamalar, ürün seviyesi takibi amaçlı akıllı kart ve akıllı rafları içerir, ayrıca kütüphane kitaplarının, hastaların, ürün onayının ve uçakla taşınan eşyaların takibi için de kullanılmaktadır. Bir diğer yaygın uygulama ise yangın söndürme sistemleri gibi düzenli kontrol gerektiren hassas ekipmanlar için veri günlüklemenin sağlanmasıdır (Psion Teklogix, 2004).

**Ultra Yüksek Frekans (UHF):** Ultra Yüksek Frekans RFID 860-930 MHz (pasif) bandını (tipik olarak Avrupa'da 868 MHz ve Kuzey Amerika'da 915 MHz) ve 430 MHz (aktif) bandını kullanır. Okuma aralığı pasif için 6+ metre, aktif 433 MHz'de 100 metreye kadardır. Veri transferi hızı HF sistemlerinden hızlı, aşağıda değinilecek olan Mikrodalga tabanlı RFID sistemlerinden ise yavaştır. UHF sistemlerinin bir dezavantajı yüksek su ya da metal içeren ya da bunlarla çevrili olan nesnelere etiketleri okuma kapasitesindeki sınırlılıktır. Bu, genellikle dağıtım ve lojistik uygulamaları için tavsiye edilen frekanstır ve Auto-ID Merkezi'nden geçen EPC (Electronic Product Code - Elektronik Ürün Kodu) standardının temelidir. Şüphesiz EPC, ABD'de Wal-Mart ve Savunma Bakanlığı'nın odak noktasıdır. Bu frekansın tedarik zincirinde kullanılmasının ilk gerekçesi diğer frekans sistemlerinden daha geniş bir okuma aralığı sunmasıdır. Ancak UHF, frekansın sağladığı geniş aralık nedeniyle, otoyollardaki otomatik geçiş sistemleri (OGS), üretim uygulamaları ve otoparklarda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Psion Teklogix, 2004).

**Mikrodalga (MF):** Son frekans seçeneği ise mikrodalga bandıdır (2.45 GHz ya da 5.8 GHz). Mikrodalga tabanlı RFID sistemleri en yüksek veri okuma hızına sahiptir, ancak sistemlerin en pahalısıdır UHF benzeri okuma aralığına sahiptir. Ayrıca, mikrodalga tabanlı sistemler yüksek su ya da metal içeriğe sahip nesnelere nüfuz edemediğinden pek çok uygulama için uygun değildir. Günümüzde mikrodalğanın kullanımı uçakla taşınan eşyaların takibi ya da otomatik geçiş sistemleri gibi belli uygulamalarla sınırlıdır. Yüksek veri içeriğine sahip tedarik zinciri uygulamalarında kullanılması muhtemel olsa da, su veya metale nüfuz edememesi ve fiyatının yüksekliği bu alandaki kullanımını sınırlayacaktır (Psion Teklogix, 2004). Yukarıda bahsedilen frekansların genel olarak açıklamaları Tablo 2.3'teki gibidir (Üstündağ, 2008).

**Tablo 2.3:** Radyo Frekanslarının Karşılaştırılması.

Frekans	Özellikler	Uygulamalar
Düşük Frekans (LF) 135 KHz'den küçük	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1980'lerden beri kullanım</li> <li>- İndüktif bağlama</li> <li>- Pasif sistem</li> <li>- Metal ve sıvılarda iyi performans</li> <li>- Düşük veri transfer hızı</li> <li>- Çok kısa okuma mesafesi (&lt; 1) metre</li> <li>- Toplu okuma teknik olarak olanaklı ancak uygulama gerçekleştirilmemiş</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hayvan tanıma, izleme</li> <li>- Endüstriyel otomasyon</li> <li>- Giriş kontrol</li> </ul>
Yüksek Frekans (HF) 13,56 MHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1990'lardan beri kullanım</li> <li>- Ortak dünya standartları</li> <li>- İndüktif bağlama</li> <li>- Pasif veya yarı-aktif sistem</li> <li>- Metal ve sıvılarda iyi performans</li> <li>- LF'den yüksek veri transfer hızı</li> <li>- LF'den daha uzak mesafede okuma özelliği (yaklaşık 1,7 metre)</li> <li>- Toplu okumada yüksek performans (100 etikete kadar – sistem ve çevre koşullarına bağlı olarak)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ödeme ve sadakat kartları (akıllı kartlar)</li> <li>- Giriş kontrol</li> <li>- Sahtecilik engelleme</li> <li>- Kitap, bavul ve giysi izleme</li> <li>- Akıllı raflar</li> <li>- İnsan izleme</li> </ul>
Ultra Yüksek Frekans (UHF) 430 MHz (aktif) 860 - 930MHz (pasif)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1990'lardan beri kullanım</li> <li>- Bölgesel standart sorunları</li> <li>- Geri serpm (Backscatter) modülasyonu</li> <li>- Pasif ve aktif sistemler</li> <li>- Sıvı ve metallerde düşük performans</li> <li>- Hızlı veri transferi</li> <li>- HF'den daha uzak mesafede okuma (pasif için 6+ metre)</li> <li>- Aktif 433 MHz'de 100 metreye kadar okuma</li> <li>- Düşük etiket maliyetleri</li> <li>- Toplu okumada yüksek performans (500 etikete kadar – sistem ve çevre koşullarına bağlı olarak)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tedarik zinciri ve lojistik</li> <li>- Stok kontrol</li> <li>- Depo yönetimi</li> <li>- Demirbaş izleme</li> </ul>

Mikro Dalga 2,45 GHz - 5,8 GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son 10-20 yıllık kullanım</li> <li>- Geri serpmeye (Backscatter) modülasyon</li> <li>- Aktif ve yarı aktif sistemler</li> <li>- Okuma mesafesinde UHF benzerliği</li> <li>- Sıvı ve metallerde düşük performans</li> <li>- Hızlı veri transferi</li> <li>- Toplu okumada yüksek performans (500 etikete kadar – sistem ve çevre koşullarına bağlı olarak)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Giriş kontrol</li> <li>- Elektronik ödeme</li> <li>- Endüstriyel otomasyon</li> </ul>
-----------------------------------	---	--

Günümüzde yaygın olarak kullanılan etiketlerin frekansları daha çok HF (High Frequency) -yüksek frekans aralığındadır ve her ülke kendi radyo spektrumunun kullanımını düzenlemektedir. Tablo 2.4'te "Ülkelerde kullanılan RFID çalışma frekansları" gösterilmiştir (Tuğaç, 2007).

**Tablo 2.4:** Ülkelerde Kullanılan RFID Çalışma Frekansları.

<b>Ülkelerde kullanılan RFID çalışma frekansları</b>	
<b>Frekans</b>	<b>Ülkeler/ Bölgeler</b>
125 – 134 KHz	USA, Kanada, Japonya, Avrupa
13.56 MHz	USA, Kanada, Japonya, Avrupa
433.05 – 434.79 MHz	Avrupa'nın büyük bölümü, USA (bazı bölgelerde aktif etiket FCC ye kayıt edilmesi şartı ile), Japonya (henüz işlem aşamasında)
865 - 868 MHz	Avrupa
866 - 869 ve 923 - 925 MHz	Güney Kore
902 – 928 MHz	USA
952 – 954 MHz	Japonya
2400–2500 ve 5.725 – 5.875 GHz	USA, Kanada, Avrupa, Japonya

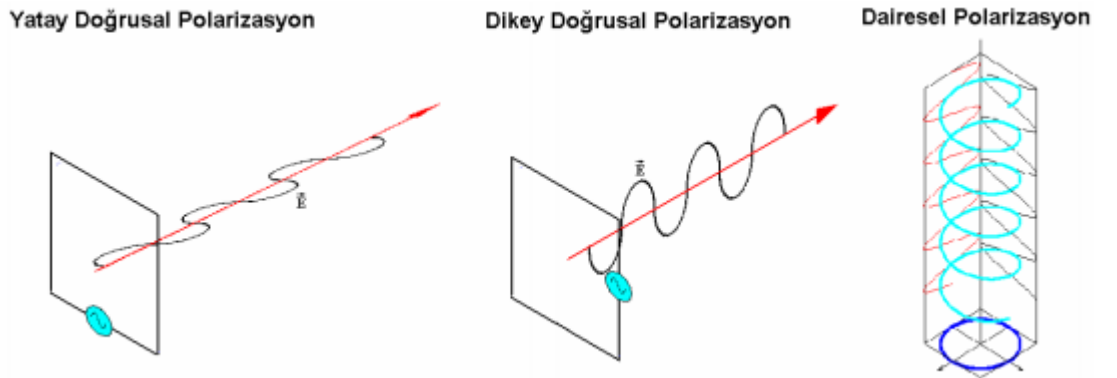
#### 2.1.4. RFID Etiketleri

RFID sistem özelliklerinin en önemli belirleyicilerinden birisi etiket türüdür. RFID etiketi, sınırlı kapasitede belleğe sahip, taşınabilen bir modüldür. RFID etiketleri her tür ürüne gömülebilir ya da yapıştırılabilir. RFID etiketi, radyo frekansı ile yapılan sorguları almaya ve cevaplamaya olanak tanıyan bir silikon yonga (mikro işlemcili çip), anten ve kaplamadan meydana gelir.

Yonga, etiketin üzerinde bulunduğu nesne ile ilgili bilgileri depolar; bir nevi etiketin beyni görevini üstlenmektedir. Birçok RFID etiketinde bu parçanın temel görevi etiketin sadece kendisine özgü tanımlayıcı kodunu okuyucuya iletmektir. Ayrıca bu parça tüm etiketlerin kendi bilgilerini aynı anda göndermelerini önlemek için doğru aktarım algoritmasını uygulamaktan sorumludur. Bu algoritmalar ya etiketin doğru zaman aralığında ya da rastgele aralıklarda aktarım yapmasını sağlar (Banks ve diğ., 2007).

Anten, iletişim sağlamak amacıyla radyo dalgalarını ileten ve alan parçadır. Bir RFID antenin hem yanlarında hem de antenin önünde okuma aralığı vardır. Antenin tasarımı ve yerleştirilmesi kapsama alanı, kapsama hızı ve etiketin iletişiminin doğruluğunu belirlemede önemli bir rol oynar, çünkü anten hem etikete enerji sağlamak için okuyucunun sinyalinden enerji alır hem de okuyucudan alınan verileri gönderir (Ngai ve diğ., 2008).

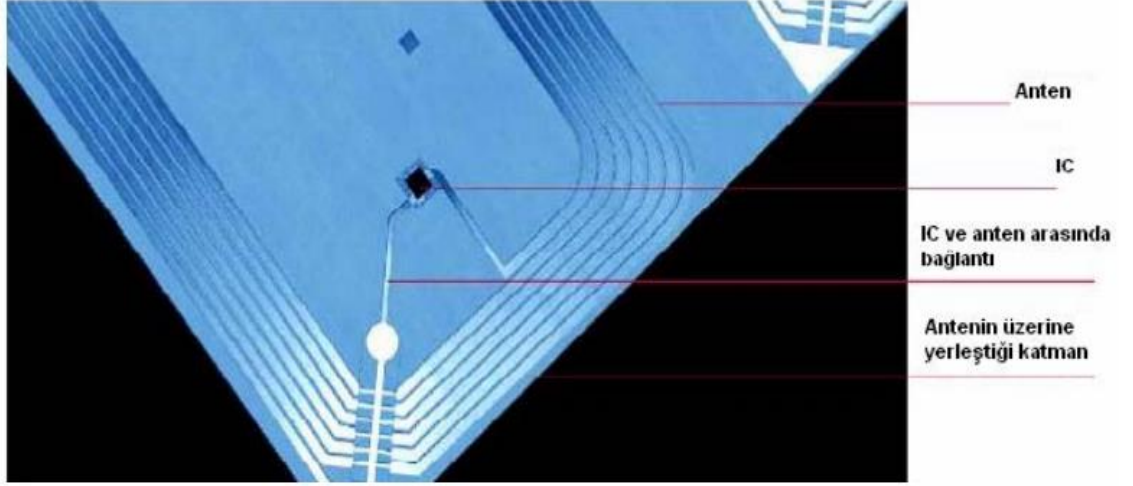
Anten polarizasyonu, radyo dalgasının antenden ne şekilde yayılacağını belirler ve etiketin okunma performansı ile doğrudan ilişkilidir. Doğrusal ve dairesel olmak üzere iki çeşit polarizasyondan bahsedilebilir. Doğrusal polarizasyonda, radyo dalgaları doğrusal olarak dikey veya yatay düzlemde yayılır; genelde daha uzak okuma mesafesine sahiptir. Dairesel polarizasyonda, dikey ve yatay düzlemde radyo dalgaları dairesel olarak yayılır. Şekil 2.3’de anten polarizasyonu gösterilmiştir (Üstündağ, 2008). Bazı antenler radyo dalgalarından enerji toplayacak şekilde de tasarlanırlar. Doğru ortam ve mesafedeki bulunan antenler bir RFID etiket okuyucusuna, etiketin diğer parçalarını pilsiz çalıştıracak kadar gücü toplayabilirler. Etiket tipine ve kullanım amacına göre anten çeşitli şekillerde ve boyutlarda olabilir (Banks ve diğ., 2007).



**Şekil 2.3:** Anten Polarizasyonu.



Kaplama ise etiketin bir nesne üzerine yerleştirilebilmesi için yonga ve anteni çevreler. Bu bölüm sert ya da esnek olabilir ve etiketin tipi ve amacına göre birçok farklı malzemeden yapılır. Örneğin; belge takibinde kullanılan RFID etiketleri çok esnek olabildikleri için kâğıtla birlikte bile bükülebilirler (Banks ve diğ., 2007). Şekil 2.4'te temel bir RFID etiketi gösterilmiştir (Üstündağ, 2008).



Şekil 2.4: RFID Etiket.

RFID etiketleri güç kaynaklarına ve veri yazma-depolama özelliklerine göre farklı farklı sınıflandırılabilirler. RFID etiketleri güç kaynaklarına göre 3 farklı tipte değerlendirilebilir: pasif, aktif ve yarı-aktif.

Pasif bir etiketin pili yoktur; çipe güç vermek ve veriyi okuyucuya geri iletmek için okuyucudan gelen elektromanyetik dalganın antende meydana getirdiği enerjiyi kullanır. Pasif etiketler enerjiyi okuyucudan yansıtır ya da okuyucuya etiket tepkisini oluşturmak için enerjiyi alır ve geçici olarak depolar. Haberleşme mesafeleri küçük olmalarına rağmen bakım gerektirmemeleri basit ve ucuz olmaları dolayısı ile tercih edilmektedirler (Kavas, 2007).

Aktif etiketin ise çipi çalıştırmak ve veriyi okuyucuya iletmek için, genellikle bir pil olmak üzere, kendi güç kaynağı vardır. Bir aktif etiket çok düşük düzeydeki sinyallerin alınabilmesini sağlar buna rağmen, okuyucuya geri iletilecek yüksek düzeyde sinyal üretebilir. Okuyucudan uyandırma sinyali alıncaya kadar, aktif etiket uyku modunda kalır. Etiket, uyandırma sinyalini alır almaz veri taşıyıcı çalışma moduna geçer. Veri

işlemenin tamamlanmasından sonra etiket yine uyku moduna geçer (Finkenzeller, 2010).

Sahip olduğu dahili pil sayesinde aktif etiket, verileri, onlara güç verecek bir okuyucuya ihtiyaç duymaksızın iletebilir. Bu yüzden okuma aralıkları pasif etiketlerden daha uzundur. Diğer yandan, pille çalıştıkları için kullanım süreleri sınırlıdır (Ludvigsson, 2006).

1km uzaklığa kadar sinyal gönderen aktif etiketler mevcuttur. Özellikle demiryolları ve denizyolları endüstrisi taşımacılığında kullanılan aktif etiketler GPS ve uydu haberleşme sistemleri ile uyumlu çalışarak üzerine monte edildikleri ürünün dünya üzerinde izlenmelerine olanak tanımaktadır. Pil içermeleri dolayısı ile bakım gerektirmekte olup maliyetleri diğer etiket çeşitlerine göre yüksektir (Kavas, 2007).

Üretime bağlı olarak, yarı- aktif ya da yarı-pasif etiketlerin de dahili pilleri vardır. Bu durumda pil sadece çipi çalıştırmak (sadece entegre devre için kullanılıyorsa) için kullanılır. Pasif etikette olduğu gibi, çipi uyandırmak ve verileri okuyucuya iletmek için elektromanyetik alandaki enerjiyi kullanır (Bhuptani ve Moradpour, 2005). Yarı pasif etiketlerin haberleşme mesafeleri büyük olup güvenilirdirler. Üzerlerinde yer alan güç kaynağı dolayısı ile okuyucuya daha hızlı cevap verebilmektedirler (Kavas, 2007).

RFID etiketleri depoladıkları bilgiler açısından da kategorize edilebilir. Bunlar; Sadece okunabilen, Okunabilen/Yazılabilen, ve WORM etiketlerdir.

Salt Okunur (Read Only - RO) bir etiket, belleğine yazılmış, önceden programlanmış bir seri numarasına sahiptir. Bu seri numarası üretim sırasında yerleştirilir. Kullanıcı bu seri numarasını değiştiremez ya da etikete yeni veri yazamaz.

Okunur/Yazılır (Read Write - RW) bir etiketle etikete yeni bilgi yazabilir ya da mevcut bilginin üzerine yazabilirsiniz. Etiketle bilgi yazmak sadece, etiket bir okuyucunun sorgulama alanı içinde iken mümkündür.

Bir Defa Yaz Çok Defa Oku (Write Once Read Many - WORM) etiketi, bir RO etiketi ile bir RW etiketi arasında yer alır. İsminden de anlaşılacağı üzere etiketin üzerine bir kere yazabilir ve istediğiniz kadar okuyabilirsiniz (Ludvigsson, 2006).

EPCglobal, RFID etiketlerini 6 grup altında sınıflandırmıştır (0-5). Tablo 2.5, etiketlerin güç özellikleri, okuma aralıkları, bellek kapasiteleri, iletişim protokolü ve çevresel sistemlerine göre sınıflandırılmasını göstermektedir (Banks ve diğ., 2007).

**Tablo 2.5:** EPC Etiket Sınıflandırması.

Sınıf	Güç	Aralık	Bellek	İletişim	Çevre Birimleri	Maliyet
0	Yok	< 3m	1-96 bit, Salt Okunur	Geri Saçılım	Yok	Düşük
1	Yok	< 3m	1-96 bit, Bir Defa Yaz Bir Defa Oku	Geri Saçılım	Yok	Düşük
2	Yok	< 3m	1-96 bit, Okunur/Yazılır	Geri Saçılım	Güvenlik	Orta
3	Pil Yardımı	< 100m	< 100 Kilobayt, Okunur/Yazılır	Geri Saçılım	Güvenlik, Sensörler	Yüksek
4	Pil Yardımı	< 300m	< 100 Kilobayt, Okunur/Yazılır	Aktif Transmisyon	Güvenlik, Sensörler	Yüksek
5	Pil Yardımı, AC/DC Bağlantısı	Sınırsız	Sınırsız, Okunur/Yazılır	Aktif Transmisyon	Güvenlik, Sensörler, diğer etiketlerle iletişim	Çok Yüksek

### 2.1.5. RFID Okuyucuları

RFID okuyucu, antenleri aracılığı ile kodlanmış dijital bilgiyi radyo dalgası formatında etikete gönderir ve aktive olmuş etiketten geri gönderilen sinyali alır. Hem etiket içindeki veriyi okuyabilir, hem de etiket üzerine veri yazabilir, bununla birlikte bir veya birden fazla frekans aralığını destekleyebilir. Okuyucu sistemi, alıcı, verici, bellek, kontrol işlemcisi, giriş / çıkış (I/O) ara yüzleri ve antenlerden oluşur (Üstündağ, 2008).

Uygulamaya bağlı olarak bir okuyucu çeşitli şekillerde dizaynedilebilir. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır (Pundir, 2010):

- **Harici ya da dahili antenli okuyucu:** Dahili antene sahip okuyucular genelde basit yapıdadır ve tek tek etiketlerin okunduğu uygulamalarda kullanılır. Harici antenli bir okuyucuya genellikle birden fazla anten bağlanmıştır. Örneğin bir koridorda olduğu gibi, bu tür okuyucular birden fazla antenin gerekli olduğu uygulamalar için yararlıdır.
- **Esnek Okuyucu:** Bu tip okuyucular farklı farklı okuyucu-etiket protokollerini ve veri formatlarını okuyup yorumlayabilir. Bu, otomatik şekilde ya da anahtarlama ile yapılabilir, ancak anahtarlama performansı etkileyebilir. Erişilebilir duruma geldikten sonra, yeni standartları okuyabilmesi için okuyucunun güncellenebilir olması gerekir. Bu tür okuyucular bir tesisin bütün giriş ve çıkış noktalarına yerleştirilebilir. Bu taşıyıcılar, sınıflandırma istasyonu ya da ürünlerin geçmesi gereken herhangi bir noktada da kullanılabilir. Sabit bir RFID okuyucunun avantajı verileri, insan müdahalesine ihtiyaç duymaksızın, otomatik olarak sayabilmesi ve yakalayabilmesidir.
- **Çoklu-frekans okuyucu:** Bu okuyucu hem Yüksek Frekans (HF) etiketleri hem de Ultra Yüksek Frekans (UHF) etiketleri okuyabilir. Bu nedenle, eğer her iki frekans da kullanılıyorsa iki okuyucunun satın alınması, kurulması ve çalıştırılmasına gerek yoktur, ayrıca çoklu-frekans okuyucular, tek frekans okuyuculardan daha pahalıdır. Bu tür okuyuculara gereksinim vardır, çünkü bütün uygulamalar için tek bir ideal frekans olmayacaktır ve hızla çoğalan birbiriyle uyumsuz standartlar ve gelişmeye devam eden patentli teknolojiler protokollerin hızla basitleşmesini sağlamayacaktır.
- **Mobil okuyucu:** Bir el arabası ya da enerji ile çalışan bir araç üzerine yerleştirildiği takdirde, mobil okuyucu bir tesisin içinde bir yerden diğerine taşınabilir. Böylece okuyucu tesisteki bütün içerikleri tasarruflu biçimde okumak için kullanılabilir. Bu

cihazın en büyük avantajı, kolayca hareket ettirilebilir şekilde aynı anda bir yazıcı, bir okuyucu ve bir barkod tarayıcı olabilmesidir.

• **Portatif okuyucu:** Bu okuyucu, okuma lokasyonu başına bir seferde sadece birkaç etiketin okunacağı durumlarda kabul edilebilirdir. Ayrıca, etiketlerin sayısının sabit lokasyon okuyucu için çok fazla olduğu durumlarda da yararlıdır. Portatif okuyucuların kullanımı barkod okuyucunun kullanımına benzer, ancak portatif okuyucular etiketin görünür olmasını gerektirmez. Günümüzde uzun ömürlü pille çalışan ya da yüksek güç çıkıtısına sahip olan portatif okuyucular bulunmamaktadır. Sabit-lokasyon okuyucularla kıyaslandığında, düşük güç çıkıtısı nedeniyle portatif okuyucunun dar bir okuma aralığı vardır. Portatif okuyucu ile tek seferde bir palet ya da kutu net şekilde okunabilir ve yakındaki paletler parazit yaratmaz. Bu tür okuyucuların en büyük avantajı budur (Ludvigsson, 2006). Şekil 2.5'te bazı RFID okuyucu tipleri gösterilmiştir.



Şekil 2.5: RFID Okuyucu Örnekleri.

Üreticiler her türlü etiketi okuyabilecek evrensel bir okuyucu üretme ihtimalini araştırmaya devam etse de, mevcut durumda her etiket türü, ona özel bir donanım ile okunabilmektedir. Yani, bir HF etiketi okumak için HF okuyucu gerekirken, bir UHF etiketi okumak için farklı bir okuyucu gerekmektedir (Lieshout ve diğ., 2007).

Pasif ve aktif etiket okuyucuların özellikleri aşağıda sunulmuştur:

#### Pasif RFID Etiketlerinin Okuyucuları:

- Pasif RFID etiketlerini aktive etmek için yüksek güç (max 4W) yayar
- Yüksek güç tüketir (Watt düzeyi)
- Birkaç metrelik çalışma aralıklarına sahiptir

- Pasif Okuyucular birkaç saniyelik okuma hızı ile ( $n > 100$ ) n sayıda RFID etiketini eşzamanlı olarak okuyabilir
- Okuyucu, anten, çarpışma-önler sistemler (mikroişlemci+yazılım+bellek), RF alıcı-verici, ağ arayüzleri (Ethernet, Wİ-Fi, GSM, vb.) içerir.

#### Aktif RFID Etiketlerinin Okuyucuları:

- Düşük güç yayar (10-20mW)
- Güç tüketimi (mWatt düzeyi) azdır ve bu, portatif cihazlardaki entegrasyonu sağlar
- Aralıklar uzundur (20-100m)
- Aktif okuyucular, yüksek okuma hızı ile (bir saniyenin binde biri) farklı RFID etiketlerini (yüzlerce RFID etiketi) eşzamanlı olarak okuyabilir
- Okuyucu, entegre edilebilen anten, çarpışma-önler sistem (mikroişlemci+yazılım+bellek), RF alıcı-verici, ağ arayüzleri (Ethernet, Wİ-Fi, GSM, vb.) içerir (Lieshout ve diğ., 2007).

#### **2.1.6. RFID Bilgisayar ve Sistem Yazılımları**

RFID Ara Katman Yazılımı, bazı yazılım üreticileri ve EPCglobal tarafından başta okuyucular olmak üzere, saf RFID teknolojisi bileşenleri ile teknolojinin değerini kullanabilen iş uygulamaları arasında yer alan bir fonksiyon dizisi olarak değerlendirilmektedir.

Bu fonksiyonlar şu şekilde özetlenebilir:

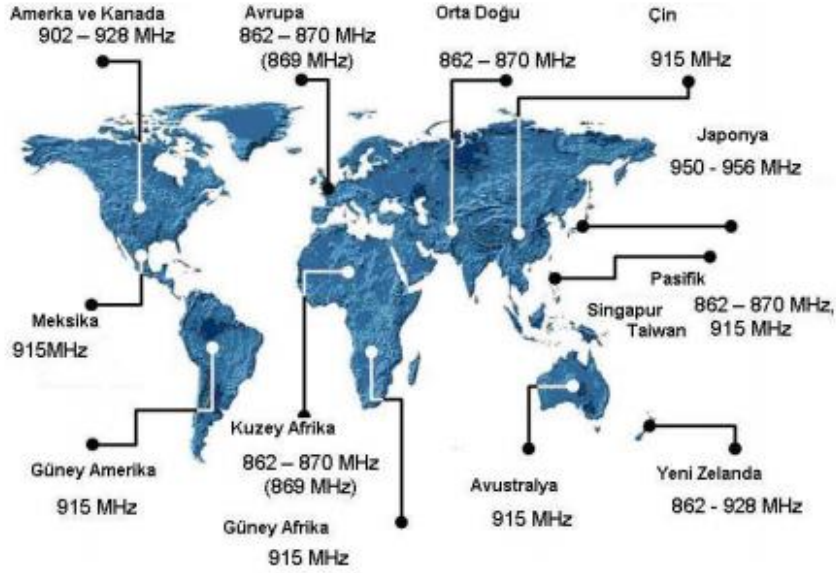
- **Filtreleme:** Okuyucular tarafından üretilen etiket-okuma olayları akışını değerlendirerek, filtreleme fonksiyonu, uygun kriterlere dayanarak, hangilerinin uygulama katmanında işleneceğini seçer. Örneğin, bir etiketin birkaç saniye içerisinde aynı okuyucu tarafından iki kere okunduğu bazı durumlarda, sadece bir olay iletilebilir;
- **Rota Tespiti:** Etiket-okuma olayı filtreleme fonksiyonu tarafından iletilmek üzere kabul edildikten sonra, Rota Tespiti Fonksiyonu uygun kriterlere dayanarak olayı doğru uygulamaya gönderme kapasitesine sahiptir;

- **Veri Yönetimi:** Kabul edilen olaylar, örneğin tarih ya da performans takibi amacıyla yapılacak sorgulamaları mümkün kılmak üzere belli bir belleğe de kaydedilir;
- **Cihaz Yönetimi okuyucuların fonksiyonlarının kontrol ve yönetimini içerir:** Alarmların toplanması ve işlenmesi, yazılım yüklemesinin sağlanması, frekansların ve güç emisyonlarının konfigürasyonu, vs.
- **Cihaz Adaptörleri:** Halihazırda okuyucuların başka sistemlerle çalışmasını sağlayacak şekilde protokol arayüzü konusunda (ne resmi ne de endüstri standardı olarak) bir görüş birliği yoktur; Cihaz Adaptörleri, okuyucuların başka Ara Katman Yazılımı fonksiyonları tarafından kontrol edilebilmesi için sağlanması gereken yazılım kodları anlamına gelmektedir;
- **Uygulama Adaptörleri:** 5. maddede belirtildiği gibi, Uygulama Adaptörleri iş uygulamalarının RFID Ara Katman Yazılımı ile birlikte işlemesini sağlamaktadır (Lieshout ve diğ., 2007).

### 2.1.7. RFID Teknolojisi Standartları ve Standart Üreten Firmalar

RFID teknolojisi yaygınlaşmaya devam ettikçe global standartlar belirlemeye duyulan ihtiyaç da artmaktadır. RFID teknolojisinin karşı karşıya bulunduğu en temel zorluk, hem teknoloji spesifikasyonu hem de uygulama için tutarlı standartların mevcut olmayışındır (Psion Teklogix, 2004).

Standart olarak tanımlanmaya en yakın kod, Elektronik Ürün Kodu olan EPC'dir (Electronic Product Code). Ortak standartların oluşturulması hem sistemlerin verimli çalışmasını sağlayacak hem de maliyetleri aşağıya çekecektir. Her ülke kendi radyo spektrumunun kullanımını düzenlemektedir. Bu konuya yönelik olarak Şekil 2.6'da Dünya UHF spektrum kullanımları gösterilmiştir (Üstündağ, 2008).



Şekil 2.6: Dünya UHF Spektrumu.

Türkiye'de 06.03.2004 tarihli ve 25394 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Kısa Mesafe Erişimli Telsiz Cihazlarını (KET) Kurma ve Kullanma Esasları Hakkındaki Yönetmelik" uyarınca, RFID sistemlerinin 865.6 - 867.6 MHz frekans bandında maksimum 500mW (0.5W) güç seviyesi ile uygulanabilmesi onaylanmıştır. Daha sonra 16 Mart 2007 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan yeni KET yönetmeliği ile 865.6-867.6 MHz bandı arasında kullanım gücü, Avrupa standardı olan 2 Watt olarak yenilenmiştir.

1998 yılında, Massachusetts Institute of Technology (MIT) Auto-ID Merkezi bünyesindeki araştırmacılar RFID üzerine global bir araştırma başlatmışlardır. Auto-ID Merkezi'nin ana amaçları şunlardır:

- RFID etiketlerinin üretim maliyetini düşürmek,
- Büyük miktardaki verileri depolamak ve göndermek üzere veri ağlarını optimize etmek,
- RFID için açık standartlar geliştirmek.

Auto-ID Merkezi Ekim 2003'te kapanmış ve tüm RFID teknolojisi ile bilgisini EPCglobal kuruluşuna aktarmıştır. EPCglobal, RFID'i desteklemek amacıyla EPC Ağı için global standartlar geliştirmeye odaklanan başlıca firma ve sanayilerden oluşan üye temelli bir kuruluştur. EPC, RFID etiketine yerleştirilir ve ürün farklı lokasyonlar arasında seyahat etikçe ürünle ilgili olayları tespit eder. EPC, bilginin ürünlere nasıl



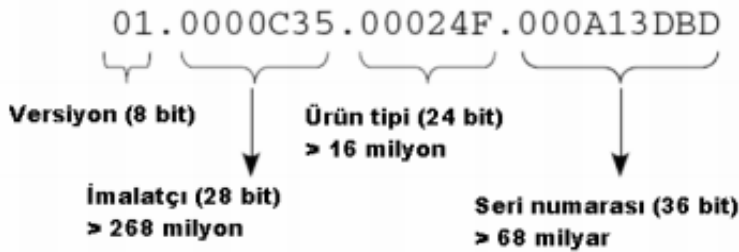
yerleştirileceği konusunda global standartlar üreterek kuruluşların bilgiyi daha etkin biçimde paylaşmasını sağlar. EPCglobal'in vizyonu, bu standartların bütün dünyada ve çeşitli sektörlerde benimsenmesini kolaylaştırmak, böylece tedarik zinciri boyunca verimliliği arttırmak ve şirketlerin ürünlerinin dünyanın herhangi bir yerinde gerçek-zamanlı görünürlüğe sahip olmasını mümkün kılmaktır (Lieshout ve diğ., 2007).

EPCGlobal, etiketleri, özelliklerine göre "Sınıf" (Class) ve bunların da altında "Nesil" (Generation) şeklinde numara sırasıyla sınıflandırmıştır. Bu doğrultuda, ilk olarak 2004 yılında EPCGlobal tarafından, RFID okuyucu ve etiketleri için "Sınıf 1 - Nesil 2" standardı onaylanmıştır. Bu standart, ISO tarafından, uluslararası ISO/IEC 18000-6olarak düzenlenmiştir. Çeşitli frekanslardaki RFID iletişimi için EPCGlobal standartları, ISO/IEC 18000 grubu standartları olarak uyarlanmıştır. Avrupa'da ise ETSI tarafından, RFID iletişimi ETSI EN 302 208 olarak düzenlenmiştir (Tan ve diğ., 2009).

EPCGlobal, malzemelerin otomatik tanımlanması ve bunların elektronik ortamlardaki veritabanlarına aktarılması için EPC ağ yapısını oluşturmuştur (Üstündağ, 2008). EPC ağ yapısının en önemli bileşeni Elektronik Ürün Kodu (EPC)'dur. EPC; her bir etiketin sahibi olduğu tek (unique) bir tanımlayıcı kodu temsil etmektedir.

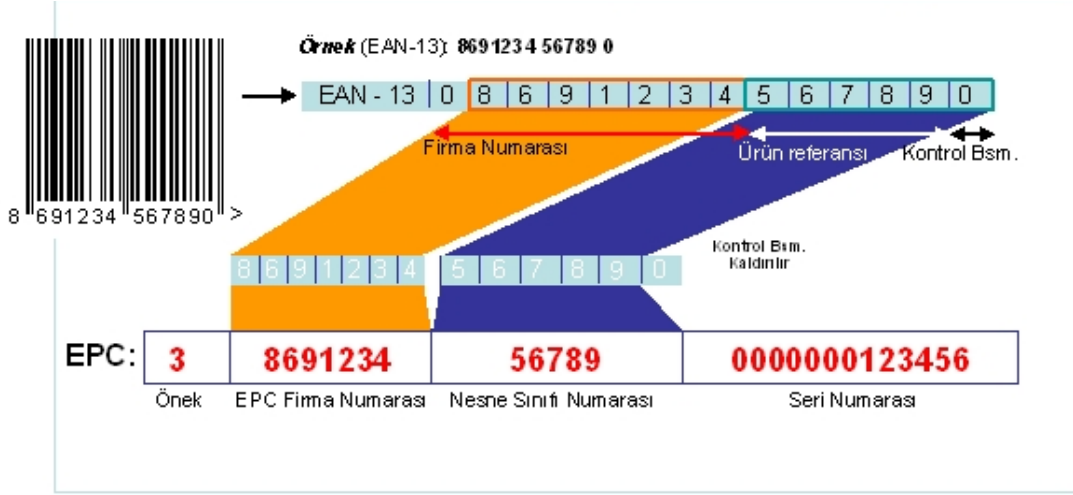
Şekil 2.7'de gösterildiği gibi EPC dört kısımdan oluşmaktadır:

- EPC kod versiyonu,
- Üretici / İmalatçı bilgisi
- Ürün tipi
- Ürünün seri numarası (Üstündağ, 2008).



Şekil 2.7: EPC Kod Yapısı.

Ayrıca yerini alacağı düşünülen Barkod teknolojisinin temel taşı olan barkod numarası ile EPC'nin ilişkilendirilmesi Şekil 2.8'de gösterilmiştir (Roh ve diğ., 2009) .



**Şekil 2.8:** Barkod Numarasının EPC İle İlişkilendirilmesi.

EPCglobal, RFID etiketlerinin ve okuyucularının kullanılmasını küresel boyutta düzenlemek amacıyla sırayla UHF Sınıf 0, Sınıf 1 ve Sınıf 1 Gen2 standartlarını geliştirmiştir. Gen 2 standardı Aralık 2004'te onaylanmıştır. İlgili standartlar ve özellikleri Tablo 2.6'da gösterilmiştir (RFIDJOURNAL, 2011).

**Tablo 2.6:** EPCglobal Protokolü.

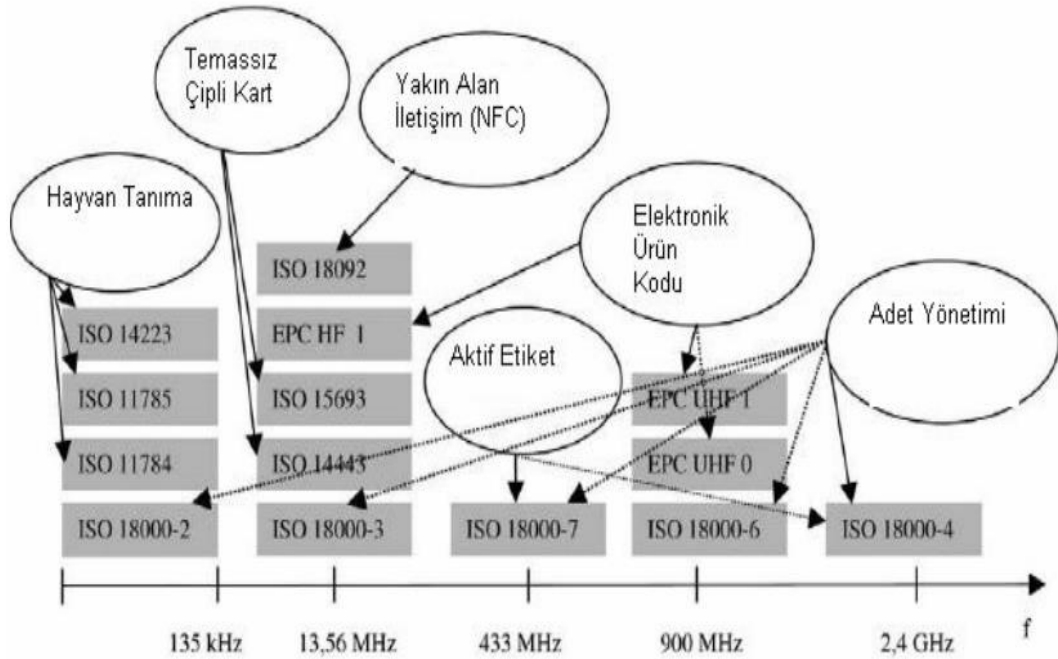
Protokol	Frekans	Etiket Tanımlaması
Sınıf 0	UHF	R/O
Sınıf 0+	UHF	R/W
Sınıf 1	HF/UHF	WORM
Sınıf 1 Versiyon 2	UHF	WORM
Sınıf 2	UHF	R/W

EPCGlobal dışında RFID standardı üreten en önemli kuruluş ISO (International Organization for Standardization)'dur. ISO dünyadaki en büyük teknik standart

geliştiricisidir. 156 ülkenin ulusal standartlar enstitülerinden oluşan bir ağ olan ISO'nun merkez sekreterliği Cenevre, İsviçre'dedir.

ISO, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Committee - IEC) ile işbirliğinde bulunarak, okuyucu ve etiket arasında yer alan ve çeşitli radyo frekanslarında çalışan arayüz konusunda bir dizi standart üretmiştir. Daha önce belirtildiği gibi, bu standartlar ISO/IEC 18000-n serisinde numaralandırılmıştır. Günümüzde, 860 MHz ve 960 MHz arasındaki UHF frekans bandı büyük ilgi görmektedir. Şu sıralarda yayınlanmakta olan ISO standardı ISO/IEC 18000-6'dır ve tip A ve tip B olmak üzere iki farklı iletişim protokolü opsiyonu sunmaktadır. Büyük olasılıkla, yakın zaman önce kabul edilen EPCglobal Generation 2 standardı tip C olarak ISO 18000-6'ya dahil edilecektir (Lieshout ve diğ., 2007).

EPCGlobal ve ISO dışında diğer bazı standart üreten kurumlar ise; AIM Global, Ubiquitous ID Center vb. Çeşitli faaliyetler için belirlenmiş ISO'ya ait RFID standartları Şekil 2.9'da gösterilmiştir (Üstündağ, 2008).



Şekil 2.9: RFID Standartları.

### 2.1.8. RFID Teknolojisinde Güvenlik ve Gizlilik

RFID teknolojisinin yeni bir teknoloji olmamasına ve gün geçtikçe önem kazanıp üzerinde yapılan çalışmalar arttırılmasına rağmen gizlilik ve güvenlik ile ilgili sorunları tam manasıyla çözülememiştir. RFID teknolojisi kullanımında güvenlik ve gizlilik ihlali adına oluşabilecek sorunlardan bazılarını şöyle özetleyebiliriz (Roberts, 2006);

**Yer gizliliği:** Veriler, etiketlerden elde edilebilir ve kişilerin takibi için kullanılabilir, böylece yer gizliliği ihlal edilmiş olur. Bu, RFID sistemlerine özgü bir durum değildir, cep telefonları, pek çok Bluetooth ve diğer kablosuz cihazlarda da aynı güvenlik konusu geçerlidir.

**Müşteri bilgileri:** Bir müşterinin çeşitli ürünler satın aldığı bir yerde, satın alma örüntüleri hakkında bilgi edinilebilir ya da yüksek değerdeki ürünler tanınabilir.

**Firma casusluğu:** Korunmasız RFID etiketlerinin kullanılması durumunda, bir bayinin stoğu; rakipler, pazarlama kuruluşları, medya araçları, özel araştırmacılar ya da araçlar tarafından takip edilebilir. Bu, satış, pazarlama, ürün karması ve başka değerli ticari bilgilerin elde edilmesini sağlayabilir.

**Güvensiz çalışma ortamları:** RFID etiketleri çoğunlukla düşmanca ortamlarda çalışır ve yoğun elektronik ya da fiziksel saldırılara maruz kalabilir. Bu duruma, konteyner takibi, tedarik zincirleri ve üretim süreçleri örnek verilebilir.

**Servis reddetme:** Servis reddetme, bir alanın RF enerjisi “seli altında kalması”, böylece okuyucuların iş göremez hale gelmesi sonucu meydana gelebilir.

**Aldatma (Spoofing):** Aldatma, etiketlerin, etiketle iletilen verilerden kopyalanması sonucu meydana gelir. Bu, özellikle erişim kontrol sistemlerine ilişkin bir risktir. Saldırganların hırsızlığı gerçekleştirmek için bir etiketin içeriğini değiştirmeleri, etiketlenmiş ürünün kimliğini gizlemeleri ya da ürünleri yerleşkelerden silmeleri teknik olarak mümkündür.

**Teknik saldırılar:** Kablosuz olduğu için, RFID etiketleri hata analizi saldırısı, zamanlama saldırısı ya da güç analizi saldırılarından çabuk etkilenebilir. Aslında, bu durum yine bütün kablosuz cihazlar için geçerli olabilir.

Yüksek güvenli RFID sistemleri aşağıda sınıflandırılmış güvenlik ve gizlilik tehditlerinden korunma gücüne sahip olmalıdır (Banks ve diğ., 2007).

- **Gizli dinleme:** RFID etiketleri, depolanan bilginin, bilgiyi isteyen okuyucuya iletilmesini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu, yetkisiz kullanıcıların etiketleri gizlice taramalarını mümkün kılmaktadır. RFID verileri, kablosuz RFID kanalının gizlice dinlenmesi yoluyla da toplanabilmektedir. Etiket verilerine sınırsız erişim sağlanması, örneğin bireysel kredi kartı gibi gizli bilgilerin açığa çıkmasına sebep olabilmektedir.
- **Aldatma (Spoofing):** Bir RFID kanalında kullanılan güvenlik protokolü açığa çıkarıldığında, saldırganlar toplanan aynı formatlı verileri boş RFID etiketlerine yazabilirler. Örneğin, bir süpermarkette kasaya ödeme yaparken, hilekâr kişiler bir ürünü daha ucuza satın almak için ürünün üzerindeki RFID etiketini başka bir etiketle değiştirebilirler.
- **Yeniden yönlendirme saldırısı (Relay attack/Cloning):** Yeniden yönlendirme cihazları RFID sorgularını durdurabilir ve yeniden iletebilir. Bu tür bir cihaz ile, saldırganlar gerçek bir veri taşıyıcıyı taklit etmek üzere verileri tekrar ederek çeşitli RFID uygulamalarını kötüye kullanabilirler. Örneğin, bir saldırgan, otomatik ödeme yapılan bir yolda arabanın plakası taranırken şifrelenen kodu kaydedebilir ve sonraki geçişlerde ödeme yapmamak için bu kodu yeniden tekrar edebilir.

Güvenli bir RFID ortamı yaratmak için pek çok öneri ileri sürülmüştür. Aşağıda bu önerilerden bazılarının listesi bulunmaktadır:

- **Faraday Kafesleri:** Faraday Kafesleri, belli metallere üretilen belli bir fiziksel konfigürasyondaki konteynerların radyo dalgalarına karşı doğal bariyer sağladığı ilkesi üzerine temellenir. Ancak bir Faraday ağının (mesh) anlamlı olduğu uygulamaların sayısı fazla değildir. Örneğin pasaport üzerinde bir Faraday ağının kullanımı.
- **Sınırlı hız transmisyonu:** Bu yöntem RF sinyalinin zayıflatılmasına dayanır, böylece sinyal sadece birkaç santimetre yol alabilir. Dayanılan varsayım, amaçlanmamış okuyucunun etikete yakın bir mesafede olduğu ve bu yüzden kolayca tanınabildiğidir. Gerçekte bu, güvenlik koruması açısından oldukça zayıf bir yöntemdir.
- **Kill command (Öldürme komutu):** Etiket, gönderilen “öldürme” komutu ile hiç bir şekilde yeniden aktive edilememektedir. Ancak bu uygulama; akıllı buzdolabı, akıllı

fırın gibi ürünlerin kullanımını engellemektedir. Ürün yaşam çevrimi içinde RFID ile takip projeleri sürdürülürken, bu yöntemin geçerliliği çok bulunmamaktadır (Üstündağ, 2008).

- **Sleep command (Uyuma Komutu):** Etiketı öldürmek yerine uyuma komutu daha ticaret-dostu bir öneridir. Bu öneri, tüketici fiziksel olarak yeniden aktive edene kadar etiketi geçici olarak inaktive eder.
- **Güvenlik/Şifreleme (Encryption):** RFID güvenlik koruması sağlamak için mantıklı bir çözüm de, etiketler ve okuyucular arasındaki iletişimi şifrelemektir. Ancak, güçlü şifreleme, mevcut RFID çiplerinde bulunmayan yüksek düzeyde bir işlem gücü gerektirir. Söz konusu işlem gücü eksikliğinin nedeni RFID çipi üreticilerinin uymak zorunda kaldıkları maliyet kısıtlarıdır.
- **Engelleme (Blocking):** Bu yaklaşıma göre, etiketler ve okuyucular RFID etiketinde bir gizlilik biti yönetmek üzere genişletilir. Bu yaklaşım ayrıca engelleyici etiketin tanıtılmasını gerektirir. Engelleyici etiket, gizlilik biti açılmış etiketlerin istenmeyen taranmasını önleyen özel bir etikettir.
- **Zımbalama Etiketleri (Clip Tags):** Buradaki fikir, satış noktasında müşteri tarafından zımbalanacak tam antenli bir etiket yaratmak, böylece antenin kapsamını azaltmak ve okunabilir olduğu aralığı birkaç metreden sadece 1 ya da 2 santimetreye indirmektir. Etiket hala çalışmakta ve yakın bir okuyucu (etiketin 1 ya da 2 santim yakınındaki okuyucu) tarafından okunabilmekte ancak bundan daha uzaktan okunamamaktadır (Banks ve diğ., 2007).

### 2.1.9. RFID Teknolojisi Akademik Araştırmaları

Daha önce de belirtildiği üzere RFID yeni bir teknoloji değildir ve araştırması on yıllardır devam etmektedir. 1980'lerden bu yana çıkarılan yayınlara bakılacak olduğunda RFID araştırmalarının büyük bölümünün teknoloji tasarımı ve performansla ilgili sorunlar üzerinde yoğunlaşan mühendislik alanında gerçekleştirildiği görülebilir (Tajima, 2007).

Son yıllarda akademik araştırmacılar, konuyla ilgili yayınların artmasından da görülebileceği üzere, RFID gerçeği ile potansiyeli arasındaki bu açığı kapatmanın önemini kavramış durumdadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar iddia edilen faydaların

gerçekten var olup olmadığı üzerinde durmuştur. Bazı araştırmacılar gerçek yaşam ortamında RFID kullanımıyla ne tür faydalar sağlanabileceğini görmek için vaka çalışmalarından faydalanmıştır.

Diğerleri ise işçilik maliyetinden tasarruf, işletme süresinden tasarruf, firenin azaltılması ve siparişlerin yerine getirilme oranında artış gibi ölçülebilir faydaların miktarını tahmin edebilmek için analitik modeller kullanmıştır.

Tablo 2.7’de RFID teknolojisi konusunda yapılan ve yönetim alanına ait akademik çalışmaların konuları özetlenmiştir (Tajima, 2007).

**Tablo 2.7:** RFID Teknolojisi Yönetimi Literatürü Özeti.

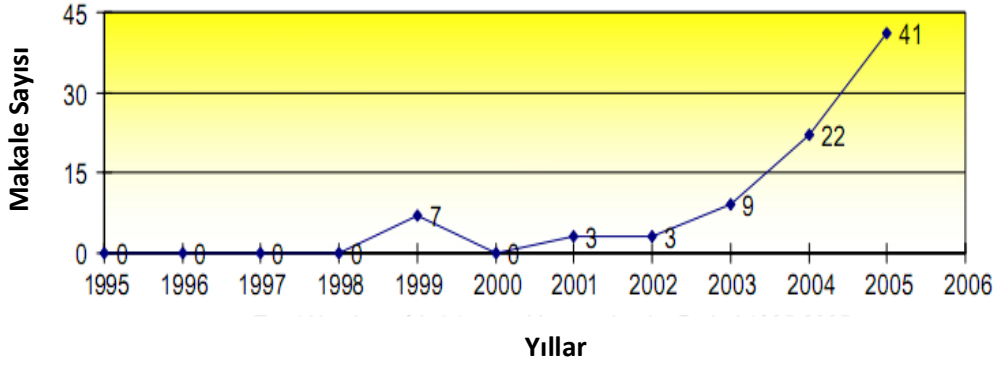
<b>Yazarlar</b>	<b>Odaklanılan konu</b>
Wyld (2006)	Genel teknoloji incelemesi
Smith (2005a)	Genel yönetime odaklanma
Taghaboni-Dutta ve Velthouse (2006)	Genel yönetime odaklanma
Thiesse ve Michahelles (2006)	EPC teknolojisinin genel açıklaması
Wu ve çalışma arkadaşları (2006)	Teknik ve maliyetle ilgili engellerin genel açıklaması
Davis ve Luehlhing (2004)	Muhasebe
Wicks ve çalışma arkadaşları (2006)	Sağlık bakımı
Asif ve Mandviwalla (2005)	Bilgi sistemleri
Curtin ve çalışma arkadaşları (2005)	Bilgi sistemleri
Barut ve çalışma arkadaşları (2006)	Gizlilik
Jones ve çalışma arkadaşları (2004a)	Gizlilik
Kelly ve Erickson (2005)	Gizlilik
Peslak (2005)	Gizlilik
Juels (2006)	Gizlilik ve güvenlik
Shih ve çalışma arkadaşları (2005)	Gizlilik ve güvenlik
Miller (2007)	Kayıtlar ve bilgi yönetimi
Lai ve çalışma arkadaşları (2005)	Çin’de RFID
Angeles (2005)	Lojistik
Jones ve çalışma arkadaşları (2004b)	Perakende operasyonları

Kärkkäinen (2003)	Çabuk bozulan bakkaliye tedarik zinciri
Kärkkäinen ve Holmström (2002)	Tedarik zincirindeki faydalar
Li ve Visich (2006)	RFID'in tedarik zincirindeki faydaları
Loebbecke ve Palmer (2006)	Moda endüstrisi tedarik zinciri
Lu ve çalışma arkadaşları (2006)	Üretim operasyonları
McFarlane ve Sheffi (2003)	Lojistik
Prater ve çalışma arkadaşları (2005)	Bakkaliye tedarik zinciri
Ranky (2006)	Üretim operasyonları
Sellitto ve çalışma arkadaşları (2007)	Tedarik zincirinde bilgi kalitesi
Smāros ve Holmström (2000)	E-market satıcı yönetim envanteri
Spekman ve Sweeney (2006)	RFID'in firmalarda yayılım önerileri
Twist (2005)	Depo operasyonları
Wyld ve Jones (2007)	İlaç endüstrisi tedarik zinciri
Juban ve Wyld (2004)	RFID'nin halk tarafından algılanışı
Kumar ve çalışma arkadaşları (2007)	Sektördeki ve akademisyenlerin algısı
Leimeister ve çalışma arkadaşları (2007)	RFID'nin CIO tarafından algılanışı
Smith (2005b)	RFID ile tüketici konfor düzeyi
Doerr ve çalışma arkadaşları (2006)	Savunma Bakanlığı projesine dayanan yatırım getirisi tahmini
Hou ve Huang (2006)	Matbaacılık sektörü operasyonlarında tasarruf tahmini
Srivastava (2007)	Perakende satış operasyonlarında potansiyel faydaların tahmini
Wamba ve çalışma arkadaşları (2006)	Perakende tedarik zincirindeki potansiyel faydaların tahmini
Jarugumilli ve Grasman (2007)	Envanter yönlendirme problemlerinden analitik modeller
Lee ve Ozer (2007)	İlgili analitik modellerin incelenmesi
Wu ve Chen (2007)	Dağıtım merkezi operasyonlarında simülasyon çalışması

---



RFID'nin, son yıllarda, özellikle de 2003'ten bu yana "popüler" bir araştırma alanı olduğuna şüphe yoktur. Geçmişteki yayın oranlarından yola çıkarak, gelecekte bu alanda çok önemli gelişmelerin yaşanacağını ve yapılan araştırma ve yayınlanan çalışmaların sayısında ciddi bir artış olacağını rahatlıkla öngörebiliriz. Bu yükselişin en önemli göstergelerinden birisi de (Ngai ve diğ., 2008)'de sunulmuş olan Şekil 2.10'dadır. Bu tabloda; 1995-2005 yılları arasında RFID teknolojisine yönelik hazırlanmış bilimsel makalelerin sayısı irdelenmiştir.



Şekil 2.10: RFID Konulu Makalelerin Yıllar Bazında Dağılımı.

#### 2.1.10. RFID Uygulamalarında Kullanılan Yardımcı Teknolojiler

Bu bölümde RFID ile ağ teknolojileri arasındaki ilişki konusunda genel bir açıklama yapılacaktır. Bu teknolojiler, RFID okuyucularını RFID sistemlerinin arka-ucuna bağlayan teknolojilerdir. Bir ağ olmaksızın, örneğin RFID okuyucuya sahip bağımsız bir PC ya da PDA olması durumunda, sadece yerel RFID çözümleri mümkündür. Geliştirilen teknolojiler sayesinde RFID okuyucularını daha geniş bir alana yaymak mümkün olmaktadır. RFID okuyucularını bir ağa bağlamak için sıklıkla kullanılan iletişim teknolojilerinden örnekler aşağıda verilmiştir.

1. **Local Area Networks (Yerel Alan Ağı) (LAN):** LAN ağları, RFID okuyucularını bir bina ya da işyeri içindeki uzak lokasyonlara dağıtmak için kullanılabilir. Bazıları kablosuz, bazılar kablolu olan bu ağlar aşağıda verilmiştir:

- a. **Ethernet / UTP**: Bilgisayarları bir ağı, internete ya da intranete bağlamak için çok yaygın olarak kullanılan bir kablo teknolojisidir. Ağ topolojisi, muhtemelen oldukça geniş bir ağ oluşturmak üzere birbirine bağlanan (yerel bilgisayarları birbirine bağlayan) yapılardır. 10Mbps/s ve 1Gbps/s arasındaki hızlar yaygındır.
- b. **UWB**: UWB, hala gelişmekte olan kablosuz bir teknoloji olan Ultra Wide Band'ın (Ultra Geniş Band) kısaltmasıdır. UWB'nin kendi frekansı yoktur, başka teknolojilerin mevcut frekanslarını kullanır. Oldukça düşük bir transmisyon gücü kullanarak, başka teknolojilerin arka plan sesi içinde kalmaktadır, bu yüzden parazit yoktur.
- c. **Wifi / WLAN**: Çoğunlukla Ethernet'in kablosuz versiyonu olarak kullanılan, kablosuz bir ağ teknolojisidir. 11Mbps/s ve 54Mbps/s arasındaki hızlar yaygındır.
- d. **ZigBee**: Bu ağ özellikle düşük güce sahip, mesh ağları için dizayn edilmiştir. Bu nedenle, sensörleri ve RFID okuyucularını bağlamak için çok uygundur. Tek bir pille, tipik olarak 3 yıl kadar uzun bir süre çalışır. Sensörlerin yeri değiştirildiğinde ya da sensör ekleme-çıkarma gibi durumlarda, ağ topolojilerindeki değişikliklere kolaylıkla uyum sağlar. Zigbee, Zigbee ağının tamamında sınırlı miktarda (birkaç 100kbps/s) veri transfer edebilir; bu yüzden tek tek öğeler bu zaman başına düşen miktarın sadece bir kısmını iletebilir. Genellikle bu mesh ağları Wireless Sensor Networks (Kablosuz Sensör Ağları) (WSN) olarak adlandırılır. Bu ağlar kendini örgütler ve böylece dinamik bir çok- atlamalı altyapıyı mümkün kılar. Yani, ağ işlevselliğini sürdürürken ağ topolojisi sürekli değişebilir ve her nod diğer nodlarla iletişim kurabilir. Topoloji değişiklikleri nodlardan birinin çalışmamasına ya da nodların mobil olup hareket etmesi ve böylece erişimdeki kablosuz nodları sürekli değiştirmesine bağlı olarak meydana gelebilir.

2. **Wide Area Networks (Geniş Alan Ağları) (WAN)**: WAN ağları, RFID okuyucularının, LAN teknolojilerindekine kıyasla çok daha geniş bir alana dağıtılmasını gerektiren durumlarda ya da bir kullanıcının yerel LAN ağlarına erişememesi durumunda kullanılır. Geniş Alan Ağları şunlardır:
- a. **GPRS**: GPRS, General Packet Radio Server'ın (Genel Paket Radyo Servisi) kısaltmasıdır. GSM'e (Global System for Mobile Communications) yapılan bir ekleme olan GPRS, pek çok ülkenin cep telefonu altyapısı için kullandığı bir ağıdır. Kullanılan yerel ağ operatörüne bağlı olarak cep telefonu kapsama alanının bütün ülkeyi içine alması istisnai bir durum değildir.
  - b. **UMTS**: Universal Mobile Telecommunications System (Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi), GSM/GPRS'in halefi olarak sunulmuştur. Bu nedenle, üçüncü nesil (3G) mobil iletişim teknolojisi olarak adlandırılmaktadır.
  - c. **WiMAX**: WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access - Mikrodalga Erişimi için Evrensel Uyumluluk), birkaç yıl içinde piyasaya sürülecek olan gelişme aşamasında bir standarttır. WiMAX, GSM ya da UMTS kadar ADSL ya da kablosuz bağlantılara da bir alternatif olarak görülmektedir. Ancak WiMAX'ın geleceğini öngörmek için çok erkendir.
3. **Personal Area Networks (Yerel Alan Ağları) (PAN)**: PAN ağları, RFID okuyucunun, okuyucuyu çalıştıran kişiye çok yakın bir yere (birkaç metreye kadar) yerleştirildiği durumlarda kullanılır. Çoğu durumda, RFID okuyucu mobil olacaktır ya da bir PDA ya da cep telefonuna bağlanmış ya da entegre edilmiş olacaktır.
- a. **Bluetooth**: Bluetooth, bir bilgisayar etrafındaki yerel ağların yerini değiştirmek için geliştirildiğinden, bazı kişilerce kablosuz kablo olarak adlandırılmaktadır. Bluetooth pek çok dizüstü bilgisayar ve cep

telefonunda standart hale gelmekte ve çeşitli sayıdaki cihazlara kolay kablosuz erişim sağlamaktadır (Lieshout ve diğ., 2007).

### **2.1.11. RFID Teknolojisi Proje Aşamaları ve Performans Kriterleri**

Bir RFID projesinin başarılı olabilmesi için iş sorunu ve muhtemel RFID çözümü, sistem yaklaşımı kullanılarak incelenmelidir. Tasarım aşamasında tüm süreçler değerlendirilmeli, ileriki adımlar düşünülmeli ve her bir operasyonun nasıl iyileştirileceği konusu yaratıcı biçimde ele alınmalıdır. RFID sistemleri sistematik geliştirme süreci kullanılarak değerlendirilmeli, tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Böylesi bir süreçte son-kullanıcılar ve uzmanlar RFID sistemlerini, kuruluşun iş ihtiyaçları analizine dayanarak tasarlamak için çalışırlar. Bir RFID sistemini uygulamaya koymak herhangi bir sistemi uygulamaya koymaya benzer. RFID'nin nerede kullanılacağı belirlenmeli ve strateji en hızlı, en yüksek düzeyde fayda sağlamaya yönelik olmalıdır. Büyük düşünülmeli ama küçük, pilot projelerle başlanmalıdır. Ayrıca, her sistem uygulamasında olduğu gibi, muhtemel hata ve sorunlar göz önünde bulundurulmalı ve bunlara dair planlar yapılmalıdır. Bir RFID sistemini başarıyla kullanmak üzere, tasarım ve muhtemel hata ya da sorunlar konusunda kullanıcıya yardımcı olacak bir kontrol listesi aşağıda sunulmuştur (RFIDJOURNAL, 2011).

#### **İş: Business:**

- Neden RFID kullanıyorsunuz?
- Kullanmaya mı zorlanıyorsunuz yoksa kurum içi çalışma şeklinizi iyileştirmeye mi çalışıyorsunuz?
- Standart gereği mi yoksa tercih mi söz konusu?

#### **Etiketler: Tags:**

- Disposable (Kullan-at) etiketlere ihtiyacınız var mı ya da yeniden kullanılabilir etiketler kullanabilir misiniz?
- İhtiyaç duyulan etiket türü (Salt Okunur, R/W, WORM) nedir?
- Etikette depolanacak maksimum veri miktarı (veri kapasitesi) nedir?
- Veri formatı nedir?

**Okuyucu:**

- Okuma zonu nedir (genişlik, yükseklik ve derinlik)?
- Okuyucu bir seferde kaç etiket okuyacak ya da kaç etiketin üzerine yazacak?
- Etiket için muhtemel yer(ler) ne(ler)dir?
- Etiket Oryantasyonu nedir?
- Etiketler arasındaki mesafe nedir?
- Etiketler hangi hızda ve hangi yöne seyahat edecek?
- Hangi hata kontrolü ve düzeltmeye ihtiyaç duyulacak?
- Veri güvenliğine ihtiyacınız var mı?
- Farklı okuyucu antenleri arasında ne kadarlık bir mesafeye ihtiyaç duyulacak?
- Antenin yeri ve okuyucu arasındaki mesafe nedir?
- Taşınırılık gerekli mi?
- Veri arayüzü ve protokolü – okuyucu/sorgulayıcı (parti, çevrimiçi, kablosuz, Eternet, vs.) nedir?

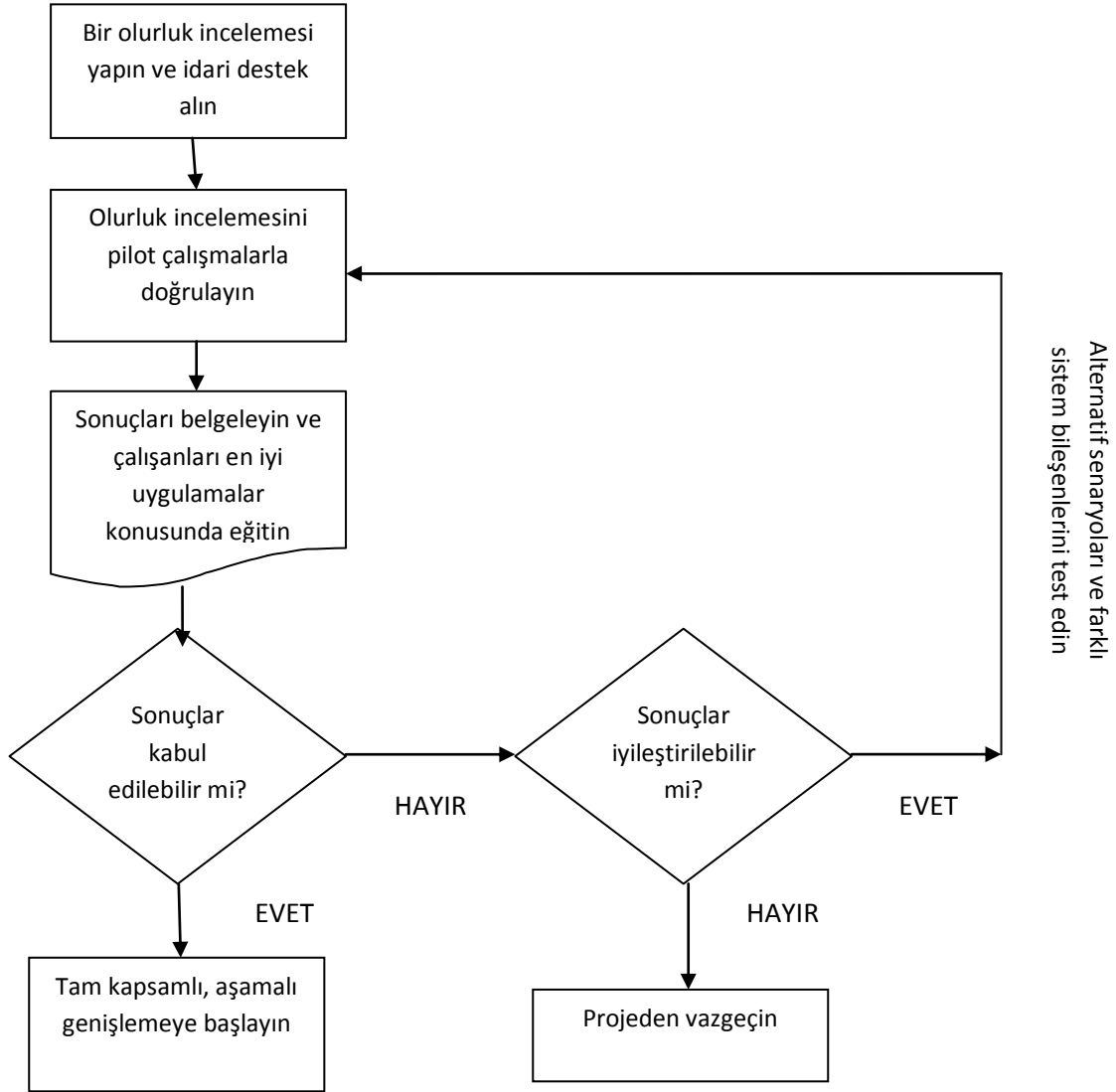
**Çevre:**

- Çevre: Metal, Etiketler ve okuyucu anteninin metale yakınlığı nedir?
- Sıcaklık, nem ve kimyasallar, UV ve X-ışınlarına maruz kalma, mekanik gerilim söz konusu mu?

**Sistemler:**

- Etiketler nereye ve nasıl uygulanacak?
- Bir etiket okunduğunda ne yapacaksınız?
- Bir etiket okunmadığında ne yapacaksınız?

RFID projelerinde karar vericilerin uyguladıkları sürecin algoritması Şekil 2.1'deki gibi özetlenebilir (Powanga ve Powanga, 2008).



Şekil 2.11: RFID Uygulamaları İçin Özet Algoritma.

RFID projelerinde özellikle dikkat edilmesi gereken performans kriterleri aşağıdaki gibidir;

- Güvenlik
- Dayanıklılık
- Kapsama alanı
- Okuyucunun okuma kapasitesi
- Okuyucunun okuma hızı

- Etiketlerin bilgi depolama kapasitesi
- Frekans (Ünlü, 2007)

Bir projenin ROI'sini (Return of Investment – Yatırımın Geri Dönüşü) gerektiği gibi analiz etmek için tüm maliyet kalemlerini (açık ve gizli, dolaylı ve dolaysız) tam olarak anlamak önemlidir. RFID uygulamaları çeşitli maliyet kalemlerinden oluşur. Genel olarak bu kalemler altı sınıfa ayrılabilir:

- Donanım maliyet kalemleri,
- Yazılım maliyet kalemleri,
- Sistem entegrasyonu maliyet kalemleri,
- Personel masrafları kalemleri,
- Kurulum hizmetleri maliyet kalemleri,
- İş süreci yeniden-mühendisliği maliyet kalemleri (Banks ve diğ., 2007).

Bu maliyetlere ait kalemler Tablo 2.8'de gösterilmiştir. Aşağıda belirtilen alt kalemler her uygulama için geçeli olmayıp, uygulamanın içeriğine göre farklılıklar arz edebilmektedir.

**Tablo 2.8:** RFID Uygulamalarında Maliyet Kalemleri.

<p><b>Donanım Maliyet Kalemleri</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID okuyucuları</li> <li>• RFID etiketleri</li> <li>• RFID antenleri</li> <li>• Destek rafları</li> <li>• Kablolama ve konnektörler</li> <li>• Bilgisayarlar <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serverlar</li> <li>• Müşteriler</li> </ul> </li> <li>• Ağ anahtarları</li> <li>• Kablosuz erişim noktaları ve tekrar ediciler</li> <li>• Barkodlar</li> <li>• Barkod yazıcıları ve okuyucuları</li> <li>• Portatif birimler</li> <li>• Kesintisiz güç kaynakları</li> <li>• Elektrik çıkışları ve elektrik tesisatı</li> </ul>
---	--

<p><b>Yazılım Maliyet Kalemleri</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ara Katman Yazılım sistemi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Donanım kontrol sistemi</li> <li>• Olay aktarımı ve işleme</li> <li>• Olay raporlama</li> </ul> </li> <li>• Veritabanı sistemi</li> <li>• Arayüz sistemi Diğer Bilgi Kullanıcılar <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raporlama sistemi</li> <li>• İş süreçleri sistemleri</li> </ul> </li> <li>• Bakım ücretleri (genellikle yazılım maliyetinin yüzdesi bazında yıllık ücretler)</li> </ul>
<p><b>Entegrasyon Maliyetleri</b></p>	<p>Entegrasyon maliyetleri genellikle yüksektir çünkü eski iş uygulamalarının gerçek-zamanlı verileri destekleyecek şekilde değiştirilmesi gerekir. İş uygulaması için desteğin olmaması ya da iş uygulamasındaki kişiselleştirme ihtiyaçları gibi nedenlerden dolayı bu, çoğunlukla ciddi bir zorluk oluşturur. Entegrasyon amacına yönelik olarak iki konunun üzerinde durulmalıdır:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İş uygulamalarında yapılan kişiselleştirme miktarı</li> <li>• İş uygulamaları üzerinde çalışmak için gereken dahili ya da harici kaynakların erişilebilirliği</li> </ul>
<p><b>Personel Masrafları</b></p>	<p>RFID pek çok sanayi için yeni bir uygulama sayılır ve bir RFID altyapısını uygulamaya koymak ve çalıştırmak için kaç kişinin ne kadar süre çalıştırılacağına dair ciddi bir kafa karışıklığı vardır. Kuruluş içindeki personel maliyeti değerlendirilirken sadece personelin harcayacağı zamana bağlı olacak doğrudan maliyeti değil, personeli normal iş görevlerinden almanın fırsat maliyetini de göz önünde bulundurmanız gerekir. Ayrıca, bu teknolojiye ilişkin öğrenme eğrisi nedeniyle personelin verimliliği, en azından ilk başlarda, beklenenden az olacaktır.</p>
<p><b>Kurulum hizmetleri maliyeti</b></p>	<p>Kurulum hizmetleri, RFID altyapısını yerleştirmek üzere ihtiyaç duyulacak faaliyetlerin tamamını kapsar. İyi bir benzetme, bir LAN ya da WAN yerleştirme süreci olabilir. Bu süreç aşağıdakileri içerir:</p>



<b>Kurulum hizmetleri maliyeti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrik güç şebekesinin kurulması (yoksa) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kablolama ve güç çıkışları</li> </ul> </li> <li>• Ağ çevresinin kurulması (yoksa) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kablolama ve ağ dropları</li> <li>• Uygun serverların kurulması</li> <li>• Uygun işletim sistemlerinin, veritabanlarının ve ağdaki uygulamaların kurulması</li> </ul> </li> <li>• RFID altyapısının yeri ve topolojisi konusunda saha incelemesi. İnceleme aşağıdakileri içerir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Okuyucular</li> <li>• İşaret levhaları</li> </ul> </li> <li>• Antenlerin uygun şekil ve oryantasyonda olup olmadıklarına dair saha testi.</li> <li>• Güvenilir RFID okuyucularından emin olmak üzere çevre konusunda yapılan saha testi.</li> </ul>
<b>İş süreci yeniden-mühendisliği maliyeti</b>	RFID çözümleri, çözümün sonuçlarını maksimize etmek için, çoğunlukla iş süreci yeniden-mühendisliği gerektirir.

Karar vericiler RFID uygulamalarını hayata geçirirken bazı hatalara düşmektedirler. RFID uygulamalarında yapılan genel hatalar aşağıdaki gibidir;

- RFID sisteminin kurulacağı alanda radyo frekans ve gürültü kirliliği tespiti yapılmaması
- RFID Anten ve okuyucuların doğru noktalara yerleştirilmemesi
- RFID etiketlerinin ürünlerin üzerinde en uygun noktalara yerleştirilmemesi
- Ürüne göre doğru etiket seçilmemesi
- RFID Anten ve okuyucularının okuma limitlerinin tespit edilmeden iş süreçlerine uyarlanması
- RFID pilot çalışması yapılmadan projenin sonlandırılması
- Kurulan sistemin ölçüm ve karşılaştırma metotlarının önceden tasarlanıp uygulanmaması (Najera, 2011).

### 2.1.12. RFID Teknolojisinin Önündeki Engeller

Tüm potansiyel ve fiili faydalarıyla beraber RFID teknolojisinin 4 ana başlıkta belirlenen engellere sahip olduğunu kabul etmek gerekir. Bunlar;

- Teknik Engeller
- Kültürel Engeller
- Finansal Engeller
- Organizasyonel Engeller'dir (Shih ve diğ., 2008).

Bu engellerin alt açılım ve açıklamaları Tablo 2.9, 2.10, 2.11 ve 2.12'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.9:** RFID Uygulamasındaki Teknik Engeller.

Bileşen	Tanım
Standart Eksikliği	RFID sistemlerini tanımlamak için kullanılan sistemler global olarak kabul görme düzeyleri açısından farklılaşmaktadır. RFID'nin benimsenmesini büyük ölçüde hızlandıracak standardize edilmiş açık bir sistem ve standardize edilmiş bir RFID sistemi konusu özellikle global açıdan çok önemlidir.
Birlikte İşlerlik (Interoperability)	Birlikte işlerlik olmaksızın RFID etiketlerinin çoğu fonksiyonunun kullanılabilirliği tam anlamıyla sağlanamaz.
Okuma aralığı	RFID okuma aralıkları kimi zaman etiketin yakınındaki yüksek elektromanyetik gürültü seviyesinden olumsuz olarak etkilenebilmektedir. Büyük miktarda metal ya da bir etiketin yakınındaki ağır-görev güç teçhizatları okuma aralığını azaltabilir. Doğru ekipman ve kurulum alanı ile bu olumsuz etkilerin çoğu azaltılabilir.
Okuma kalitesi (doğruluk)	Günümüzde RFID okuma oranları yaklaşık %80'dir. Büyük ölçekli bir RFID uygulamasını değerlendirmeden önce, son kullanıcıların %100'e yaklaşan okuma oranları isteyecekleri beklenmelidir.

RFID donanımının kilitlenmesi	Ciddi bir kilitlenmenin bir kısmı, metallerin varlığı, sıvılar (UHF etiketleri sıvı içinden okumada zorlanır) ya da başka RF enerjisi gibi çevresel faktörlere bağlanabilir.
Güvenlik	Hassas veri koruması
Mevcut sistemle entegrasyon	RFID cihazı ile sistemin bir bütün olarak entegrasyonu çok daha kapsamlı ve karmaşık bir sorundur.
Veri hacmi	RFID'nin ürettiği verilerin hacmi büyük olabilir, çünkü RFID etiketleri tipik bir barkoda göre daha fazla veri içeren büyüklük kartları taşıyabilir. Günümüzdeki şirket bilgisayar sistemlerinde kullanılan bilgisayarların bu hacimle iş görmek için pek uygun olmadığına inanılmaktadır. Hacme ek olarak, günümüzde, bu kurum sistemlerindeki ürün dosyaları da RFID veri yapısıyla iş görme kapasitesine sahip değildir.

**Tablo 2.10:** RFID Uygulamasındaki Kültürel Engeller.

<b>Bileşen</b>	<b>Tanım</b>
Gizlilik konusu	Gizlilik grupları, küçük form faktörü ve RF özellikleri nedeniyle, RFID'nin bireylerin bilgileri haricinde takibini sağlayacağına dair kaygı duyduklarını ifade etmişlerdir. Bu teknolojiyi savunuların bu kaygıları teknolojik yenilik ya da güçlü eğitim yoluyla gidermeleri gerekeceğine inanılmaktadır.
Perakendeciler ve tedarikçiler arasındaki ilişki	Her iki grup da ürünlerinin hareketi ya da müşterilerinin faaliyetleri konusundaki bilgileri pek paylaşmak istememektedir Ancak bu tür bir bilgi alış verişini auto-ID ve akıllı e-PC ağının doğasında vardır.
Çevresel kısıtlar	Bütün RF transmisyonlarını etkileyen fiziksel kanunlara RFID de doğal olarak tabidir. Gürültü, parazit ve distorsiyona karşı önlem alınmalı ve bunlardan doğacak sorunları telafi etmek üzere okuyucu performansı iyileştirilmelidir.
Eğitim eksikliği	Muhtemel RFID kullanıcılarının çoğunun potansiyel RFID yararları konusunda net bilgilere sahip olmadıklarına ve

Eğitim eksikliği	bunun yerine RFID'nin görece yüksek maliyetinden yorulmuş olduklarına inanılmaktadır. Ayrıca çoğu son kullanıcı yeni teknoloji kurulumunun zorlu bir süreç olduğunu düşünmektedir. Kullanıcılar, hizmet sağlayıcılar, değer katan satıcılar ve sistem entegratrlerinin kolay bir sistem entegrasyonu ve yüksek ROI oranları sunan RFID uygulamaları yaratmaları ve tasarımlarıyla RFID kullanımının yaygınlaşacağına inanılmaktadır.
------------------	---

**Tablo 2.11:** RFID Uygulamasındaki Finansal Engeller.

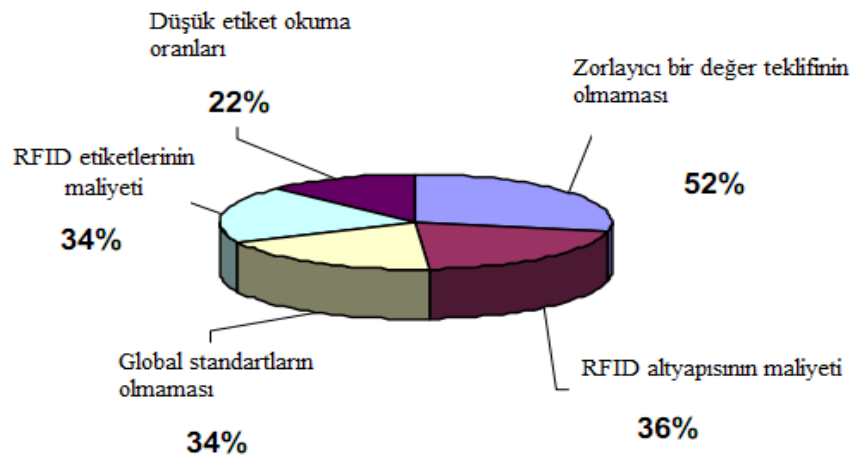
Bileşen	Tanım
Görece yüksek maliyet/altyapı	RFID'nin güçlü işlevselliği kolaylıkla tedarik zinciri operasyonlarında önemli iyileştirmeler sağlayabilir, ancak toplam sistem maliyetinin; bu gelişmiş işlevselleğin beklenenden az kullanılmasının ardındaki kilit neden olduğuna inanılmaktadır. Ucuz pasif RFID etiketlerinin tanesi yaklaşık 0.25\$-0.50\$ iken, pahalı olanların tanesi 250\$ olabilmektedir. RFID ayrıca yeni bir altyapı gerektirir ve bu altyapıdaki RFID okuyucuların tanesinin fiyatı 1,200\$ ile 3,500\$ arasında olabilecektir. Dahası, RFID zmleri çoğunlukla zorlu bir n-u entegrasyon süreci içermektedir. Sonuç olarak, çoğu son kullanıcı açık inkremental faydalarına rağmen bir RFID sisteminin maliyetini makul görmenin zor olduğunu düşünmektedir.

**Tablo 2.12:** RFID Uygulamasındaki Organizasyonel Engeller.

Bileşen	Tanım
Yeniden-tasarım süreçleri	RFID, barkodların yerine kullanılabilir, ancak çoğu potansiyel verim ve tasarrufların elde edilmesi RFID'nin barkod sistemlerinden farklı şekilde kullanılması ile mümkündür. Barkoda kıyasla RFID'nin avantaj sağladığı asıl konu nesnelerin çok daha kolay bir yolla tanınmasıdır.

Yeniden-tasarım süreçleri	Ancak, pek çok mevcut tedarik zinciri uygulaması kullanıcı-insiyatifli taramalar yoluyla barkodların doğrudan tanınmasını gerektirmektedir. Taramadan bağımsız bir depo, barkodlara bağlı olan bir depodan farklı süreçler gerektirecektir. RFID alımı pek çok dağıtım operasyonu için son derece çekici bir ihtimal olabilecektir. Ancak gerçek kazançlar, barkod taraması yerine RFID okumasını geçirmekten çok, süreci kesintisiz hale getirmekle mümkün olacaktır. Kesintisiz bir yeniden tasarım sürecini uygulamak, bir operasyonun nakliye kontrolü, kalitesi, doğrulaması, ve hizmet sağlayıcı performans takibi prosedürlerinde değişiklikler yapılmasını gerektirecektir.
Yönetilebilirlik	Gelecekte EPC ağı ile erişilebilir hale getirilen bilgi miktarı büyük olacaktır. Muhtemel trafiği depolamak, yönlendirmek, takip etmek ve yönetmekte başarı sağlamak için RFID modellerinin ölçeklenebilir ve esnek olması gerekecektir.

Ayrıca Şekil 2.12’de 2005 yılında RFID teknolojisinin önündeki engeller hususunda yapılmış bir anket çalışmasının sonuçları gösterilmiştir (Aberdeen Group, 2005).



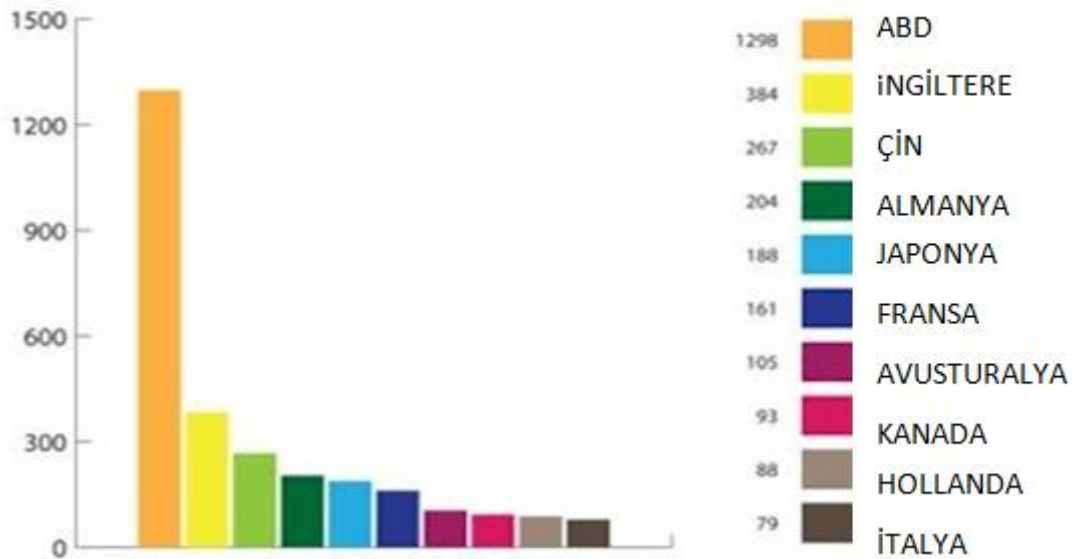
Şekil 2.12: RFID Kullanımındaki Temel Engeller.

## 2.2. RFID TEKNOLOJİSİ PİYASASI VE UYGULAMA ALANLARI

### 2.2.1. RFID Teknolojisi Piyasası

RFID pazarı, beş yılda yaklaşık olarak üçe katlanarak, 2009 yılında 5.56 milyar dolarlık hacme ulaşmıştır. Büyük ölçüde devlet destekli askeri kimlik kartları, banka kartları, pasaport, diğer projeler ve hayvan etiketleme gibi yasayla zorunlu kılınan uygulamalara dayanan ve durgunluktan etkilenmeyen bu pazar hızla büyümeye devam etmektedir. Bu toplamın, 2.18 milyon dolarını, pasif etiketler oluşturmaktadır. IDTechEx, pasif RFID etiketleri pazarının 2019 itibariyle 10 milyar dolarlık satış hacmine ulaşacağını tahmin etmektedir.

RFID projeleri içindeki en geniş veritabanı IDTechEx RFID Knowledgebase'dir; bu 111 ülkedeki 3900 projeyi kapsar ve bu projelere, yukarıdaki tahminleri inandırıcı kılan çok fazla sayıda yeni proje de dahildir (Şekil 2.13). RFID için en çok para harcayan ülkeler Çin ve ABD'dir ve proje sayısı açısından Çin İngiltere'yi yakında geride bırakacaktır (Japonya ve Çin'deki proje sayısı az olsa da projelerin değeri çok daha yüksektir) (IDTECHEx, 2010) .



Şekil 2.13: Ülkelere Göre Profillenmiş RFID Projelerinin Sayısı.

2010 yılında IDTechEx TÜM RFID pazarının 5.63 milyar dolar olacağını bulmuştur. Bu, etiketleri, okuyucuları, RFID kart yazılım/hizmetlerini, bandrolleri, fobları ve diğer

tüm form faktörlerini içermektedir. Toplamda, 2009'da satılan 1.98 milyar etiketin üstüne, bu yıl 2.31 milyar etiket satılacaktır. Bu dönemdeki büyümenin en önemli nedeni pasif UHF etiketlerinin kullanımındaki artıştır. Pasif UHF etiketleri en çok kapalı çevrim sistemlerinin çoğundaki aktif-takiplerde kullanılmaktadır. Bu durum giysi etiketlemeyi doğurmaktadır. İngiliz Marks & Spencer hala başı çekmektedir ve sadece bu yıl 200 milyon UHF etiket kullanacaktır. Ancak en büyük alıcılar, hayvan etiketleme, transit bileti kesme, kişi tanıma gibi geniş çaplı olan ve karşılığında artan verim ve güvenlik sağlayan RFID uygulamaları kullanabilen devletlerdir. Devletler, hızlı ROI beklentisi içinde değildir. Örneğin, 2010 yılında hayvan ve evcil hayvan kimlik tespiti için 178 milyon etiket kullanılmıştır ve bir etiketin ortalama maliyeti 97 Amerikan sentidir. IDTechEx araştırma verilerine göre, etiket sayısı çokluğu açısından en büyük sektörler, 450 milyon etiketin kullanıldığı temassız kart sektörü (HF, transit, güvenlik erişimi, satın alma, vs. için); 380 milyon etiketin kullanıldığı RFID bilet (HF, transit bileti kesme) sektörü ve 300 milyon etiketin kullanıldığı giysi (UHF) sektörüdür. 2010 yılında, değer olarak, RFID kartlarına 1 milyar doların fazlası, pasaport etiketlerine ise 240 milyon dolar para harcanacaktır. Giysi etiketlerine harcanacak toplam ise 36 milyon dolar olacaktır (IDTECHEx, 2011).

### **2.2.2. RFID Teknolojisi Sektörel Uygulamaları**

Heinrich (2005), RFID'in, uygulama kapsamı açısından gelecek nesil iş zekasındaki en heyecanlı ve hızlı-büyüyen teknolojilerden biri olacağına işaret etmiştir. Otomatik yol-geçiş ya da köprü-geçiş sistemlerindeki EZ geçiş etiketleri, hava alanlarındaki bagaj teslim alma, araba kapısına uzaktan erişim gibi çok çeşitli uygulamalarda kullanılan Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) teknolojisi, tedarik zinciri yönetimi aracı olarak önem kazanmıştır (Powanga ve Powanga, 2008).

Bu önem, eş zamanlı olarak hizmet sağlayıcılardan depolarına gönderdikleri malları RFID etiketleri ile donatmalarını isteyen Wal-Mart ve Savunma Bakanlığı sayesinde daha da artmıştır (Bowersox ve diğ., 2012).

RFID'nin, barkod gibi başka tanıma teknolojilerinin yedeği olan bir sistem olduğu düşünülmemelidir. RFID sistemlerinin çok-işlevli yapısı, bu teknolojinin katma değer sağlayacak şekilde başka uygulamalarda kullanılmasını mümkün kılan ek özellikler

sunabilmektedir. RFID, çeşitli iş sektörleri içinde aşağıdaki önemli konulara ilişkin olarak kullanılabilir (Wilding ve Delgado, 2004):

- Aktif/ürün takibi
- Sahtecilik karşıtlığı
- Güvenlik ve emniyet
- Erişim kontrolü
- Durum takibi
- Konumlandırma/yerleştirme
- Gerçek-zamanlı hırsızlık tespiti - fire
- Gerçek-zamanlı hasar tespiti
- Pazar araştırması
- Eğlence
- E-Ticaret gerçekleştirme
- Paralel ithalatın kontrolü
- Endüstriyel depoculuk
- Alım-satım

Smith ve Konsynski (2003), Tablo 2.13'te gösterildiği gibi, yedi jenerik uygulama sınıfı belirlemişlerdir.

**Tablo 2.13:** Muhtemel RFID Uygulama Sınıfları.

Uygulama sınıfı	Açıklama
Sürekli envanter yönetimi	RFID ile, nerede olduğuna bağlı olmaksızın, her ürün izlenebilir. RFID ayrıca şirketlerin kendilerine gelen envanteri bilmelerini sağlar. Sonuç olarak, perakendecilerin mağaza düzeyinde sürekli envanter tutmalarına yardımcı olur. Böylece tedarik zinciri boyunca gerçek-zamanlı envanter tutmak mümkün olacak ve bu veriler ikmalin iyileştirilmesini, sipariş döngüsü zamanının azaltılmasını, kalemlerin transit olarak takibini, daha doğru tahminlerde bulunmayı, beklenmeyen taleplere cevap vermede esnekliği, iyileştirilmiş kalem yerleşimini ve daha kolay hatırlamayı sağlayabilecektir.



Otomatik tarama	RFID, otomatik ve hızlı tarama kapasitesi ile depodaki zaman ve emek miktarını azaltarak bu fonksiyonların içerdiği maliyetleri düşürebilir. Müşteri mağazadan ayrılırken bir taşıma arabasındaki ürünlerin tamamı otomatik olarak taranabilir.
Ürün/aktif tanıma	RFID şirketlerin, bir nakliyedeki ürünlerden hastanedeki ekipmana kadar, çeşitli aktifleri tanımasına yardım eder. Ayrıca bitmiş ürünlerdeki bileşen parçaları takip etmek için de kullanılabilir.
Lojistik ve nakliye uygulamaları	Lojistik sağlayıcılar RFID’i belirli konteynerları takip etmek ve yeniden kullanılabilir olan konteynerları izlemek için kullanabilir. Posta hizmetleri ya da paket teslimatı yapan şirketler küçük paketleri bu yolla izleyebilir.
Müşteri hizmetleri uygulamaları	Müşterilerin sahip olduğu ürünlerle işlem yapan şirketler, elektronik olarak ürünlerin teslim alındığının kaydını tutmak, ilerlemeyi takip etmek ve ürünlerin kaybolmasını önlemek için e-etiketleri kullanabilir. E-etiketler ayrıca etkili şekilde satın alma kanıtı olarak işlev görebilir, ayrıca garanti ve hizmet geçmişi bilgilerini içerir.
Hırsızlık ve israf önleme uygulamaları	Ürünlerin üzerindeki e-etiket ürünlerin çalınması durumunda bilgi verecek ve ürünün tam yerini bulmada yer tespiti cihazı olarak hizmet edecektir. E-etiketler ayrıca ürünlerin satılması gereken son tarihi bildirmek için kullanılabilir, böylece ürünler hızla satılabilir ya da üreticiye geri gönderilebilir.
Kişisel ve aktif statü uygulamaları	Bazı şirketler ID kartlarına çift yönlü etiket eklemeyi düşünmektedirler. Böylece, bir çalışan kendini güvende hissetmediği ya da yardıma ihtiyacı olduğu zaman düğmeye basarak yerini bildirecek ve hemen yardım gelecektir. Bu özellik hastanelerde ya da kamuya açık başka kuruluşlarda da kullanılabilir.

Tüm dünyadaki güncel RFID uygulamaları incelendiğinde etiket fiyatlarının düşüşüne bağlı olarak; geçiş kontrol sistemleri, personel/insan takip sistemi, demirbaş takip sistemi, kütüphane takip sistemi, stok kontrol ve geçiş güvenliği, kıymet takibi (para torbası, vb.), kan bileşenleri takip sistemi, acil hasta ve tedavi takip sistemi, normal hasta takip sistemi, sıcaklık takip sistemi, soğuk zincir takip sistemi, sahte ürün

kontrolü, liman operasyonlarında, evde tedavi takip ve kontrol, tıbbi test yönlendirmeleri, eğlence sektörü (özellikle otel ve tatil tesislerinde), özel alanların güvenlik denetimi, hatalı ilaç alımının önlenmesi, yarış otomobillerinde kritik bilgilerin edinilmesi, havaalanlarında bavul/bagaj takibi, tedarik zinciri yönetimi, müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) gibi pek çok farklı uygulamada kullanılmaktadır (Wyld ve Jones, 2007).

Tüm bu bilgiler ışığında RFID teknolojisinin sektörel uygulamaları genel olarak; perakendecilik, taşımacılık ve lojistik sektöründe, havacılık sektöründe (Havayolları ve Bagaj takibi), sağlık ve ilaç sektöründe, ordu ve savunma sektöründe, üretim (özellikle otomotiv sektöründe) ve paketlenme, hayvancılık, ödeme ve güvenlik işlemlerinde, varlık yönetiminde vb. kullanılmaktadır.

### **2.2.2.1. İlaç ve Sağlık Sektöründe RFID Teknolojisi**

RFID teknolojisinin sağlık hizmetleri sektöründeki uygulama alanları katlanarak artmaktadır. Bu alanlara, kapı güvenliği, hasta kimliği, envanter yönetimi, tıbbi dosya yönetimi, farmakolojik güvenlik, yüksek-ısı ve sterilizasyon, yüksek erişim, ölçeklenebilirlik, erişilebilirlik, bakım noktasında hata azaltımı, tedavi yönetimi ve gerçek-zamanlı aktif ve çalışan takibi örnek verilebilir (Oztekin ve diğ., 2010).

Özellikle hastane bilgi sistemlerinin hastaların isimleri, ameliyat zamanları ve yerleri ile ilgili bilgileri çabuk ve doğru bir şekilde takip edemediği durumlarda bu tip teknolojilere ihtiyaç kaçınılmazdır (Wu ve diğ., 2005).

Çok çeşitli kullanım alanları olması ile beraber RFID teknolojisinin sağlık ve ilaç sektöründe kullanımı genel olarak Tablo 2.14'deki gibi maddelenebilir (UPS, 2005).

**Tablo 2.14:** İlaç ve Sağlık Sektöründe RFID'nin Kullanım Alanları.

İlaç ile ilgili Uygulamalar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İlaç Sahteciliği</li> <li>- Klinik Davalar</li> <li>- Envanter Yönetimi</li> </ul>
Hastane ve Tıbbi Ekipmanlar ile Uygulamalar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tıbbi Araç ve Varlık Takibi</li> <li>- Hasta Takibi</li> <li>- Ürün Takibi</li> <li>- Envanter Yönetimi</li> </ul>

Yukarıda belirtilen uygulamalardan, özellikle, ilaç sahteciliğinin önlenmesi, Tıbbi Araç ve Varlık Takibi ile hasta takibi konuları öne çıkmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün raporuna göre global ilaç sektörünün % 5-8 arası sahte ilaçlardan oluştuğu tahmin edilmektedir. Aynı raporda bu oranın bazı ülkelerde % 40'lara vardığı belirtilmiştir. Bu tahminlere göre ilaç sektöründeki kayıp 15-22 Milyar \$ civarındadır. Sektörün önde gelen firmaları bu problemin çözümüne yönelik olarak ilaçların elektronik soyağacının çıkarılması ve tedarik zincirinin her geçiş noktasında, ilaçların geçerli bir noktadan teslim alındığına dair sertifikasyon oluşturulma çalışmaları yapmaktadır. Purdue Pharma, GlaxoSmithKline ve Johnson&Johnson pilot çalışmalarına başlamıştır (Üstündağ, 2008).

FDA, tıbbi cihaz şirketlerinin her birimi seri numarasıyla tanıyabilmesini gerektirir. Tıbbi cihaz şirketlerinin hastaneye gönderilen mallardaki implantların daha iyi kontrol edilmesine ihtiyacı vardır çünkü yapılan teslimlerin yüzde ellisinde teslimatların geri dönebilme ihtimali olabilmektedir. RFID teknolojisi, şirketin kullanılmayan bir ürünün ne zaman geri gönderileceğini bilmesini sağlayacağından, yeniden düzenleme sürecini hızlandırabilir. Ameliyat aletleri ve diğer cihazlar, birbirini izleyen iki kullanım arasında, düzgün şekilde temizlenmeli ve paketlenmelidir. Aletlerin üzerindeki etiketler ve sterilizasyon bölmeleri ile depolama kabinleri üzerindeki okuyucular düzgün temizliği onaylayabilir ve gerekli aletlerin yerleştirilmesine yardım edebilir. Tıbbi cihazlar çoğunlukla taşınabilir servis arabalarına yerleştirildiğinden, cihazların üzerine yerleştirilen akıllı etiketler ve kapılara yerleştirilen okuyucular personelin önemli bir ekipman parçasını kolayca bulabilmesini ve kullanım için uygunluğunu hızla belirleyebilmesini sağlayabilir (UPS, 2005).

Bu sistemin kullanım sıklığının artmasına bağlı olarak hastaneler, yüksek maliyetli ekipman ve cihazların takibi ve yerinin belirlenmesi ile yıllık yüzbinlerce dolarlık kayıp maliyetlerinden tasarruf edebileceklerdir. Elbette hastaneler; gereken tıbbi malzemelere tam zamanında ulaşarak personelini de verimli kullanabilmekte ve ellerindeki envanterin takibini yaparak gereksiz stok maliyetlerinden kurtulmaktadır. Hasta tanıma ve yerleştirme yardımına çoğunlukla, acil tıbbi müdahale gerektiren durumlarda hastanın güvenliğini sağlamak için ihtiyaç duyulur (Najera ve diğ., 2011).

Ayrıca kan ürünleri yönetiminde güvenli ve verimli bir tedarik zinciri yönetimi önem arz etmektedir. Bu bağlamda RFID teknolojisi sağlık alanında bu konuya da alternatif çözüm önerileri sunmaktadır.

#### **2.2.2.2. Kütüphanecilik Sektöründe RFID Teknolojisi**

Pek çok alanda kullanılması ile beraber kütüphanelerde de RFID teknolojisi sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Gelecekte RFID teknolojisinin, kütüphanelerde barkodun ve diğer kullanılan teknolojilerin yerini alması beklenmektedir (Chachra, 2003).

Bunun en önemli sebepleri;

- RFID etiketlerinin kullanımı, Elektro Manyetik (EM) güvenlik şeritleri ve barkod sisteminin kullanımını gereksiz kılmaktadır.
- Hızlı ve güvenli check-in check-out işlemleri sağlamaktadır.
- EM sistemlerinde sağlanan güvenlik sisteminden daha tutarlı bir güvenlik yapısı sunmaktadır.
- Klasik sayım yöntemleri ile karşılaştırılmayacak kadar hızlı raf sayım işlem süresi sağlamaktadır.
- Aranılan kitabı bulmak için kitapların raflardan çıkarılıp kontrol edilmesi gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır.
- Yanlış rafa yerleştirilmiş kitaplar anında tespit edilebilmektedir.

Tüm gelişmelere rağmen RFID tabanlı kütüphane sistemleri henüz gelişme döneminindedir. Fakat özellikle AB ülkelerindeki uygulamaların gelişmesiyle kullanım sıklığının artması beklenmektedir (Coyle, 2005).

2003 itibariyle ABD'deki 300'den fazla kütüphane RFID teknolojisini kullanmaktadır. İlk kullanıcılardan biri Las Vegas'daki Nevada Üniversitesi kütüphanesidir. Teknoloji ana kütüphanede ve üç biriminde kullanılmaya başlanmıştır. 2004 yılındaki kütüphane raporuna göre, koleksiyonlar, yaklaşık 1,000,000 monograf, 8500 yayım aboneliği, birleştirilmiş veritabanları ile erişilebilir olan 12,000 yayım başlığı, elektronik indeks, veritabanları ya da referans kaynakları ve 27,000 medya malzemesini içermektedir. Kütüphanenin, malzemeleri daha etkili biçimde takip, tespit ve kontrol etmek üzere 2004 yılında RFID'i kullanmaya başlamasıyla, koleksiyondaki 600,000 malzeme

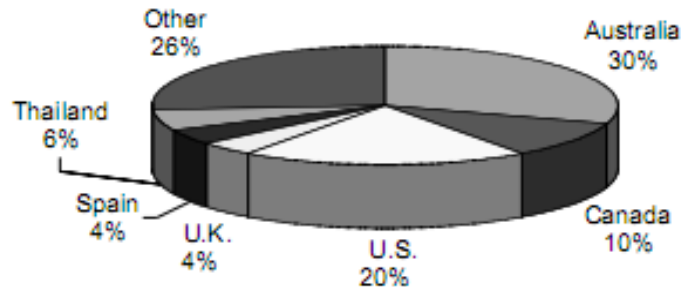
etiketlenmiş ve 500 kayıp malzeme bulunmuştur, böylece kütüphane yeniden yerleştirme maliyetinin 40,000 dolarından tasarruf etmiştir (Roh ve diğ., 2009).

### 2.2.2.3. Hayvancılık Sektöründe RFID Teknolojisi

Satın aldıkları et ürünleri hakkında kalite ve bilgi talep eden tüketicilerin sağlık konusundaki bilinçleri artmaktadır. Bu nedenle, büyük baş hayvan yetiştiriciliği endüstrisi, ürün takibi ve denetlemeye ek olarak, daha etkili ve güvenilir bir bilgi sayma ve depolama aracına ihtiyaç duymaktadır. RFID etiketi hayvanın kulağına yerleştirilmektedir. Etiket, hayvanın cinsi ve soyu, doğum tarihi, aşılama kayıtları, hatta ısı profili gibi bilgileri ve daha fazlasını depolayabilmektedir. Hayvanın kulağındaki etiket RFID okuyucuları ya da antenleri ile belli bir mesafeden okunabilmekte ve bilgiler dizüstü bilgisayara, kişisel dijital yardımcıya ya da cep telefonuna kablosuz ağ bağlantıları yolu ile aktarılabilmektedir. Devletlerin canlı hayvanların elektronik olarak takibi konusundaki çabaları arttıkça, hayvanları RFID etiketleri ile etiketlemek de giderek yaygınlaşmaktadır. 2006 yılında 70 milyonun üzerinde canlı hayvan etiketlenmiştir (Banks ve diğ., 2007).

Yapılan çalışmada kulak numarası ile kimliklendirilen büyükbaş hayvanların vücutlarına enjekte edilen, 128 bitlik RFID etiketleri ile güvenli bir şekilde takibi gerçekleştirmiştir. Bilginin RFID'ye işlenmesinde ISO 11874 ve ISO 11875 standartlarından faydalanmıştır (Erdem, 2007).

Şekil 2.14'de hayvancılık sektöründe RFID kullanımının ülkeler bazında dağılımı gösterilmiştir (Banks ve diğ., 2007).



Şekil 2.14: Hayvancılık Sektöründe RFID Kullanımının Ülkeler Bazında Dağılımı.

#### 2.2.2.4. Lojistik Sektöründe ve Tedarik Zinciri Yönetiminde RFID Teknolojisi

Taşıma araçlarında, konteynerlerde ve paletlerde, ürün ve malzemenin takibi RFID teknolojisi ile çok daha etkin bir şekilde sağlanabilmektedir. RFID, bir “şeylerin interneti (internet of things)”, yani şirketlerin malları küresel tedarik zinciri boyunca takip edebileceği ve eşzamanlı olarak pek çok uygulama kullanabileceği bir ağ oluşturmak için kullanılmaktadır (Violina, 2005).

RFID, bir tedarik zincirindeki malların hareketlerini takip etmek için gelecek vaat eden bir teknoloji olduğunu göstermiştir. RFID, tedarik zincirine eşi görülmemiş bir görünürlük kazandırabilir. Bu görünürlük, işgücü maliyetini azaltabilir, tedarik zinciri koordinasyonunu iyileştirebilir, envanteri azaltabilir ve ürün erişilebilirliğini arttırabilir (Lee ve Ozer, 2007).

RFID teknolojisi, Şekil 2.15’deki gibi GPS ve sensor teknolojileri ile birlikte kullanıldığında, takibi saha kısıtı taşımadığı gibi çevresel koşulların değişimi de ürünün hareketi ile birlikte takip edilebilmektedir (Banks ve diğ., 2007).



Şekil 2.15: RFID – GPS Destekli Ürün Takibi Sistemi.

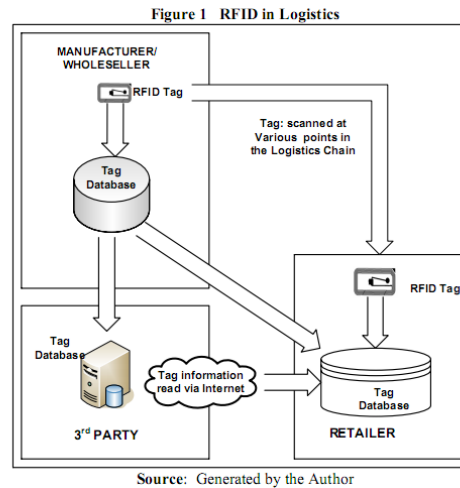
Atila ve Topaloğlu (2008), kimya laboratuvarlarında yapılan kimyasal malzeme stok takip işlemi, 256-bitlik RFID taşıyıcılar kullanılarak internet üzerinden

gerçekleştirilmiştir. Verinin taşıyıcıda saklanmasında ISO 15693 standardından faydalanılmıştır.

Dünya üzerindeki ikinci en büyük dağıtım ağına sahip olan ve Amerikan Savunma Bakanlığı'na bağlı olan Savunma Lojistik Birimi (DLA)'nin RFID teknolojisini kullanması üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Özellikle 1991 yılında DLA tarafından işgal bölgelerine gönderilen binlerce konteynerin varış noktalarına ulaşamaması ve saha operasyonlarında problemler yaşanmasına bağlı olarak, Amerikan ordusu alternatif çözümler geliştirmeye başlamış ve RFID teknolojisini yoğun olarak kullanmaya başlamıştır. ABD Ordusu Çöl Fırtınası Harekâtı (1990'ların sonu) ile Irak Özgürlük Harekâtını (2003) karşılaştırmış ve Irak Özgürlük Harekâtı'nda yüzde 90 daha az konteynerin sevk edildiğini, ancak asker gücündeki farkın Çöl Fırtınası Harekâtı'na kıyasla sadece yüzde 30 az olduğunu bulmuştur (Savi Technology, 2003).

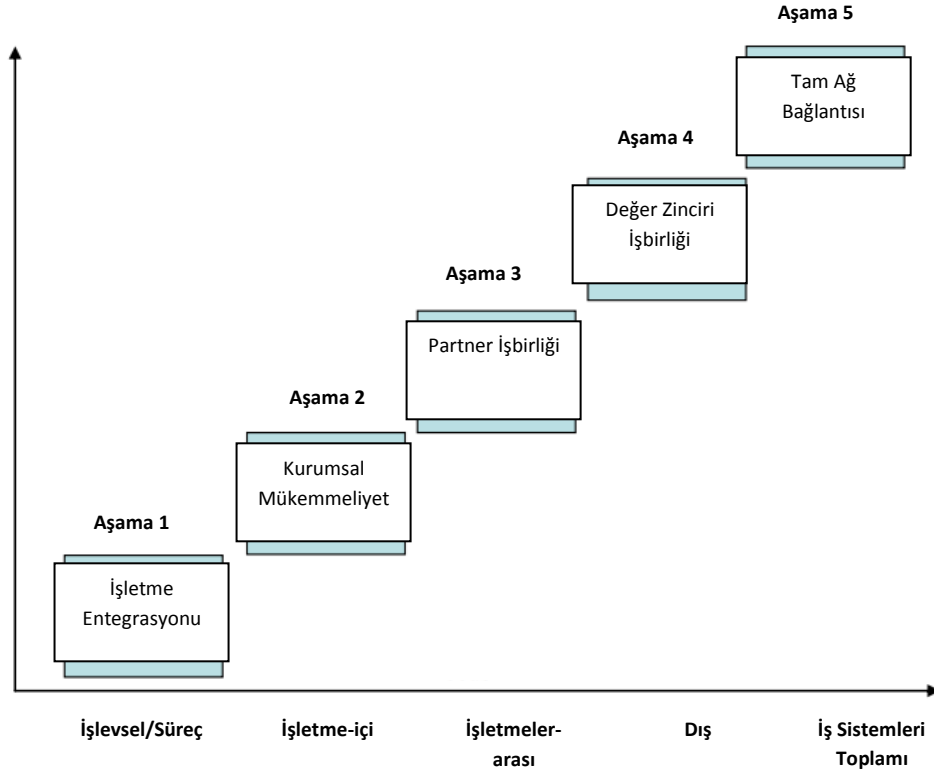
Ayrıca 2. Irak işgalinde, Amerikan özel kuvvetlerine (personel, teçhizat) takılan aktif RFID etiketleri ile komutanlar gerçek-zamanlı olarak operasyonu takip etmişlerdir. ABD Savunma Bakanlığı, aktif RFID'i tedarik zincirinde yaklaşık on yıldır kullanmaktadır ve büyük harekâtlarda komutanlarına başarıyla transit görünürlük sağlamıştır (Banks ve diğ., 2007). Ayrıca askerlerin kollarına takılan RFID etiketlerle askerlerin sağlık bilgilerine (kan grubu, alerji durumu, teşhis ve tedavi bilgileri vb) hatasız bir şekilde ve anında ulaşılabilir (Üstündağ, 2008).

RFID teknolojisinin lojistik faaliyetlerinde kullanımı en basit haliyle Şekil 2.16'da gösterilmiştir (Rutner ve diğ., 2004).



**Şekil 2.16:** RFID Teknolojisi'nin Lojistik Sektöründe Kullanımı.

Tedarik zinciri yönetimi; müşteriye, doğru ürünün, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyata tüm zincir üyeleri için mümkün olan en düşük maliyetle ulaşmasını sağlayan malzeme, hizmet, bilgi ve para akışının entegre olarak yönetimidir. Bir başka deyişle zincir içinde yer alan temel iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlayarak müşteri memnuniyetini arttıracak stratejilerin ve iş modellerinin oluşturulmasıdır. Şekil 2.17’de Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi gösterilmiştir. Şekilde gösterilen 4.ve 5. aşamaların uygulamasında RFID teknolojisinin çok önemli katkıları olacaktır (Bowersox, 2012).



Şekil 2.17: TZY Evrimi'nin Beş Seviyesi.

Tajima (2007), RFID teknolojisi'nin tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkilerini 15 başlık olarak incelemiştir.

1. **Firenin azalması:** Tedarik zincirinde yanlış yerleşim, bozulma, mağaza hırsızlığı ve organize perakende suçları gibi pek çok nedenden ötürü fire verilir. Bu alanlarda RFID kullanımı fireyi düşürebilir. Amerikalı perakendecilerin fire maliyeti tahmini olarak yılda 30 milyar dolardır ve RFID'nin bu rakamı üçte iki oranında düşüreceği hesaplanmaktadır.



2. **Malzeme elleçleme süresinin kısalması**: RFID faydalarının birçoğu malzeme elleçleme ve denetleme süresinin kısalmasına yöneliktir. Quirk ve Borrello, (2005)'e göre RFID kullanımıyla stok sayım süresinde %40'lık bir düşüş olacağı tahmin edilmektedir. RFID tabanlı sayım, manuel veri girişi ve çıkışı gibi emek yoğun ve hata yapmaya açık operasyonlardan kaynaklanan insan hatalarını da azaltabilir. Malzeme elleçleme süresinin kısalması daha düşük işçilik maliyeti ve daha fazla verimi de beraberinde getirmektedir.
3. **Veri doğruluğunda artış**: Perakendecilik sektöründe envanter verilerinin yanlış olması önemli bir sorundur. Yapılan bir çalışmaya göre 37 perakendeci zincir mağazadan alınan envanter kayıtlarının %65'inde hatalar bulunmaktadır. RFID, malzeme elleçlemedeki insan hatalarını azaltarak envanter kayıtlarını iyileştirebilir. Ayrıca, yükleme verilerinin doğruluğunu arttırarak talep tahmini ve üretim planlamayı geliştirebilir. Birçok işletme için RFID uygulaması, ürün katalogları ve tedarikçi bilgisi gibi verilerin gözden geçirilmesi, takibi ve senkronize edilmesi için de bir fırsat sunmaktadır.
4. **Daha hızlı "Özel Durum Yönetimi"**: Özel durum yönetiminde, planlanmamış olaylara büyük sorunlara dönüşmeden önce müdahale etmek son derece önemlidir. RFID, verilerin zamanında alınmasını ve malzemelerle bilgi akışının daha iyi senkronize edilmesini sağlayarak özel durum yönetimini hızlandırabilmektedir.
5. **Gelişmiş bilgi paylaşımı**: Detaylı tedarik zinciri verilerine erişim RFID'nin tedarik zinciri verilerinin toplanma ve ayrıştırma düzeyini uyarlayarak esnek bilgi paylaşımı sunmasını sağlayacaktır.
6. **Üretim takibi**: RFID etiketleriyle hammadde takibi, yarı mamul stoku, bitmiş ürünler ve hatta üretim sırasındaki montaj durumunun takibi rahatlıkla sağlanmaktadır.
7. **Kalite kontrol**: RFID üretim sırasında kalite kontrolü için kullanılabilir. Örneğin Maldem Mills, RFID kullanarak düzenli takip aracılığıyla düşük ürün

kalitesini önlemek amacıyla Polartec tüylü kumaş tepsilerindeki hataları takip etmiştir.

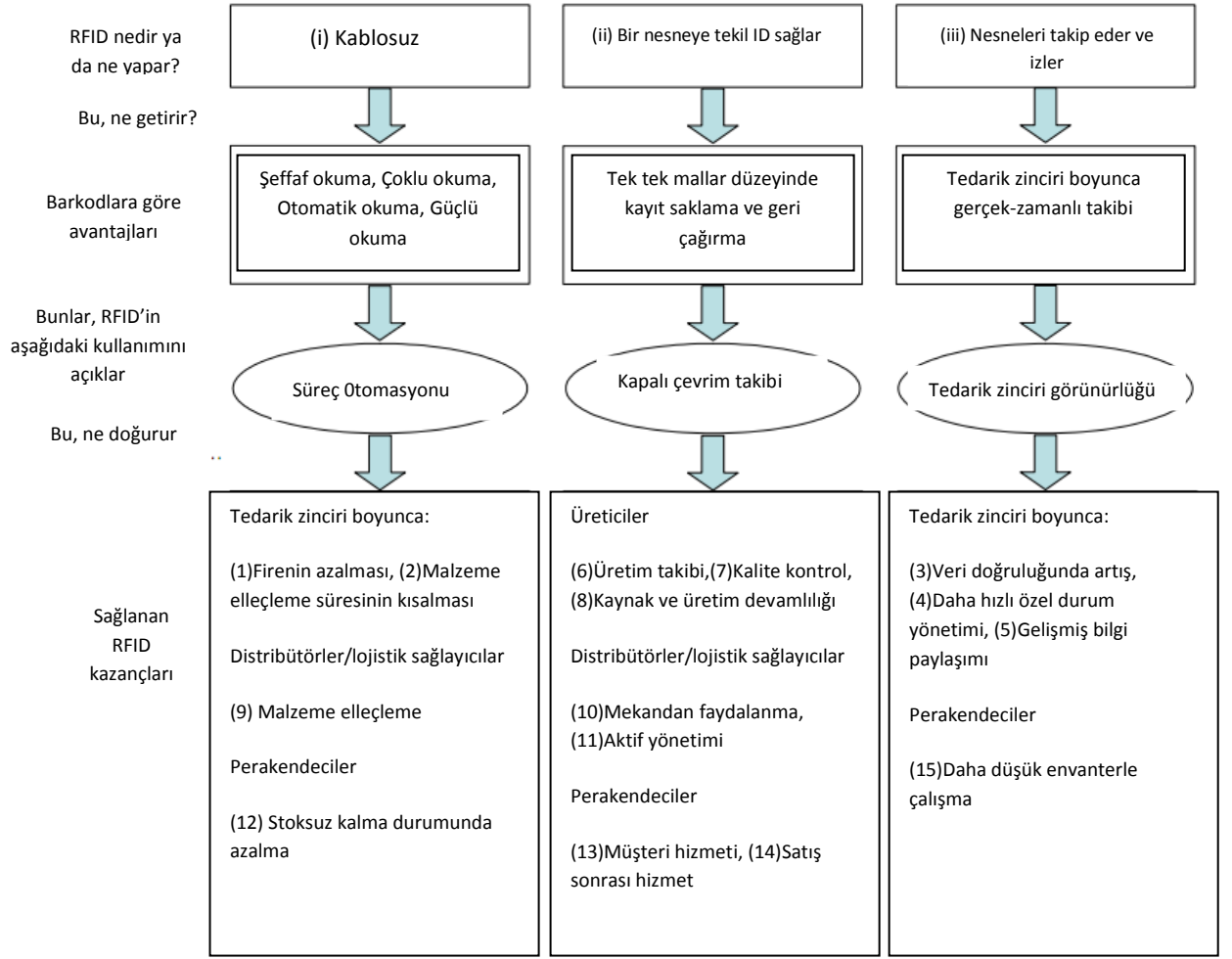
8. **Kaynak ve üretim devamlılığı**: RFID, üretim sürecinde daha gelişmiş malzeme takibi gerçekleştirerek üretim ve tedarikte devamlılık sağlayabilir. RFID aynı zamanda ekipman arıza süresi ve bakım maliyetlerini azaltmak amacıyla düzenli ekipman takibi de yapmaktadır.
9. **Malzeme elleçleme**: Malzeme elleçleme süresinin kısalması özellikle depo operasyonları açısından önemlidir çünkü maliyetin %50-80'i malzeme elleçleme ile ilgili işçilikten kaynaklanmaktadır. 2.maddede belirtilen faydalara ek olarak depo operasyonları bakımından elde edilen faydalar arasında çapraz yükleme için otomatikleştirilmiş yönlendirme, yükleme gecikmelerinde azalma, daha kısa teslim süresi ve sınır ötesi yüklemelerde daha hızlı gümrükleme yer almaktadır.
10. **Mekandan faydalanma**: Malzeme elleçlemenin iyileştirilmesiyle ilgili olarak RFID kullanımı mekandan faydalanma konusunda verimlilik ve esneklik sağlayabilmektedir. Napoleon Gate Entry Management System, RFID'nin sağladığı yeni kapasite sayesinde eski terminalin üçte biri büyüklüğünde yeni bir liman tasarlayabilmiştir. RFID aynı zamanda ürün uyumsuzluğu sorunlarını da azaltarak esnek mekan tahsisi (örneğin tehlikeli ürünlerin yerleştirilmesi) ve barkod tarama için gereken alanın küçültülmesi imkanını sunabilmektedir.
11. **Varlık yönetimi**: RFID yüksek hacimlere sahip birçok varlığı etkin biçimde yönetebilmektedir. Örneğin; çamaşırhane prosesi ile bir kumarhane 80.000 üniformanın, TrenStar ise RFID kullanarak 3 milyon bira fiçisinin takibini gerçekleştirmiştir. Tekrar kullanılabilen varlıkların daha iyi biçimde takip edilmesi varlıkların daha faydalı kullanımını ve aynı zamanda daha iyi yükleme konsolidasyonu, kamyonlar için daha az yakıt tüketimi, ters yönde lojistik ve daha düşük sermaye maliyetleri sağlamaktadır.
12. **Azalmış Stoksuzluk durumu**: RFID, bitmiş ürün stoklarındaki doğruluk payını arttırarak stoksuz kalma durumunda azalma ve kayıp satışlarda düşüş

sağlayabilmektedir. ABD’de ürün bulunabilirliği konusundaki problemler perakende sektöründe yılda yaklaşık olarak 30 milyar dolarlık bir maliyet oluşturmaktadır. Stoksuz kalma durumunun azalması; perakendecilerin RFID kullanımıyla desteklenebilecek promosyon takibi ve uygulamaları, kategori yönetimi, fiyat farklılaştırma stratejisi, yeni ürün tanıtımı ve raf yerleşimine odaklanabilmesine yardımcı olmaktadır.

13. **Müşteri hizmetleri**: RFID müşteri hizmetlerini pek çok açıdan geliştirebilmektedir. Gap de, RFID kullanımı ile personel stok sayımı ve stoksuz kalma sorunuyla uğraşmaktan kurtulmuş ve bu sayede müşteri hizmetlerine daha fazla zaman ayırabilmiştir. Exxon Mobil, RFID’ye dayanan otomatik ödeme sistemi kullanarak müşterilerin kasada bekleme süresini azaltmıştır. Mağaza içi deneyimi geliştirmek için Prada RFID’den yararlanarak ürün bilgileri, aksesuarlar ve moda video kliplerini özelleştirmiş ve böylece müşterilere ilgi alanlarına göre bir hizmet sunmuştur (örneğin deneme kabinine götürülen giysiler).

14. **Satış sonrası hizmetler**: RFID teknolojisi ile kusurlu mal parçaları kolaylıkla ayrılarak iptalleri etkin biçimde yönetebilmektedir. Aynı zamanda RFID teknolojisi, garanti sürecini geliştirmekte ve garanti detayları, hizmet geçmişi ve mal onaylama gibi bilgileri düzenleyebilmektedir.

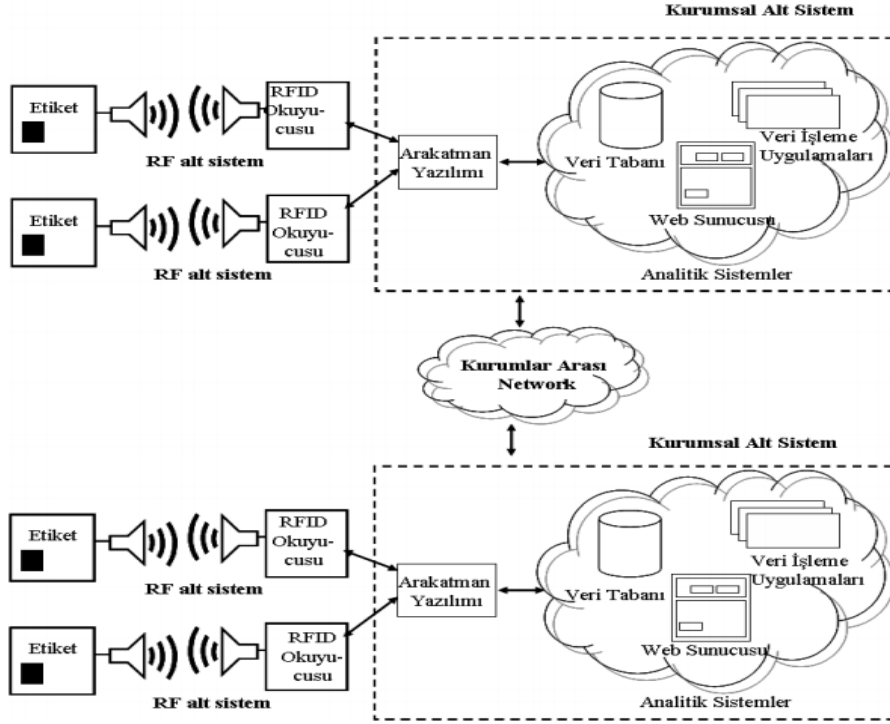
15. **Daha düşük envanterle çalışma**: RFID, envanter verilerini iyileştirerek ve stoksuz kalma durumlarını azaltarak güvenlik stokunu düşürebilmektedir. RFID aynı zamanda satıcı tarafından yönetilen envanter, zamanında teslimat ve akıllı raf kullanımı ile otomatik yenileme imkanları sunarak envanteri azaltabilmektedir. Yukarıda belirtilen faydalar Şekil 2.18’de özetlenmiştir



**Şekil 2.18:** RFID 'nin Tedarik Zinciri Yönetimine Etkileri.

Deutsche Post-DHL, posta konteynerlarını yeniden kullanılabilir, düğme şeklinde HF RFID etiketlerle takibe başlamıştır. Ayrıca sensörlü RFID etiket kullanımı ile soğuk zincir ürünleri için güvenli taşımacılık altyapısı oluşturmuştur (Üstündağ, 2008).

Önümüzdeki dönemlerde tüm tedarik zinciri üyelerindeki alt RFID sistemleri entegre edilebilecek ve Şekil 2.19'da belirtilen açık sistemler ile tüm üyelerin ortaklaşa olarak verimlerini arttıracak global zincirler oluşturulacaktır (Karygiannis ve diğ., 2007).



Şekil 2.19: Kurumlararası Açık Sistem.

Önündeki finansal ve teknik bazı problemlerin aşılması ile gerek dünyada ve özellikle Türkiye’deki firmalarda, tedarik zincirlerinin verimliliklerini arttırmak amacıyla RFID teknolojisine yatırım miktarlarında olağanüstü artışlar olacaktır. Tablo 2.15’de RFID kullanan firmaların sağladığı avantajlar gösterilmiştir (Erzengin ve diğ, 2009).

Tablo 2.15: RFID Kullanan Firmaların Sağladığı Avantajlar.

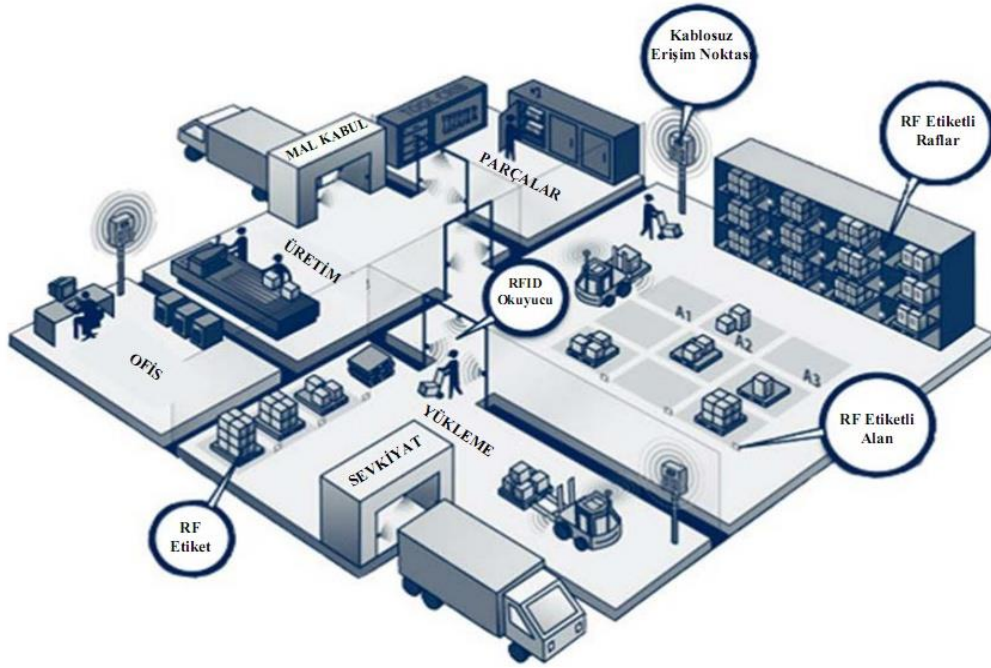
Kaynak	Nasıl	Örnekler (Perakende)
İşgücü tasarrufları	Envanter denetimlerinin verimi ve doğruluğu	%7.5-9 (AT Kearney); %17 (KSA); %6.5 (Accenture); %0.9-3.4 (SAP)
Fire azalması	Hırsızlıktan caydırma, suç önleme ve kurtarma	%47 (IBM), %54 (Accenture), %11-18 (METRO), %40-50 (SAP); 12.3 (RFID.com)
Envanter görünürlüğü	Doğru ikmal, satış kayıplarını önleme	Stoksuz kalma durumunda azalma %12 (AT Kearney), %9-14 (METRO), %5-10 (SAP), Satış artışı %1-2 (Accenture), %2-3 (Pisello), %0.6-1.5 (McKinsey)

### ***2.2.2.5. Üretim Sektöründe RFID Teknolojisi***

RFID, üretim endüstrisi için önemli bir yeni teknoloji olarak görülmektedir. RFID'nin sunduğu yararlar üreticileri cezbetmektedir. RFID teknolojisi üretim endüstrisinin sayısız alanında uygulanabilir. Süreç halindeki işlerin takibi, kalite güvencesi, parça tanıma, envanter kontrolü, ürün planlaması, ikmal ve tersine lojistik takibi kullanım alanlarından bazılarıdır. Genellikle, üretim işi; ham maddelerin fabrikaya gelişi, malların üretimi ve malların toptancılara gönderilmesini içeren üç kademeli bir operasyon olarak düşünülebilir. Ham madde paletleri fabrikaya geldiğinde, içeriklerinin doğrulanması ve fabrikadaki farklı üretim hat ve birimlerine gönderilmesi gerekir. RFID teknolojisi ham maddelerin fabrikaya giriş ve kabulünü kolaylaştırabilir ve daha etkin kılabilir. Paletler kamyon yükleme-boşaltma alanında kamyonun alınırken, portatif bir RFID okuyucu ya da giriş kapısına yerleştirilmiş bir RFID okuyucu ile palet seviyesindeki RFID etiketleri okunabilir. Bu, gelen yükün içeriğinin tamamının hızla doğrulanmasını sağlar ve bilgi, depo yönetim sistemine (Warehouse Management System - WMS) ya da kurumsal kaynak planlama (Enterprise Resource Planning - ERP) sistemlerine iletilir. Bu bilgiyi kullanarak, kaldırıcılar paletleri yerlerine doğru hareket ettirmek üzere hemen yönlendirilebilirler. Böylece, malzeme akışının verimi artırılmış, malzeme elleçleme süreci etkinleştirilmiş, insan hatası en aza indirilmiş, tedarik zincirindeki bilgi akışı hızlandırılmış ve verim artırılmış olur. Üretim sürecinde ham maddeler, bileşenler ya da altbileşenler iş istasyonlarında modifiye edilir, montajlanır ya da işlenir. Geleneksel olarak, bir ürünün gerektirdiği üretim sürecinin detaylarının işçiler tarafından doğrulanması gerekecektir. Çoğu zaman bu süreç fazla zaman alır ve hataya açıktır. Pek çok parti üretim ortamında, üretimi tamamlanan ürünler toptancılara ya da perakendicilere gönderilmeden önce depoda saklanır. Bu nedenle bir depodaki en önemli işlerden biri ürünleri kademelendirme (ürünlerin ayıklanması ve toplanması) için hazırlamaktır. RFID kullanarak, WMS gibi bilgisayar-tabanlı bilgi sistemi olan otomatik bir sistem, depolama alanını organize etmek, ürün kartonlarını alınan talimatlara göre doğru sırada dizmek ve kademelendirme için göndermek üzere kurulabilir. Daha etkin bir depo yönetimi ya da ürün takibine ek olarak, RFID-tabanlı bir WMS'nin kullanımı yanlış sıralama ve yanlış nakliye sorunlarını tamamen ortadan kaldırır ve operasyonun genel verimini ve hizmet seviyesini yükseltebilir. Bir deponun temel işlevleri basitçe şu şekilde tanımlanabilir: malların bir kaynaktan alınması,

malların depolanması ve korunması, müşteri taleplerine göre malların depodan çıkartılması ve malların müşteriye gönderilmek üzere hazırlanması. RFID etiketlerinin fiyatı düşmekte olduğundan, RFID teknolojisi, müşteri hizmetleri seviyesini iyileştirirken bir yandan da operasyon maliyetlerini en az düzeyde tutarak rakiplerinin önüne geçmek amacıyla, depoculukta giderek bir stratejik araç haline gelmektedir (Banks ve diğ., 2007). Depo girişine gelen RFID etiketli paletler depoya girerken üzerindeki etiket okunur ve stok programına girdi verisi aktarılır. Depo girişlerinde olduğu gibi depo çıkışlarına da yerleştirilecek olan RFID antenler sayesinde depoda bulunan paletlerin çıkışında toplu ürün çıkışının miktarı direk olarak stok yazılımına aktarılarak sistem içinden ne kadar ürünün çıktığı bildirilir. Giriş ve çıkışlara yerleştirilecek RFID okuyucularla, deponuzun takibi çok rahatlıkla yapılabileceği gibi ayrıca seyyar RFID terminaller ya da el terminalleriyle depo içerisinde kısa süreli bir gezintiyle ürün miktarının sayımı çok rahatlıkla yapılabilmektedir. Bu teknoloji vasıtasıyla büyük depoların yönetimi kolaylıkla yapılabilmektedir. Ayrıca ay, dönem ya da yılsonu stok sayımları, günlerce çalışmaya gerek kalmadan sadece bir kaç saat içerisinde tek bir kişi tarafından yapılabilecektir (RTLS Türkiye, 2011).

RFID teknolojisinin depolarda kullanımı Şekil 2.20’de gösterilmiştir (Bingöl, 2007).



Şekil 2.20: RFID Teknolojisi'nin Depolarda Kullanımı.

RFID teknolojisi üretim sektöründe özellikle de otomotiv sektöründe sıklıkla uygulanmaktadır. RFID Teknolojisi otomotiv sektöründe yaklaşık 20 yıldır kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde, RFID teknolojisi pek çok uygulama alanında kullanılmakla beraber aşağıda 3 temel uygulama alanı ile özetlenmektedir. Bunların başında araç İmmobilizasyonu gelmektedir. Oto hırsızlığını engellemek için üretilen çözümlerin en önde geleni otomobillerin motorlarını elektronik olarak kilitleyen ve aynı zamanda immobilizer olarak da bilinen otomobil güvenlik sistemleridir (Banks ve diğ., 2007).

İkinci uygulama alanı parça takibidir. Bu süreçte ya her parça için ayrı bir RFID etiket kullanılır ve araç kimlik (ID) numarası ile ilişkilendirilir ya da etiket, parçaların taşındığı palet veya konteynerlerde kullanılarak birden fazla parça ilgili etiketlerle izlenir. Parça takibi; stok yönetimi, orijinal parça doğrulama, hırsızlık kontrol, montaj, bakım, ürün geri çağırma ve geri dönüşüm gibi satış sonrası hizmetler açısından fayda sağlamaktadır. Üçüncü temel uygulama alanı olarak demirbaş yönetimi gösterilebilir. Demirbaşların yönetimi kapsamında kapalı çevrim içinde konteyner, palet ya da diğer taşıyıcı birimlerin etkin bir şekilde takibi gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle General Motors, Volkswagen, ve Johnson Controls montaj hatlarında RFID teknolojisini yoğun olarak kullanmaktadırlar. Tablo 2.16’da otomotiv sektöründe RFID’nin kullanım alanları gösterilmiştir (Üstündağ, 2008).

**Tablo 2.16:** Otomotiv Sektöründe RFID’nin Kullanım Alanları.

<b>Parça İzleme</b>	<b>Demirbaş yönetimi</b>	<b>Araç ile ilgili uygulamalar</b>
- Stok Yönetimi	- Konteyner	- Araç Tanıma
- Orijinal parça doğrulama	Yönetimi	- Giriş Kontrol
- Hırsızlık Kontrol	- Araç/gereç	- Lastik Basınç İzleme
- Montaj	Yönetimi	
- Bakım		
- Ürün Geri Çağırma		
- Geri Dönüşüm		



### 2.2.2.6. Diğer Sektörlerde RFID Teknolojisi

RFID Teknolojisinin sıklıkla kullanıldığı diğer uygulama alanları aşağıdaki gibidir.

- a. **Otopark Sistemleri**: Çoğu giriş kontrol uygulamaları, geçit ya da kapıyı kontrol etmek için bir bariyer içerir. Kapı ve ek sensörlerin zamanlaması, geçişin tek tek yapılmasını sağlar. Böylece; aynı anda iki kişinin ya da iki aracın birlikte geçişini engeller (Pala, 2007). Bu benzeri problemlerin aşılması ve otoparkların verimli yönetimi için arabalara RFID etiketleri takılabilmektedir ve kurulacak etkin bir RFID tabanlı otopark ile aşağıda maddelenmiş faydalar sağlanabilecektir (FalkenSecure, 2010).
  - RFID etiketleri, ortak alanlara ve park yerlerine el kullanmadan erişimi mümkün kılmak üzere otomobillere eklenebilir
  - RFID okuyucu ayrıca, kontrol edilen alana bir aracın girmesi ya da bir aracın bu alandan çıkması durumunda, gözetleme kameralarını ya da video kaydedicileri tetikleyebilir
  - Her erişim RFID okuyucusuna ya da ana bilgisayarın veritabanına kaydedilebilir ve böylece erişim faaliyetlerinin geçmişi elde edilirken günlük, haftalık ya da aylık ücretlerin faturalandırılması yönetilebilir.
- b. **Gerçek Zamanlı Personel Takibi**: Lokasyon takibi birçok firma ve kurum için hayati önem taşır. Hastane içindeki doktor ve hastaların, okul içinde öğretmen ve öğrencilerin, otellerde çalışanların, yüksek güvenlik taşıyan binalarda personelin nerede olduğunun bilinmesi kritik bir bilgidir. RFID teknolojisi ile kart okutmaya gerek olmadan, belirli noktalara yerleştirilmiş RFID okuyucular, antenler ve RFID kartlar yardımı ile personel kartları yetki seviyelerine göre sisteme tanıtılmaktadır. Bu yolla istenen herhangi bir anda aranan kişinin yerinin bina planı üzerinde gösterilmesi, en son geçtiği noktaların zaman bilgisi ile listelenmesi, yetkisiz geçişlerde uyarılar alınması, acil durumlarda içeride kalan kişilerin yerleri ile birlikte raporlanması vb.

- c. **Bagaj Takibi**: Hong Kong havaalanında, RFID sistemler ile bagajların konveyör üzerinde takibi ve yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Sagahyoon ve diğ. (2007), yolcu ve konum bilgisini eşleştiren bir RFID takip sistemi geliştirmiştir.
- d. **Pasaport Kontrolleri**: RFID Teknolojisinin tüm dünyada Pasaportlarda kullanılması düşünülmektedir. Pasaport içerisine gömülecek olan RFID çipi, kişiler hakkında bilgileri içereceği gibi dijital olarak resimlerini de saklayacaktır. (Tuğaç, 2007).
- e. **Hazır Giyim**: RFID teknolojisinin Hazır Giyim Sektörü için de kullanılabileceği ve belirgin olarak fayda sağlayacağı süreçler vardır. Etiketlerin askı ve giysilerin üzerinde bulunması vasıtasıyla aşağıdaki faydalar sağlanabilmektedir;
- Alış veriş sırasında kolay ve çabuk ulaşılabilir bilgi ve daha albenili ve detaylı öneri servisleri: Çeşitli multimedya uygulamaları da soyunma kabinlerinde kullanılabilir. Müşterinin kabine soktuğu ürünler RFID okuyucu tarafından algılanarak, bir ekranda ürünle ilgili detaylı bilgi verilerek, bu ürünlerle uyumlu diğer ürün ve aksesuar tavsiyelerinde bulunulabilir. Müşteri bu tavsiye edilen ürünleri sanal mankenler üzerine giydirerek deneyebilir. Öneriler, müşterinin kabine getirdiği ürünlerle ilgili olabileceği gibi, müşteri veri tabanından sağlanacak, müşteri tercihleri bilgisi doğrultusunda da olabilir.
  - Ürünün rafta bulunabilirliğinin artışı: Akıllı raflar ve askı sistemleri, hangi beden ve rengin, rafta/askıda olduğunu ve hangilerinin eksildiğini belirtebilir,
  - Kasada daha kısa bekleme zamanı: RFID teknolojisinin çoklu okuma ve okuyucu ile etiketin birbirini görme zorunluluğu olmadan okuma imkanı ile kasiyerin her ürünü tek tek okutmasının önüne geçilerek zaman kazanılacaktır,
  - Satış sonrası hizmetlerde sürat ve kolaylık: Ürünlerde bulunan RFID etiketler, ürünün yaşamı boyunca satış fişi yerine geçebilecek ve kağıt ortamında alınan satış fişinin saklanması gereksiz kılacaktır. İade gelen ürünlerin çabuk ve doğru bir

şekilde tespit edilmesi, müşteri bekleme zamanlarını kısaltacak ve müşteri hizmetleri kalite standartlarını fark edilebilir şekilde arttıracaktır,

- Ürünün orijinalliğine güven: Mağaza ve satış merkezlerindeki bilgi terminalleri vasıtası ile tüketiciler ürün kodunun mağazaya gelene kadar geçirdiği evreleri kontrol edebilir. Üretici veri tabanına bağlanarak bu kodun üretici tarafından tanınan kod olup olmadığını inceleyebilir.
- RFID müşteri kartlarının oluşturulması: RFID etiketli müşteri kartları ile, müşterinin tanınması daha mağazaya girişinde gerçekleşir. Böylece kişiye özel ürün bilgilendirmesi, öneriler ve fiyatlar çeşitli bilgi ekranları ile müşteriye sunulabilir (Yalçınkaya, 2007).

- f. **Ödeme İşlemlerinde:** RFID-yerleştirilmiş temassız akıllı kartlar ödeme işlemlerinde piyasayı fethetmektedir. Akıllı kartlar nakit ödemeye alternatif olarak, hatta onun yerine kullanılmaktadır. Müşterilerine kendi ödeme kartı versiyonlarını sunan şirketlerin sayısı giderek artmaktadır. RFID ödeme ve para kavramlarını yeniden tanımlamıştır. Dünyanın her yerinde temassız akıllı kartlar insanların mal satın alma, ürün ve hizmet için ödeme yapma ve evden alış-veriş yapma şeklini dönüştürmektedir; bunun yanında insanlar artık daha fazla harcama yapmaktadır (Banks ve diğ., 2007).

Yukarıdaki uygulamalar ve diğerleri için hangi RFID etiketinin kullanılacağı büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda hangi etiketlerin hangi uygulamalarda kullanılacağı Tablo 2.17 'de gösterilmiştir (Moreau, 2003).

**Tablo 2.17:** Hangi Uygulama İçin Hangi Teknoloji Kullanılmalıdır?.

Uygulama		Lojistik- Paletler, Navlun, araçlar	Lojistik- Kartonlar, bagaj	Lojistik- ürün seviyesi	İşlem/geçiş	Konumlandırma /yerleştirme	Sahtecilik karşılığı	Araba anahtarları da dahil olmak üzere Güvenli Erişim	Bilet kesme/ magstripe değiştirme
Teknoloji									
Pasif Çipsiz Etiketler	Elektromanyetik			•			•	•	
	Magnetostricitive			•			•		
	LC dizileri		•	•	•	•	•	•	
Pasif Çip Etiketleri	Elektrik ışını (yüksek frekans)	•	•	•	•	•			
	İnduktif (düşük frekans)	•	•		•		•	•	•
Yarı-aktif (çip)	etiketler	•			•	•			
Aktif etiketler (çip)		•				•			

### **2.3. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI**

Günümüz lojistik zincirinin önemli bir halkasını limanlar oluşturmaktadır. Uzak mesafelere büyük miktarlarda yapılacak olan taşımalarda etkin olan gemi taşımacılığının önemli bir payını konteyner taşımacılığı oluşturmaktadır. Bu bağlamda açık yük olarak taşınmakta olan eşyalar konteyner ile taşınmaya başladıktan sonra konteyner limanları gelişim göstermiş ve bir çok liman formasyon değiştirerek konteyner limanı olmuştur. Mevcut konteyner limanları ise artan talep nedeniyle kapasite arttırmış ve maksimum kapasitesini daha etkin kullanabilmek için donanım, teknoloji ve sistem yatırımları yapmıştır ve yapmaya devam etmektedir. Çünkü günümüz ihtiyaçları doğrultusunda tüm sektörlerde olduğu gibi, konteyner limanlarında da Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Erdal, 2008).

Yoğun rekabet ortamında bir konteyner terminali, güvenilirliğini ve rekabetçi gücünü arttırmak için terminal operasyonlarının verimliliğine odaklanmalı; yeni teknolojilerin, otomatik ekipmanların ve bilgi teknolojilerinin etkilerini analiz etmelidir (Choi ve diğ., 2007 ).

Cisco (2004)'e göre limanlarda yapılan pek çok operasyonel ve idari işler ya manuel ve kağıt bazlıdır ya da diğer sistemlerle etkin iletişim kuramayan sistemlere dayanmaktadır ki bu durum gereksiz bilgi yoğunluğu yaratmakta ve verimliliğe engel olan ve sorunlar yaratan bağlantı eksikliklerine yol açmaktadır.

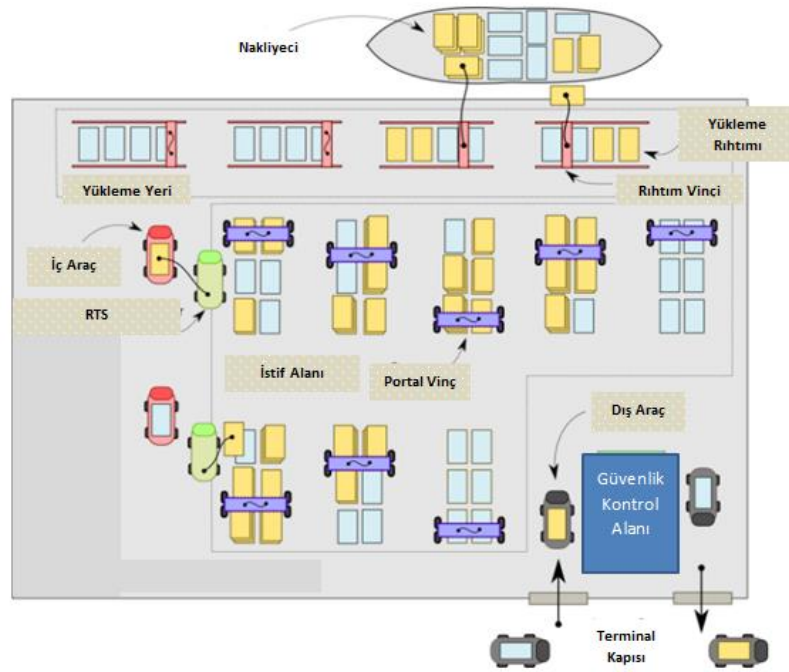
Bu durum tüm dünyada ülkeleri yatırıma zorlayan bir gerçeklik olmakla beraber özellikle ülkemizde bu konuda ciddi problemler yaşanmaktadır. TUSİAD (2007)'e göre limanlarımızda elektronik bilişim sistemlerine acilen yatırım yapılması gerekmektedir.

Verimlilik, etkinlik ve güvenlik adına yeni teknolojiler limanlara adapte edilirken RFID teknolojisi terminal operatörleri açısından her geçen gün daha fazla tercih edilmektedir. Bu noktada RFID, geleceğin limanlarında zorunlu bir teknoloji olarak görülmektedir (Banks ve diğ., 2007).

### 2.3.1. Konteyner Terminaleri Ve Konteyner Taşımacılığı

Bir konteyner terminali, kamyonlar ve yük gemileri vasıtasıyla, konteynerlerin yüklenip boşaltıldığı yerdir. Bir konteyner terminalinin rekabetçi gücünün artmasındaki faktörler: limanın coğrafi özellikleri, konum, hizmet, hinterland, elverişlilik ve masraflarıdır (Choi ve diğ., 2007).

Şekil 1’de bir konteyner terminalinin en temel bölümleri ile birlikte tipik bir yerleşim düzeni gösterilmektedir.



Şekil 2.21: Konteyner Terminalinin Genel Görünümü.

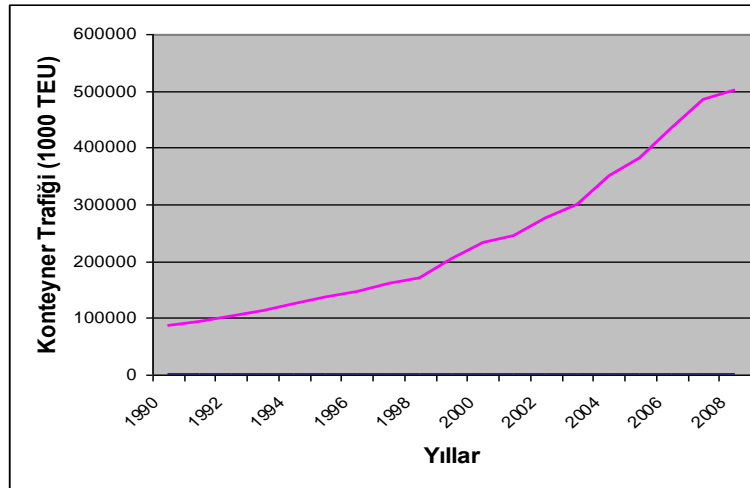
Genellikle, bir konteyner terminali üç farklı alandan oluşmaktadır. Bunlar;

- **Yığın (İstif) Alanı:** Yığın alanı; konteynerlerin gidecekleri yeri bekledikleri alandır. Bu alan farklı yollar üzerinde konumlandırılmış yığın hücre serilerinden oluşmaktadır ve terminal içindeki taşıma işlemlerini kolaylaştırmak için aralarında boşluklar bulunmaktadır.
- **Yükleme/Boşaltma Alanı:** Yükleme yeri, gemilerin yükleme ve boşaltma işlemleri için kullanılan, geçici depolama alanıdır.
- **Terminal Giriş/Çıkış Kapıları:** Dış araçların terminale giriş çıkış yaptıkları kapılardır (Zhang ve Wensheng, 2007).

Ayrıca tüm limanların genel karakteristiği olmasa da yukarıdaki alanlara demir yollarını katabiliriz (Abajo, 2009). Konteyner Taşıma Endüstrisi ve özellikle konteyner taşıyıcıları ve konteyner terminalleri, son on yıllarda en yüksek büyüme gösteren denizcilik alanlarıdır. Tablo 2.18'den ve Şekil 2.22'den de görüleceği üzere 1990-2008 yılları arasında konteyner trafiği 500%'lik bir artış göstermiş ve ortalama olarak yılda 10.5%'luk büyüme yakalamıştır (IAPH, 2010). Bir konteyner, son varış noktasına ulaşırken, pek çok farklı ülke üzerinden geçtiği için bu ülkelerin kanunlarına, gümrük gerekliliklerine ve paydaşlarına tabidir. Konteyner taşımacılığını etkileyen çeşitli aktörler ve faktörler şöyle sıralanabilir; taşımacılar, taşımacı birlikleri, limanlar, devlet memurları, komisyoncular, operatörler, forwarderlar, gemiciler, konsinyeler, gümrükler, ulusal ve uluslararası kurallar, teknik yönlendiriciler (drivers), güvenlik teşvikleri, politikalar vb. (Tsilingiris ve diğ., 2007).

**Tablo 2.18:** 1990-2008 Yılları Arasındaki Dünya Konteyner Trafiki.

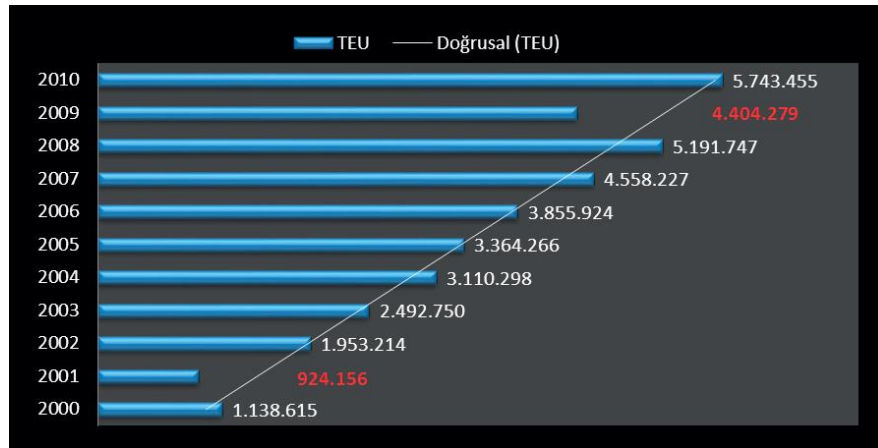
YILLAR	KONTEYNER TRAFİĞİ (1.000 TEU)	YILLAR	KONTEYNER TRAFİĞİ (1.000 TEU)
1990	85.597	2000	231.689
1991	93.646	2001	243.815
1992	102.906	2002	276.553
1993	113.212	2003	299.280
1994	124.964	2004	351.060
1995	137.239	2005	382.622
1996	147.348	2006	433.253
1997	160.721	2007	484.361
1998	169.637	2008	502.388
1999	203.207	<b>TOPLAM</b>	<b>4.543.498</b>



**Şekil 2.22:** 1990-2008 Yılları Arasındaki Dünya Konteyner Trafiki.

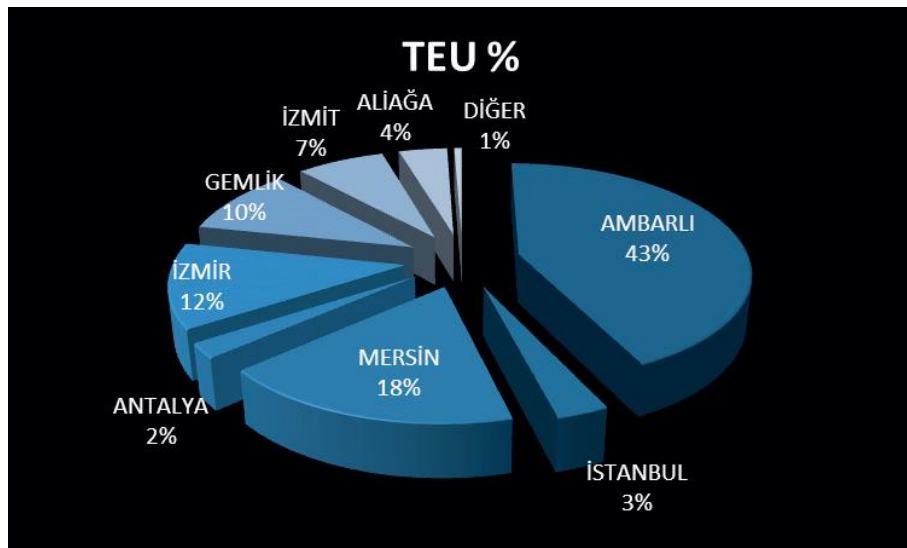
Yukarıdaki istatistiklerden de görüleceği üzere dünyada konteyner taşımacılığı büyüyerek devam etmektedir. Bu bağlamda konteyner limanlarının önemi daha da artacak ve teknolojik yatırımları gerekli kılacaktır.

Dünya istatistiklerinin benzerleri ülkemiz konteyner taşımacılığı açısından da geçerlidir. Şekil 2.23'den de görüldüğü üzere birkaç olağandışı gelişme haricinde Türkiye limanlarında 2000-2010 yılları arasında kabotaj, ithalat, ihracat ve transit konteyner elleçlemeleri (TEU) bazında artış göstermiştir(DTO, 2011).



Şekil 2.23: 2000-2010 Konteyner Elleçlemeleri (TEU).

Ayrıca 2010 yılında gerçekleşen 5.743.455 TEU'luk konteyner elleçleme miktarının Liman Başkanlıkları itibariyle dağılımı Şekil 2.24'de gösterilmiştir (DTO, 2011).



Şekil 2.24: Liman Başkanlıkları İtibariyle Konteyner Elleçlemesi (TEU) (%).



### **2.3.2. Konteyner Terminallerinde Bilgi Teknolojileri (BT) Kullanımı**

Konteyner trafiği hızla artmasına rağmen, konteynerleri idare eden altyapı (ekipman, prosedürler vb. ) aynı ilerleme hızı ile modernize edilmemektedir. Bu durum aşağıda bahsedilen yönetsel problemlere yol açmaktadır;

- Gemiye karaya bağlama esnasında çok fazla bekleme süresi oluşması,
- Yetersiz kalan terminal üretkenliği,
- Terminal kapılarında trafik sıkışıklığı,
- Kontrol prosedürlerinde aşırı zaman kaybı,
- Paydaşlar arasında olması gerekenden az bilgi paylaşımı,
- Koordinasyon problemleri (Tsilingiris, 2007).

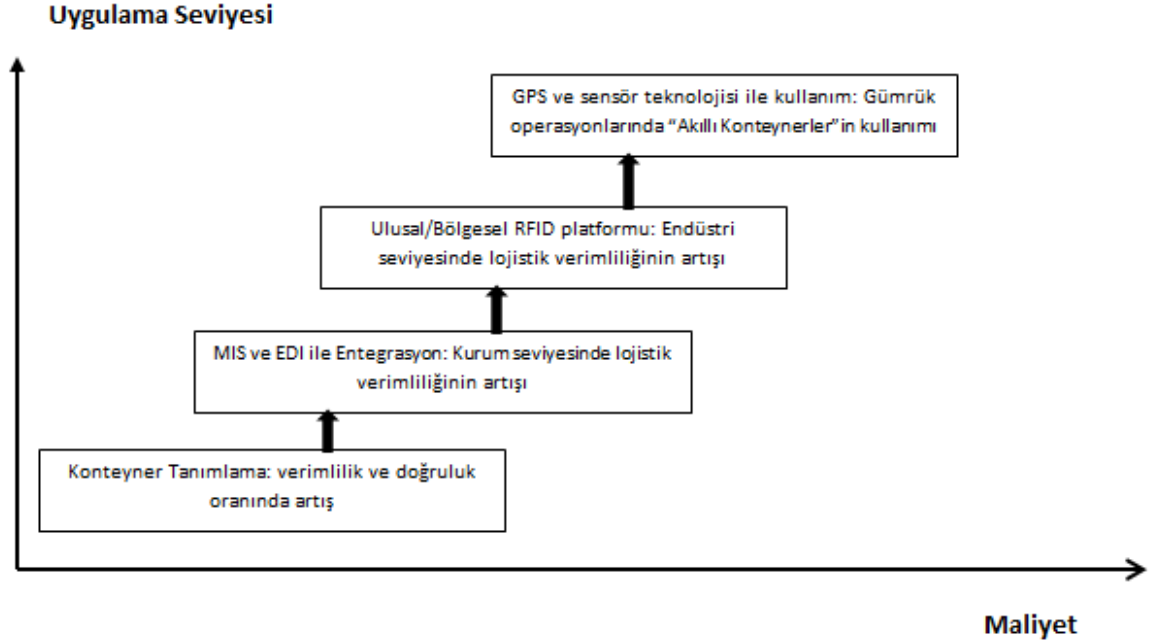
Yükleme, boşaltma, depolama ve kontrol servisleri veren modern terminallerin, rekabetçi kalabilmesi için konteynerlere verimli ve güvenli hizmet vermeleri gerekmektedir. Bunu sağlamak adına limanlar bilgi teknolojileri kullanımına yönelmişlerdir. Erdal (2008)'e göre her iş kolunda olduğu gibi teknolojik olarak desteklenen bir limanda işgücünde azalma, performansta artış, doğru ve hızlı planlama sayesinde daha düşük işletim maliyetleri oluşur.

Panayides (2007)'nin denizcilik sektörü aktörleri üzerinde yaptıkları akademik ankete göre; elektronik veri değişim (EDI) gelişmeleri, izleme ve takip sistemleri ve tedarik zinciri entegrasyon sistemleri denizcilik sektörünün öncelikli olarak ilgilendikleri ve bekledikleri küresel eğilimlerdir.

### **2.3.3. Konteyner Terminallerinde RFID Teknolojisinin Kullanımına Genel Bakış**

Dünya ticaret artışına paralel olarak artan konteyner taşımacılığı ve buna bağlı olarak yaşanan güvenlik gereksinimleri, kapasite problemleri ve süreç otomatizasyon ihtiyacı ile birden çok taşıma türü kullanımındaki yükseliş, tüm aktörler açısından daha verimli planlama ve kontrol gerekliliklerini ortaya çıkarmıştır. Bu konuda gerek sektörel aktörler gerekse de akademik çevreler henüz çok az sayıda da olsa RFID'nin konteyner taşımacılığında kullanımına yönelik çalışma ve araştırmalarını hızlandırmışlardır.

Zhang ve Wensheng (2007)'a göre konteyner taşımacılığı sisteminde RFID etiketi uygulaması her bir aşamada RFID etiketlerinin farklı kullanım derecelerine göre Şekil 2.25'de gösterilen 4 aşamaya bölünebilir.



Şekil 2.25: Konteyner Taşımacılığında RFID Uygulama Aşamaları.

Aşama 1; RFID teknolojisinin temel uygulamasıdır. Bu durumda RFID etiketleri Barkod gibi konvansiyonel teknolojilerin basit bir alternatifidir. Bu seviyede konteyner tanımlama (identifikasyonu) için sistem ile PC'ler arasında bir yazılım ara yüzü oluşturulmalıdır.

Aşama 2; RFID sistemi, kullanıcıların yönetim bilişim sistemlerine entegre edilir ve bu kombinasyonla RFID'nin bazı ek fonksiyonları geliştirilebilir. Örneğin bir konteyner terminalini ele alalım; bu durumda yukarıda değinilen kombinasyonla, depodaki blokların yerleşimi, sahadaki konteynerlerin yerlerinin belirlenmesi vb depolama operasyonları geliştirilebilir.

Aşama 3; konteyner taşımacılığı endüstrisindeki RFID kullanıcılarının entegrasyonunu içermektedir. Limanların, taşıyıcıların ve diğer ilgili aktörlerin yönetim bilişim sistemlerinin bağlanması ile daha güçlü koordinasyon ve bilgi paylaşımı sağlanacaktır.

Aşama 4; en kapsamlı ve gelişmiş uygulamadır. Bu aşamada konteyner taşımacılığını yapan tüm ticari ülkelerin entegre olduğu ve koordine edildiği bir sistem söz konusudur.

Hızla gelişen tedarik zinciri yönetiminde bilgi paylaşımı çok önemlidir. RFID ve diğer yardımcı teknolojilerin kullanımı vasıtasıyla oluşturulacak açık sistemlerin (Aşama 4) geliştirilmesiyle işletmeler bu sisteme entegre olup verimliliklerini arttırabileceklerdir. Özellikle gümrük işlemlerinin performansında ciddi gelişme kaydedilecektir.

Gümrük dışında bu ülkelerin sağlayacağı faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Larsen ve Muller, 2008);

- **Lojistik Süreçlerin Geliştirilmesi:** Konteyner tanımlamanın (identifikasyonu) otomatizasyonu ile liman giriş ve çıkışlarındaki işlemler ve liman içi süreçler hızlanacak ve manuel veri girişlerine bağlı hatalar minimize edilecektir.
- **Konteyner Güvenliğinin Geliştirilmesi:** E-mühürlerin vasıtasıyla olası tehditler hızla ve kolayca tespit edilebilecek ve Amerika'da uygulanması muhtemel kanuni düzenlemeler kolaylıkla karşılanabilecektir.
- **Müşterilere Yönelik Hizmet Kalitesinin Artışı:** Ek teknolojilerin de yardımıyla ulaştırma zincirinin görünürlüğü ve izlenmesi iyileştirilecektir.

RFID'ye ek olarak veya tek başına pek çok teknoloji kombin olarak konteyner taşımacılığında kullanılabilir. Bunlar GPS (Global Positioning System), uydu mesajlaşma, cep telefonları, Bluetooth, UWB (Ultra-Wide Band: Ultra Geniş Band), Wi-Fi (Wireless Fidelity: Kablosuz Bağlantı Alanı), OCR (Optical Character Recognition: Optik Karakter Tanımlama) ve ZigBee (Kısa Mesafe Kablosuz Ağ Standartı)'dir. Bu teknolojilerden en çok kullanım sıklığı olanlarının karşılaştırılması Tablo 2.19 da gösterilmiştir (Yao ve diğ., 2012).

**Tablo 2.19:** Kablosuz Teknolojilerin Karşılaştırılması.

Teknoloji	Veri Hızı	Frekans	Menzil	Pil Ömrü
Bluetooth	0,1-33 Mbps	2,4 GHz	1-10 m	5-10 gün
Zigbee	20-2250 kbps	868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz	1-100 m	1 yıldan fazla
Pasif RFID	868 kbps	860-960 MHz, 13,5 MHz	0.01-3 m	-
Aktif RFID	10 üstü Mbps	433 MHz	0.01-100 m	100 güne kadar

### **2.3.3.1. Akademik Literatür**

Balog ve diğ. (2005)'te bir konteyneri taşıma sürecinin tüm aşamalarında takip etmek ve hırsızlık ve/veya terörizmden kaynaklanabilecek hasarları önleyerek konteynerin güvenliğini sağlamak için kullanılabilir bir takip, onay ve sensör sisteminin kullanılabilirliğini belirtmiştir.

Tsilingiris ve diğ., (2006)'da konteynerlerin güvenlik problemini ele almış ve bu problemin ortadan kaldırılması için RFID'nin (Radyo Frekansıyla Tanımlama) kullanıldığı yenilikçi çözümleri araştırmıştır.

Kalaycı (2007)'de yaptığı çalışmada RFID teknolojisinin kablosuz bilgi sistemlerine dahil edilmesiyle oluşan etkinlik ve verimlilik konuları ile; bu teknolojiye yararlanarak, kablosuz bilgi sistemine ortam farkındalık ve uyarlanabilirlik özelliği sağlamak amacıyla geliştirilen Kablosuz Bilgi Sistemleri için RFID Altyapısı (KABSRA) projesi ve bu altyapıyı bilgi toplama sürecinde kullanan açık kaynak kodlu, özgür yazılım olarak geliştirilen denizcilik belgeleme yazılımı Kumanifest yazılımını anlatmıştır.

Mullen (2005)'te RFID'nin limanlardaki doğrudan faydalarını inceleyerek verilerin doğru ve eksiksiz olarak toplanması ve çalışanların zamanlarının daha iyi değerlendirilmesi vb faydaların üzerinde durmuş ve RFID uygulamalarının başlıca beş alanda kullanılabilirliğini belirtmiştir. Bunlar; giriş kontrolü, konteyner güvenliği, konteyner tanımlama (kimliklendirme) ve lokasyonu, faaliyet takibi ve mevzuata uygunluktur.

Englert ve diğ. (2008)'de yakın gelecekte Long Beach ve Los Angeles limanlarında kullanılabilir RFID tabanlı otomatik konteyner takip ve tanımlama sisteminin güvenlik açıklarını incelemiştir ve etiketlerin güvenliği konusu üzerinde durmuştur.

Tsilingiris ve diğ. (2007)'da konteyner taşımacılığındaki aktörleri ve sektörde RFID kullanımını sağlayacak etmenleri ve bu etmenlerin önündeki engelleri açıklamıştır.

Park (2006) çalışmasında limanlardaki gemi kalış sürelerini kısaltmayı amaçlayan ve RFID ile çalışan Gerçek Zamanlı Lokasyon Sistemi'ni (RTLS) analiz etmiştir.

Chen (2005)'de orijinal bir RFID ve sensor tabanlı konteyner görünürlük ve liman güvenliği izleme sistemi tasarlamıştır.

Dempsey, (2011) yazdığı makalede RFID teknolojisinin limanlarda kullanımına yönelik artış olduğunu ve liman yöneticilerinin özellikle kapılarda ve saha yönetimine yönelik araç takibinde ilgili teknolojiyi tercih ettiklerini belirtmiştir.

Hu ve diğ. (2011) çalışmasında konteyner terminal kapılarında RFID tabanlı kontrol sistemi önerisi yaparak, ilgili sistemin araç bekleme sürelerinde ve park yerlerinin doluluğunda azalma sağlayacağını öngörmüştür.

Bocca ve diğ. (2005) çalışmasında denizyolu taşımacılığındaki güvenlik problemleriyle ilgili yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymuştur. Yazarlar, özellikle konteyner denetim güvenilirliğini arttırmaya yönelik olarak bir model önererek farklı seviyelerde test etmiş ve sistem performansındaki etkilerini ölçümlemişlerdir.

Narsoo ve diğ. (2009) çalışması Port Louis limanı için RFID tabanlı bir konteyner izleme sisteminin uygulaması üzerinedir. Bu çalışma için SWOT Analizi ve anket yapılmıştır ve uluslararası düzeylerde çeşitli RFID sistemleri incelendikten ve karşılaştırıldıktan sonra RFID tabanlı bir çözümün limanda uygulanmasının pozitif yönde önemli etkileri olacağı sonucuna varılmıştır.

Chin ve Wu (2004) çalışmalarında RFID tabanlı e-mühürlerin potansiyel kullanımını irdelemişlerdir.

Chang (2008) araştırmasında RFID'in konteyner terminallerinde kullanımını 4 ana operasyon başlığı altında incelemiştir. Bunlar; elleçleme, lojistik, konteyner giriş kontrol ve gümrük operasyonlarıdır. Ayrıca yazar Uzak doğudaki büyük limanların RFID teknolojisini hangi operasyonlarında kullandıklarını ayrıntılı olarak sunmuştur.

Kim ve diğ. (2006), Kore hükümeti sponsorluğunda gerçekleştirilen araştırmasında terminal konteyner deposundaki operasyonların yönetimi için RFID tabanlı bir iş süreci otomasyon sistemi önermişlerdir.

Cho ve diğ. (2006) çalışmalarında, LITeTag olarak adlandırılan ve bilgi teknolojisi tabanlı liman lojistiği için kullanılacak bir RFID sisteminin tasarım ve uygulamasını sunmuştur. Bu sistem, üç bölümden oluşmaktadır: akıllı etiket, akıllı elektronik

konteyner mührü ve RTLS (gerçek zamanlı konumlama sistemi). Yazarlar, liman yönetimi için yük ve maliyeti düşürmek amacıyla aktif etiketli RFID sistemi önermişlerdir. Temel olarak önerdikleri sistem 433 MHz radyo frekansında çalışmaktadır ve geniş bir iletişim kapsamına sahiptir. Etiketler, konteyner ve paletlere takılmakta ve ISO/IEC18000-7 uluslararası standardına uygunluk göstermektedir.

Barro Torres ve diğ., (2010)'da tüm konteyner sahasını kapsayan bir RFID-tabanlı yönetim sistemi yazılım platformu önermişlerdir. Önerdikleri sistemin; takip, etkin rezervasyon ve araç yönetimi, otomatik yükleme planlaması konularında verimli olduğunu ve hataları azaltıcı etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

Choi ve diğ., (2007) çalışmalarında, kapı girişlerinin verimli yönetilebilmesi için kablosuz iletişim ve dijital araçlara dayalı otomatik ve duraksız bir liman kapı giriş sistemi tasarlamışlardır.

Reiter ve diğ. (2008) çalışmalarında, limanlardaki gümrük denetimlerinin azaltılmasına ve elektronik mühürlere yapılan yatırımların değerlendirilmesine odaklanmıştır. Farklı tiplerdeki e-Mühürlerin güvenlik performansı üzerindeki etkilerini, limanlardaki gümrük denetimlerini de göz önünde bulundurarak ölçümlemişler ve verimlilik açısından ilgili güvenlik aygıtlarına yapılan yatırımların pozitif etkiler yaratacağını ortaya koymuşlardır.

Rizzo ve diğ. (2006) çalışmasında; ticari konteynerlerin güvenliğine odaklanmış ve Avrupa Komisyonu'nun araştırma merkezince geliştirilmiş yenilikçi elektronik mühürleme sistemini incelemiştir.

Choi ve diğ. (2006) çalışmasında; yurt içi ve dışındaki konteyner terminali kapı girişlerinin durumunu ve özelliklerini incelemiştir. Giriş sistemlerini, aşama ve modelleri açısından sınıflandırmıştır. Ayrıca, farklı türlerdeki otomatik ve duraksız kapı girişlerini incelemiş, her bir tür için detaylı bir teknoloji alternatifi önererek, saha çalışmasında kullanılabilecek teknolojileri analiz etmiştir.

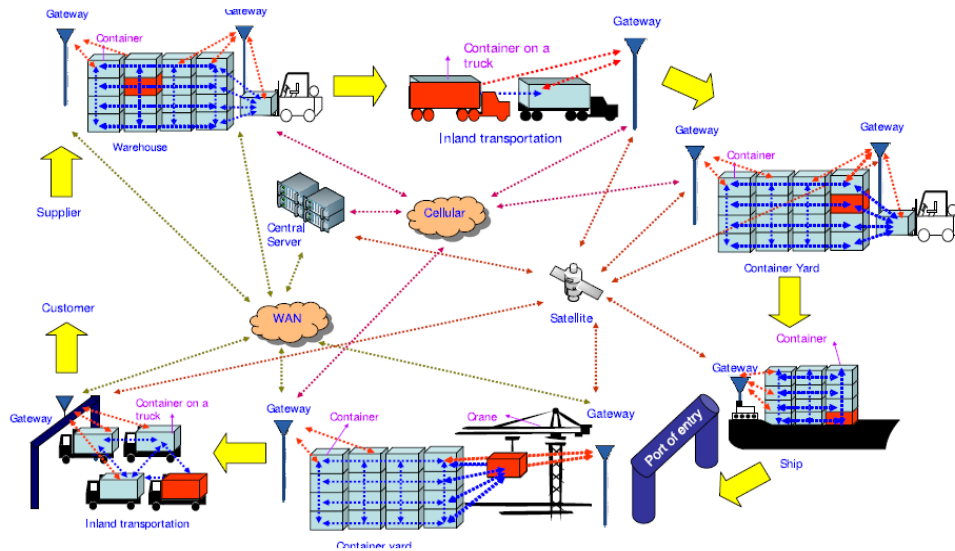
Miragliotta ve diğ. (2007), Kuzey İtalya'da faaliyet gösteren bir limanı baz alarak RFID adaptasyonuna bağlı olarak temel liman aktivitelerindeki performans gelişmelerini 4 senaryo çerçevesinde incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre özellikle kapı girişlerinde ve saha yönetiminde maliyetler açısından RFID'in büyük fayda sağlayacağı

öngörülmüştür. Wang ve diğ. (2006) çalışmasında; Çin’de yürütülmüş bir dizi RFID denemesini ele almıştır. Bunlar arasında özellikle Şangay Limanında konteyner taşıma araçlarının yönetiminde kullanılan RFID tabanlı uygulamayı incelemiş ve RFID teknolojisinin kullanımında Çinli kullanıcıların yaşadığı önemli sorunları ayrıntılı olarak sunmuşlardır.

Yunming ve diğ. (2007) çalışmasında; basit olarak RFID tabanlı konteyner takibine yönelik bir yazılım algoritması tasarlamışlardır. Bu bağlamda, ulusal gümrük takibi merkezi, liman takip merkezi ve araç izleme merkezi ile bütünleştirilmiş bir konteyner izleme altyapısı önerilmiştir.

Kim ve diğ. (2004) çalışmasında genel olarak RFID teknolojisinin konteyner terminallerindeki uygulamalarını incelemiş ve terminalin verimliliğini arttırmanın yollarını araştırmışlardır. Sonuçlara göre; RFID teknolojisi ile önceden toplanan araç ve konteyner bilgileri kullanılarak giriş ve depo alanı operasyonlarında verimlilik açısından iyileştirmeler elde edilebileceğini edilebilmektedir. Ayrıca aynı çalışmada terminal kapı girişlerinde kullanılacak RFID tabanlı sistemler vasıtasıyla işlem zamanlarının azalacağı ve hatasız veri toplanarak verimliliğin artacağı vurgulanmıştır.

Kim ve diğ. (2008) çalışmasında etiketlenilmiş konteynerlerin toplu halde takibini önermiş ve Şekil 2.26’da gösterilen konteyner tabanlı dinamik örgülü ağ yapısını ortaya koymuşlardır.



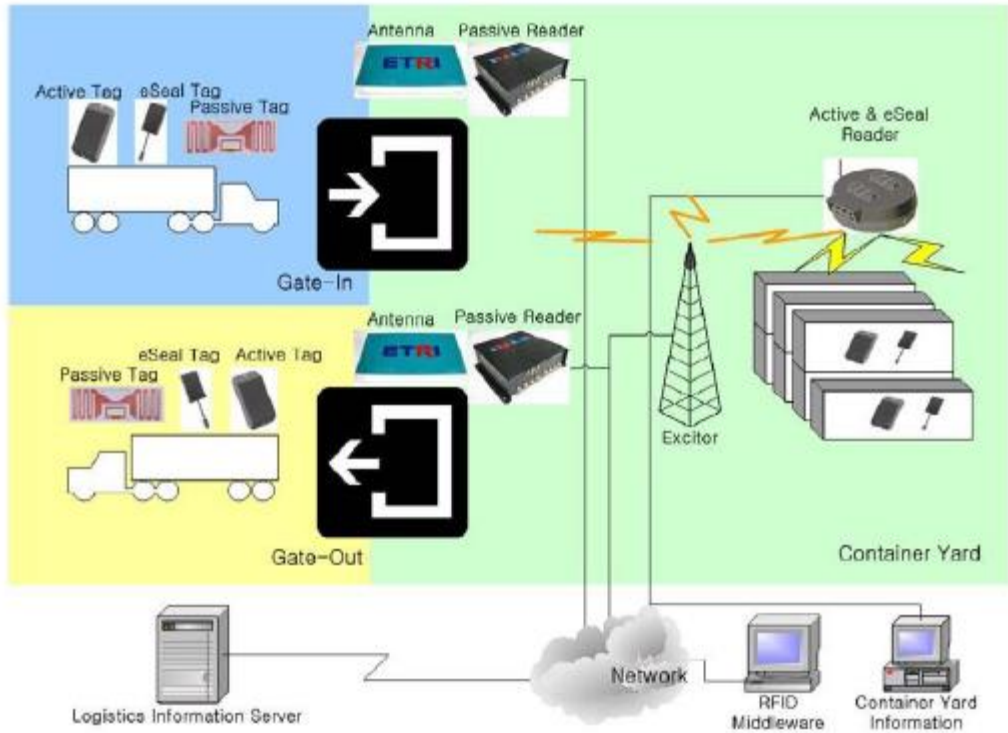
Şekil 2.26: Ağ Tabanlı Konteyner Döngüsü.

Gehrke ve diğ. (2008) çalışmasında; GPS teknolojisi yardımı ile takibi sağlanan akıllı konteyner dizaynı üzerinde durmuş ve Şekil 2.27’de gösterilen prototipi tasarlamışlardır. Dizayn ettikleri akıllı konteyner sensörlerle donatılmıştır ve gerek takip gerekse de güvenlik anlamında gerçek zamanlı bilgi sunmaktadır.



Şekil 2.27: Bremen Üniversitesinde Geliştirilen Akıllı Konteyner Prototipi.

Park ve diğ. (2006) çalışmalarında RFID tabanlı e-seal ve etiket kullanımıyla terminal kapılarında, istif ve yükleme/boşaltma sahalarında takip ve güvenliğin artırılması yönünde Şekil 2.28’de gösterilen yönetim sistemini önermişlerdir.



Şekil 2.28: Konteyner Sahası Yönetim Sistemi Önerisi.



Ting ve diğ. (2012) çalışmasında RFID tabanlı olarak limanda bulunan iç ve dış tüm araçların takibine yönelik olarak liman yetkililerinin denetiminde test çalışmaları yaparak RFID 'in güvenilirliğini incelemişler ve limanda kullanımını uygun bulan sonuçlar ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada araştırmacılar; uzaklık, penetrasyon, hız ve iki etiket arasındaki mesafe olarak 4 parametrenin test edilmesi üzerinde durmuşlardır. Özellikle konteyner sahasında okunurluğun yüksek olduğunu tespit etmişler lakin rıhtım tarafındaki sonuçların geliştirilmesi gerektiği üzerinde durmuşlar ve araçların yer bilgilerinin gerçek zamanlı tespitiyle liman hizmetlerinin optimizasyonunda artış olacağını öngörmüşlerdir.

Dempsey (2011) çalışmasında limanlardaki RFID uygulamalarını 4 başlıkta incelemiştir. Bunlar, varlık görüntüleme, güvenlik, süreç otomatizasyonu ve emniyet'tir.

Shi ve diğ. (2011) konteyner lojistiğinde RFID teknolojisinin kullanımını analiz etmiş ve ilgili sektörde bulunan paydaşlara düşen görevlere yönelik çözüm önerileri sunmuştur.

Louis (2007), RFID ile konteyner takibi ve güvenlik konusunu irdeleyerek, ilgili teknolojinin konteyner taşımacılığında kullanımının henüz çok yeni olduğunu ve tüm aktörlerin geniş ölçekli olarak kullanıma geçilmesiyle güvenlik ve tedarik zinciri performansı konularında verimliliğin büyük oranda artacağını ileri sürmüştür.

Anupama ve diğ. (2011), konteyner terminallerinin otomatizasyonunda kullanılan OCR, RFID ve GPS teknolojilerini inceleyerek liman verimliliğine etkilerini karşılaştırmıştır. Yukarıda sıralanan akademik çalışmaların özeti Tablo 2,20'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.20:** Konteyner Terminallerinde RFID Teknolojisinin Kullanımı Literatürü Özeti.

<b>Yazarlar</b>	<b>Odaklanılan Konu</b>
Balog ve diğ. (2005)	Konteyner Takibi ve Güvenliği
Tsilingiris ve diğ.(2006)	Konteyner Güvenliği
Kalaycı (2007)	RFID ile Denizcilik Belgeleme Yazılımı
Mullen (2005)	Genel İnceleme ve Faydaları
Englert ve diğ. (2008)	Long Beach ve Los Angeles limanlarında RFID kullanımı
Tsilingiris ve diğ. (2007)	Genel İnceleme ve Faydaları

Park (2006)	RFID Tabanlı RTLS
Chen (2005)	Konteyner Takibi ve Liman Güvenliği
Dempsey (2011)	Taşıyıcı Araç Takibi
Hu ve diğ. (2011)	RFID Tabanlı Kapı Kontrolü
Bocca ve diğ. (2005)	Konteyner Güvenliği
Narsoo ve diğ. (2009)	Port Louis limanında RFID kullanımını için SWOT Analizi
Chin ve Wu (2004)	RFID tabanlı E-Mühür
Chang (2008)	Genel İnceleme ve Faydaları
Kim ve diğ. (2006)	RFID Tabanlı konteyner deposu yönetimi
Cho ve diğ. (2006)	Liman genelinde uygulanacak RFID tabanlı sistem tasarımı
Barro Torres ve diğ. (2010)	RFID Tabanlı terminal sahası yönetimi
Choi ve diğ. (2007)	RFID tabanlı kapı geçiş sistemi
Reiter ve diğ. (2008)	RFID tabanlı E-Mühürlerin gümrüklerde kullanılması
Rizzo ve diğ. (2006)	Konteyner Güvenliği
Choi ve diğ. (2006)	Terminal kapı giriş sistemleri
Miragliotta ve diğ. (2007)	Terminal kapı girişlerinde ve saha yönetiminde RFID kullanımının faydaları
Wang ve diğ. (2006)	Şangay limanında RFID kullanımı
Yunming ve diğ. (2007)	RFID tabanlı konteyner takibi
Kim ve diğ. (2004)	Genel İnceleme ve Faydaları
Kim ve diğ. (2008)	RFID tabanlı konteyner takibi
Gehrke ve diğ. (2008)	RFID ve GPS tabanlı akıllı konteyner tasarımı
Park ve diğ. (2006)	RFID tabanlı terminal sistemi
Ting ve diğ. (2012)	RFID tabanlı araç takibi
Dempsey (2011)	Genel İnceleme ve Faydaları
Shi ve diğ. (2011)	Konteyner taşımacılığındaki aktörler ve RFID Teknolojisi
Louis (2007)	Konteyner Takibi ve Güvenliği
Anupama ve diğ. (2011)	Terminalde kullanımları açısından OCR, RFID ve GPS teknolojilerinin karşılaştırılması

### 2.3.4. Konteyner Terminallerinde RFID Teknolojisinin Kullanım Alanları

Etkin tedarik zinciri yönetiminin öneminin hızla anlaşıldığı günümüz dünyasında, limanların ve özelinde konteyner terminallerinin performansı büyük önem taşımaktadır. Bu önem, zincirin en hayati halkalarından birisi olan konteyner terminallerini bilişim teknolojilerini kullanarak verimliliğini artırmaya zorlamaktadır. Bu amaca yönelik olarak limanlar pek çok teknoloji ile beraber RFID teknolojisine de büyük ilgi göstermeye başlamıştır.

Radyo frekansı yardımı ile nesnelere ve canlıları tanımlamaya yarayan RFID teknolojisi; araç, ekipman, yük ve insan bazlı olarak otomatik ve doğru olarak veri toplayabilen bir teknoloji olması sebebiyle liman aktivitelerinin tamamında fayda sağlayabilmektedir. Takdir edileceği üzere limana giriş ve çıkış yapan binlerce konteynerin ve ekipmanın kontrolü ve takibi teknolojik yardım olmadan çok zordur ve hatalara açıktır.

Sonraki bölümlerde ayrıntıları ile anlatılan uygulama alanları vasıtasıyla bu faydalar sadece terminal özelinde olmayıp tedarik zincirinin tüm üyelerine yansımaktadır. Bu ortak paydanın daha etkin olarak gerçekleştirilmesi şüphesiz ki zincirin diğer üyeleri (gemi sahipleri, nakliyatçı vb) ile koordinasyonu gerekli kılmaktadır.

Seksenlerin ortalarından beri taşımacılık ve üretim sektöründe başarıyla uygulanmakta olan RFID teknolojisinin sağladığı faydalar görülüp, maliyetler de azalmaya başladıkça kullanımı yaygınlaşacaktır. Singapur, Rotterdam, Busan, Los Angeles vb lider limanlar RFID teknolojisini kullandıkları projeler üretmekte ve hızla kendilerine ilgili teknolojiyi adapte etmektedir (Seymour ve diğ., 2007).

RFID teknolojisi; görüş mesafesinde olma zorunluluğu gerektirmeden, uzun okuma menzili ve tek seferde pek çok farklı etiketin okunabilir olması sebepleri ile liman operatörlerine avantaj sağlamaktadır. Ayrıca yeterli veri kapasitesi, dinamik veri yazılabilme, hareketli objelerle de kullanılabilir olması, zor çevresel koşullara dayanıklı yapısı ve hızlı/doğru okuma oranları sebepleriyle de tercih edilmektedir (Abajo, 2009).

Terminallerde RFID sisteminin kurulabilmesi için aşağıdaki ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır (Shi ve diğ., 2011);

RFID Etiketleri: Aktif ve pasif olmak üzere terminal süreçlerindeki her bir nesne ve insana eklenebilmektedir. Her bir etiketin kendine özgü tekil bir kodu vardır. Tüm

bilgiler bu tekil kodla ilişkilendirilir. Aktif etiketler genellikle 433 MHz frekanslıdır. Pasif etiketler ise 900 MHz frekanslıdır. Pasif etiketler genelde taşıma araçları için kullanılırken, aktif etiketler konteynerler için daha sık tercih edilmektedir.

Burada tekrar belirtilmelidir ki; farklı ülkelerde farklı frekans genişlikleri kullanılabilir. Bu aralıklar ülke kanunları ile belirlenmektedir. Örneğin Avrupa’da bu ip süreçlerde kullanılan yasal frekans 868 MHz iken Amerika’da bu 915 MHz’dir. Bu standartizasyon farkından kaynaklanan sorunlar henüz çözümlenmemiştir (Thomas, 2009).

Konteynerler üzerinde E-seal’e bağlı olarak çalışacaklarsa kapı koluna, araç için kullanılacaksa araç ön camının sağ veya sol üst köşesine, mühür ile bağlantısı olmadan kullanılacaksa da konteynerin herhangi bir bölgesine (iç ve dış dahil) takılabilmektedir.

Konteyner üzerine konan aktif etiketler ISO 17363’e göre üretilmektedir ve defalarca yazım yapılabilir. Anlaşmaya göre yükü taşıyan, acente veya liman tarafından konteynere eklenebilir. Pili olduğu için zaman içinde değiştirilmeye ihtiyaç duymaktadır. 60 günlük bir süreçte ortalama 20 defa okunabilecek kadar pil ömrü vardır. Piliin çabuk tükenmemesi için belli aralıklarla uyku moduna geçmektedir.

Yine konteyner için kullanılan lakin veri kapasitesi çok düşük olan ve sadece konteyner kimlik bilgisini ve maksimum ağırlık bilgisini taşıyan pasif etiketler ise ISO 10374.2 standartlarında üretilmekte ve içindeki veri değiştirilememektedir. Bu tip etiketler 860-960 MHz frekanslarında çalışmaktadır (Şekil 2.29).



**Şekil 2.29:** Etiketlendirilmiş Konteyner Örneği.

Etiketlerin veri kapasitelerine ve hangi objeye konacağına bağlı olmakla beraber üzerlerinde konteyner numarası, konteynerin konum bilgileri, konteynerin ağırlığı, yük türü, tehlikeli madde bilgileri, mühür kontrol bilgisi, hasar tespit bilgisi, boş konteyner tespit sonuçları, taşıyıcı araç bilgileri, taşıyıcı araç şoför bilgileri, taşıyıcı araç konum bilgileri konteyner elleçleme ekipmanı (vinç, iç kamyon, vagon, forklift vb.) vb bilgileri taşıyabilmektedirler (Abajo, 2009).

RFID Okuyuculu Portatif PC: Sahada etiketlerin okunması, kitlenmesi ve veri girişi yapılabilmesi için gereklidir.

Masaüstü RFID Okuyucusu: Etiketlere ofis ortamında veri girişi ve okumasına yönelik kullanılır.

Kontrol Noktalarındaki Okuyucular: Etiketlenen objelere ait bilgilerin okunmasına yönelik olarak kapı, terminal sahası, depo vb bölgelere yerleştirilir. Aktif ve pasif olarak ikiye ayrılmaktadır. UHF (Ultra High Frequency) ve MF (Microwave Frequency) okuyucular en sık kullanılanlarıdır. Kapı girişine konmuş okuyucular Şekil 2.30'da daire içinde gösterilmiştir (Hu ve diğ., 2011).



**Şekil 2.30:** Kapı Girişine Konmuş Okuyucular.

Konteyner terminallerinde RFID kullanımı temel olarak 3 obje üzerinden yapılır. Bunlar;

- Konteynerler,
- Yükleme-Boşaltma ve Taşıma İşlemlerinde Kullanılan Ekipman ve Araçlar (Liman içi ve dışı),
- Süreçte görevli insanlar'dır.

Pasif ve/veya aktif etiketler bu objelere konularak temelde birbiriyle iç içe düşünülebilecek 2 hedef amaçlanır. Bunlar;

- Kimliklendirme (Tespit) ve Takip,
- Güvenlik (Yük ve liman bazında)

olarak özetlenebilir.

Tsilingiris ve diğ. (2007)'e göre konteyner takibinin 3 temel amacı hatasız ve hızlı olarak;

- Konteyner kimlik (ID) tespitinin yapılması,
- Mühür kontrolü.
- Hasar kontrolü'dür.

Konteyner kimlik (ID) tespiti, en basit ifadeyle; konteyner üzerinde bulunan ve Şekil 2.31'de gösterilip açıklanan işaretlerin hatasız olarak okunmasıdır. Bu zorunlu bilgilerin dışında konteynerde Şekil 2.32'de ve Şekil 2.33'de örnekleri gösterilen pek çok zorunlu tanımlama işaretleri de mevcuttur (Cho ve Choi, 2006).



**Şekil 2.31:** Konteyner Kimlik Tanımlama Bilgileri.

MGW	24.000 kg 52.910 lb	MAX. GROSS	30.480 KGS. 67.200 LBS.	CAUTION 9'6" HIGH
TARE	2.250 kg 4.960 lb	TARE	3.720 KGS. 8.200 LBS.	
NET	21.750 kg 47.950 lb	NET	26.760 KGS. 59.000 LBS.	
CUBE	33.5 m <sup>3</sup> 1.181 cft	CU. CAP.	67.8 CU.M. 2.394 CU.FT.	

20'lik konteyner levhası

40'lik konteyner levhası

Şekil 2.32: Konteyner Zorunlu İşletme ve Yükseklik İşaretleri.



Şekil 2.33: Konteyner Tehlikeli Yük İşaretleri İşaretleri.

Kimlik tespiti yapılacak her konteynerin numarası terminalin kullanmış olduğu sisteme bağlı olarak el terminalleri ile veya daha önceden hazırlanmış tahliye listeleri ile kontrol edilir. Yapılan kontrollerde konteyner numarası sistemdeki numarayla eşleşmezse, durum konteyner acentesine bildirilir ve acentenin onayı olmadan konteyner tahliye edilmez. Konteyner üzerindeki numara Şekil 2.34'teki gibidir.



Şekil 2.34: Konteyner Numaraları.

Konteyner tipi ve türü doğrudan liman tarifesi ile ilgili olduğu için mutlaka doğru tespit edilmelidir. Farklı tespitten dolayı meydana gelebilecek herhangi bir faturalama farkı müşteri memnuniyetsizliği yaratabilmekte, ilave fatura veya iade fatura kesilmesi gerekebilmektedir (Erdal, 2008).

Genellikle konteyner kimlik kontrolü çalışanlar tarafından görsel olarak yapılmaktadır. Ayrıca bazen de yine çalışanlar tarafından video kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Sonuçta her durumda insan müdahalesi olmaktadır. Tüm bu uygulamalar dışında yine hataya eğilimli olan OCR sistemleri de konteyner kimlik tespitinde kullanılabilir.

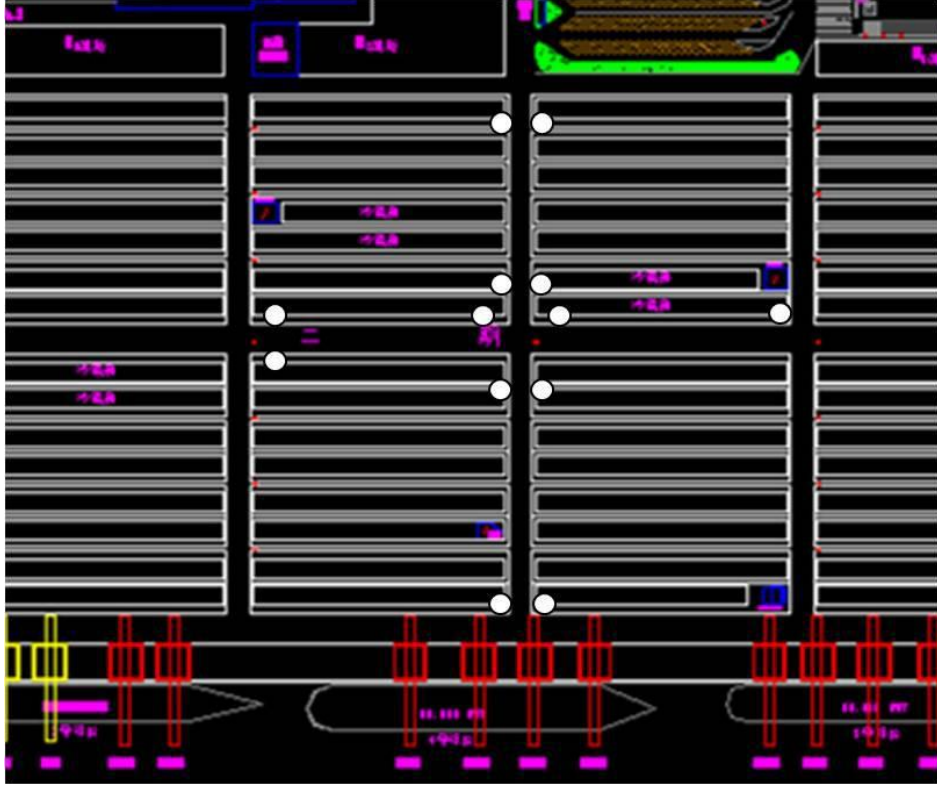
Artık günümüzde, liman içi ve dışında kurulmuş olan okuyucuların yardımıyla konteynere eklenmiş aktif veya pasif etiketlerin içindeki kimlik verileri hatasız ve otomatik olarak okunabilmekte ve okunan bilgi, bir kablosuz LAN (Local Area Network: Yerel Alan Ağı) aracılığıyla konteynerin kimliğini, konumunu vb otomatik olarak sisteme bildirebilmektedir.

Konteynere konacak etiketin türüne (aktif, GPS'li, sensörlü, uydu iletişimli vb) göre sürekli olarak konteynerin konumu, içeriği, alıcı, gönderen, varış limanı vb bilgiler takip edilerek raporlanabilmektedir.

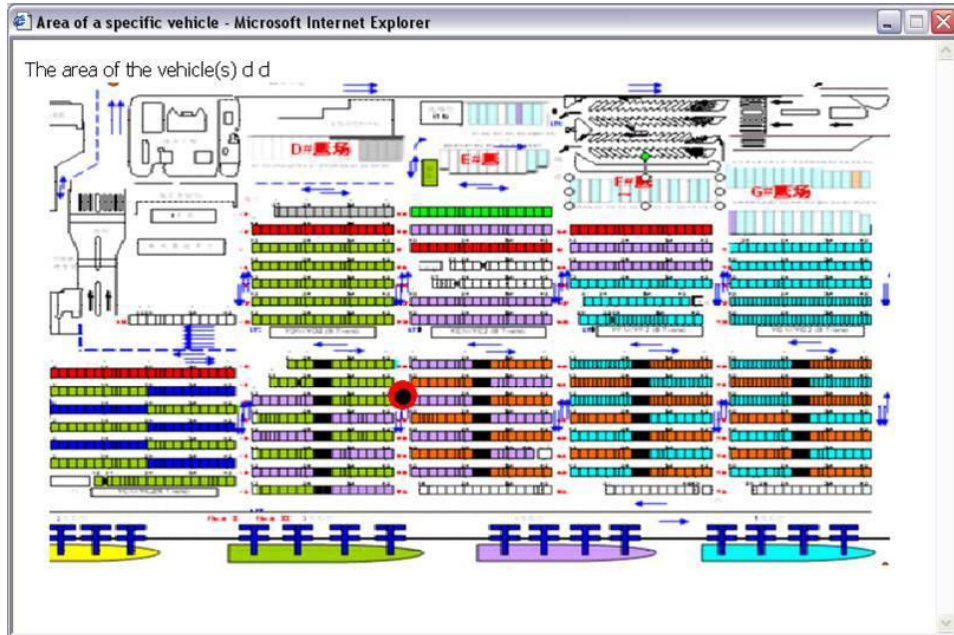
Filo ve terminal saha yönetimi operasyonlarında, vinç, traktör ve diğer ekipmanları RFID ile etiketlemek gittikçe yaygınlaşmaktadır. Terminal içi alanlara, kapılara ve diğer giriş noktalarına yerleştirilen okuyucular sayesinde, hangi kamyon veya konteynerlerin, hangi zaman dilimlerinde giriş çıkış yaptıklarını çok net olarak belirlemek mümkündür. Araç ve ekipmanların konumlarını RFID okuyucular ile kayıt etmek verinin kalitesini iyileştirmekte ve böylece bütün operasyonların verimliliklerini arttırmaktadır.

Özellikle acil durumların ekrandan gözlemlenebilmesi reaksiyon zamanını azaltmaktadır. Tüm bunların yanı sıra etiketlenen objelerin birbiri ile eşleştirilmesi vasıtasıyla doğru insanın doğru aracı kullanması ve/veya doğru aracın doğru konteynerleri taşıması sağlanarak tedarik zincirinin güvenliği artırılabilir. Şekil 2.35'de etiketlenmiş konteynerlerin liman operatörlerine yerini gösteren ekran ara yüzü örneği gösterilmiştir. Şekil 2.36'da ise taşıyıcı araç ve ekipmanların konumunu gösteren ekran ara yüzü örneği bulunmaktadır (Ting ve diğ., 2012).



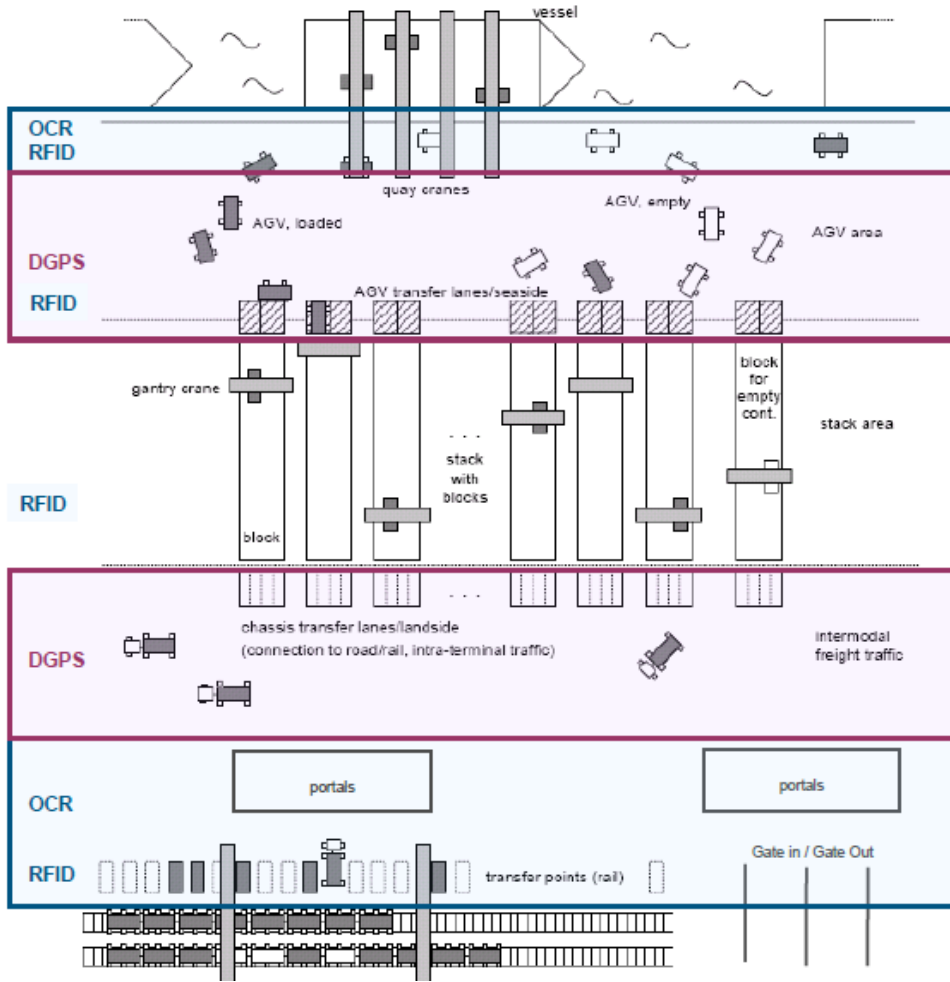


Şekil 2.35: Terminal Sahasındaki Etiketli Konteynerleri Gösteren Ekran Ara Yüzü.



Şekil 2.36: Terminal Sahasındaki Etiketli Araçları Gösteren Ekran Ara Yüzü.

Ayrıca terminallerin güvenliğini sağlamak amacıyla, belirli alanlarda sadece yetkili personellerin bulunmasını sağlamak önemlidir. Bu noktada, personel için akıllı RFID kimlik kartlarının kullanımı, bu güvenliğini sağlamada önemli bir araç olarak kullanılabilir. Temassız akıllı kartlar ile sadece giriş bilgileri (vardiya, iş tanımı, izin verilen araçlar vb.) değil ek olarak fotoğraf gibi biyometrik bilgiler de saklanabilmektedir. Güvenlik noktalarında kartın içindeki fotoğraf bilgisi sayesinde sahtekarlık teşebbüsleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Tenha giriş noktalarında, kapalı devre televizyonlar (CCTV) personel ile kartta mevcut bulunan çalışanın resmini eşleştirerek kontrol yapabilmektedir. Resim, kartın üzerindeki veriden alınıp güvenlik istasyonuna iletebilmekte veya tekel seri numarası ile ilgili resme firma veri tabanından ulaşabilmektedir (Mullen, 2005). Bu bilgiler bağlamında tüm sahalarında RFID kullanılan bir terminalin şematik gösterimi Şekil 2.37’dir (Abajo,2009).



Şekil 2.37: RFID Kullanılan Konteyner Terminalinin Şematik Gösterimi.

### ***2.3.4.1. Konteyner Güvenliği Ve Konteyner Güvenliğinde RFID Teknolojisinin Kullanımı***

Dünya kargo hareketlerinin %90'ının konteynerler ile taşındığı ve bu hacmin dünya ekonomisinin temelini oluşturduğu bilinmektedir. Buna bağlı olarak son zamanlardaki başlıca terör olaylarının da bu ekonomik faaliyetlerin tahrip edilmesine yönelik olduğu anlaşılmaktadır. 11 Eylülün havalimanlarında düşündürdüğü riskler, deniz limanları için de geçerlidir (Bocca ve diğ., 2005).

Her yıl dünyada milyonlarca konteyner dolaşımdadır ve takriben 220 limanda 250 milyon konteyner hareket halindedir. Tüm bu hacmin sadece %2'si güvenlik incelemesine tabi tutulurken, boş konteynerlerde bu oran da tutturulamamaktadır. Bu hacimde bir ticarete yönelebilecek terör eylemleri tüm limanları sekteye uğratabilir. Terör tehdidinin yanı sıra yüke yönelik hırsızlık teşebbüsleri ve kaçakçılık aktiviteleri de ticareti tehdit etmektedir. Bu bağlamda hava ve deniz limanlarının güvenlik ihtiyacının önemi tüm dünya devletleri tarafından paylaşılmaktadır (Narsoo ve Sunhaloo, 2009).

Bilhassa deniz yoluyla giden konteynerler aşağıdaki illegal faaliyetlere maruz kalabilmektedir;

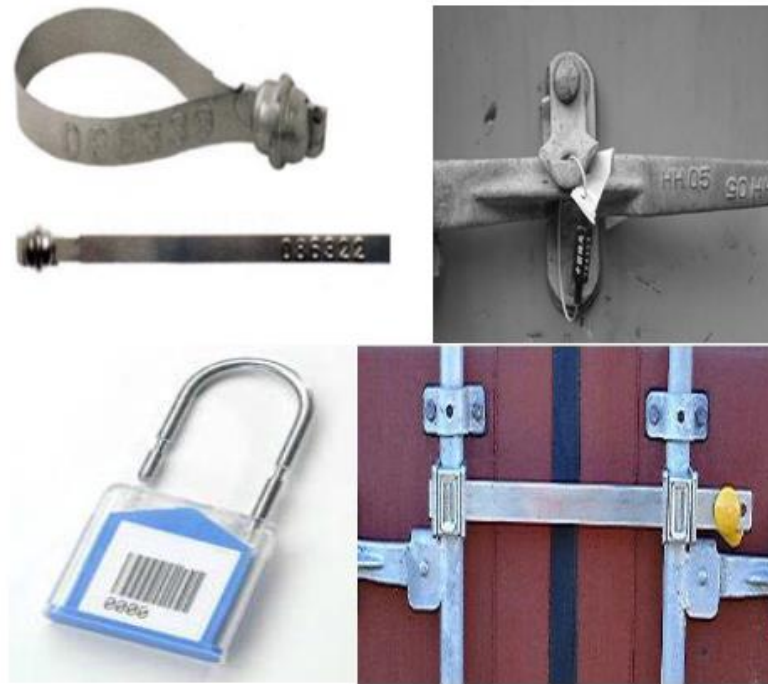
- Nükleer silah, radyoaktif madde ve konvansiyonel silah kaçakçılığı,
  - İlaç kaçakçılığı,
  - İnsan kaçakçılığı,
  - Konteynerlere nükleer, radyoaktif, kimyasal ve biyolojik madde bulaştırmak,
  - Konteyner hırsızlığı (korsanlık),
  - Konteyner içeriğine yönelik hırsızlık,
  - Tehlikeli madde içeren konteynerlere zarar verme (patlatma veya sızdırtma) vb.
- (Tsilingiris ve diğ., 2006)

Son yıllarda konteyner taşıma güvenliğini arttırmaya yönelik olarak önemli girişimler ve düzenlemeler yapılmaktadır. Bunların başında eskiden beri kullanılan mühür (seal) kullanımını geliştirme çalışmaları gelmektedir. Bilindiği üzere mühür konteynerin tek veya her bir kapısına takılan ve içeriye girişi engelleyen ekipmandır. Bu mühür aynı zamanda mührün kendisinin de değiştirilmediğinin kanıtı olan bir yapıya sahiptir yani

kendi kimliğini taşıyan özelliktedir. Bu mühürlerin kırılması ve değiştirilmesi durumları göz kontrolleriyle sağlanmaktadır. Pek çok mühür türü olmakla beraber mühür türleri genel olarak 2'ye ayrılır. Bunlar;

Mekanik Mühürler: Bu mühürler plastikten çeliğe kadar değişik malzemeler kullanılabilen konvansiyonel aparatlardır ve farklı kalınlıklara sahiptir. Bu mühürlerin kimliği mührün kendi üzerine özel bir kimlik numarası olarak işlenmiştir ve görsel olarak tespit edilir (Rizzo ve diğ., 2011).

Geleneksel mühürler tahrifat yapıldığını ispatlıyor olsalar da manuel denetim şarttır bu sebeple denetimin yapıldığı ana kadar zaman kaybı yaşanacaktır (Mullen, 2005). Bu mühürlerin fiziksel yapısındaki değişim (kırık, kopuk vb) ve yazılı belgelerde görünen ID numarasından farklı bir ID numarasına sahip olması (mühür sağlam olsa bile) konteynere izinsiz giriş yapıldığını göstermektedir (WORLDBANK, 2012). Bu mühürlere, illegal girişimin zamanını, yerini ve kimin tarafından yapıldığını tespit etmek çok zordur. Mekanik mühürlerin sıklıkla kullanılması, ucuz ve kullan-at niteliklerine sahip olması sebebiyledir (Werner ve diğ., 2007). Şekil 2.38'de klasik mühür örnekleri gösterilmiştir (Rizzo ve diğ., 2011).



**Şekil 2.38:** Mekanik Mühür Çeşitleri.

Akıllı Mühürler: Bu mühür grubu mekanik mühürlerin dışında işlevsel olarak kapsamlı ve kullanıcıya zeki formda özellikler sunan mühürlerdir. Bu tür mühürler kullanıcıya statüleri hakkında bilgi sunabilir ve denetim işlemlerini kolaylaştırır. Mühürler, bu işlemleri, yapısında ihtiva ettiği farklı teknolojilerin (basınç sensörü, ısı ayrışım, elektronik imza, hologram, RFID vb) yardımı ile sağlamaktadır. Yük güvenliğinin sağlanması bağlamında RFID teknolojisinin temel uygulaması “E-Mühür”lerdir (Englert, 2007).

Yukarıda belirtilen teknolojiler arasında akıllı mühürler içinde en sık kullanılanı RFID etiketli olanlardır. RFID’li e-mühürler; aktif veya pasif olabilirler (Rizzo ve diğ., 2011).

E-mühürler , ISO 18185-1 ve ISO 18585-5 (Yük Konteynerleri – Elektronik Konteyner Mühürleri Standartları) standartlarında üretilirler. Genelde 433 MHz-2.4 GHz frekanslarında çalışırlar (Thomas, 2009).

Etiketler spesifik ID numarasına sahiptir ve taklit edilemez ve değiştirilemezler. Pasif etiketler 2-3 metrelik mesafeden okunabilirken, aktiflerde okuma mesafesi 100 metreye kadar çıkabilmektedir. En basit çeşidi yalnızca ID mühür numarasına sahiptir. Bu tiplerinde en çok kullanılan etiket türü pasiftir. Daha kompleks yapıdakiler herhangi bir acil durumda çağrı yayan yapıdaki aktif etiketlerden oluşmaktadır.

Akıllı mühürler açıldığında veya yetkisiz giriş yapıldığında sinyal verirler. Konteyner varış yerine geldiğinde yetkili personel, okuyucu vasıtasıyla RFID etiketindeki bilgiyi okutur ve yükü tespit eder. Hatta varıştan önce liman ve gümrük yetkililerine durum bilgisini GPS yardımıyla iletebilirler (Chung, 2005).

Klasik yapıdaki e-mühürler yalnızca yetkisiz giriş teşebbüslerinde kanıt sağlayacak yapıdadır. Güvenliği efektif olarak sağlayan türleri belli bir coğrafyada yeri sürekli kayıtlanan ve gözlemlenebilen mühürlerdir (Englert, 2007).

E-mühürlü akıllı konteyner kullanan firmaların şu an “Green Lane (Güvenli Şerit)” olarak adlandırılan bir avantaja sahiptir. Bu avantaj ile konteynerlere, gümrükte herhangi bir kontrole tabi tutulmadan geçiş yaptırılmaktadır. Bu tip bir uygulama ile gümrükte geçen zaman azaltılmakta, tüm lojistik süreçler yüksek seviyede güvenlikle yürütülmektedir. Böylece lojistik maliyetler azalmakta, envanter depolama maliyetleri düşmekte ve müşteri hizmet kalitesi artmaktadır.

RFID'li e-mühürler sadece güvenliğe yönelik olarak değil takip ve konumlandırmaya yönelik olarak ta kullanılabilirler. Çünkü kullanılan etiketin veri kapasitesine bağlı olarak, konteynere ait bilgileri (konteyner numarası, yük türü vb) ihtiva edebilmektedir. Şekil 2.39'da E-mühür örneği gösterilmiştir (Rizzo ve diğ., 2011).



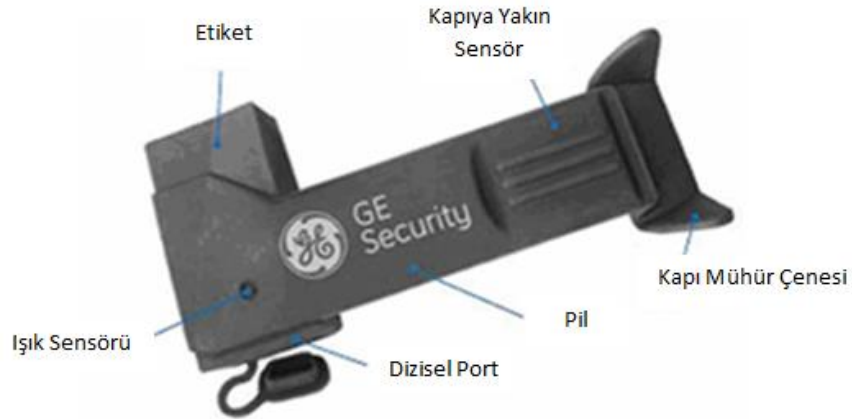
Şekil 2.39: Elektronik Mühür Örneği.

Bunların dışında bu mühürler çevresel koşulları kontrol edecek sensörler ile donatılabilir (Englert ve diğ., 2007). RFID teknolojisiyle beraber kullanıma elverişli olan sensörlerin ölçümlendiği parametreler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir (Tsilingiris ve diğ., 2006);

- Nem: Sensörler standart nem verisi haricinde oluşabilecek nem değerlerinde uyarı sinyalini tetiklerler. Bu durum konteyner içinden veya dışından kaynaklanan sızıntılarda oluşabilir. Ayrıca konteyner içinde kaçak insan bulunması durumunda da devreye girer.
- Işık: İçeride değişebilecek ışık miktarı (kapının açılması vb nedenlerle) değerlerinde uyarı sinyalini tetiklerler.
- Sıcaklık: değişen sıcaklık değerlerine göre konteynerin açılıp açılmadığı , içerisinde kimyasal reaksiyon ve alevlenme olup olmadığı tespit edilebilir.

- Hava Basıncı: Hava basıncındaki değişim ısı ile alakalıdır. Bu doğrultuda konteyner eğer hava geçirmez özellikte ise oluşabilecek değişik değerlere bağlı olarak konteynerin açıldığı veya zarara uğratıldığı tespit edilebilmektedir.
- Titreşim: titreşimlerin ölçülmesi vasıtasıyla konteyner içindeki mekanik hareketler tespit edilebilmektedir.
- Ses: Konteyner içindeki olası insan konuşmaları veya makine çalışması tespit edilebilmektedir.
- Kimyasal Ajanlar: Kimyasal ürünlere duyarlı sensörler patlayıcıları, toksinleri ve hatta nükleer veya radyoaktif materyalleri tespit edebilirler.
- Konum: GPS sistemleri konteynerlerin konum takibini sağlamaktadır.
- Hareket: Harekete duyarlı sensörler konteyner içindeki hareketleri (inşa, hayvan vb) tespit edebilirler.

Ayrıca farklı tipte sensörler yardımıyla ivme, hava değişimi vb parametreler tespit edilebilir. Tüm bunların yanında her bir konteynere bu tip sensörlerin takılması maliyetlere bağlı olarak uygulamada sıkıntı yaratabilmektedir. Lakin belli yük tiplerine ve önemlerine (ileri teknoloji veya askeri ürünlere) göre belli sayıda konteynere ilgili teknoloji uygulanabilir (Tsilingiris ve diğ., 2006). Şekil 2.40'da sensörlü e-mühür örneği gösterilmiştir (Schlesinger, 2005).



Şekil 2.40: Sensörlü E-Mühür Örneği.

RFID'li konteyner mührlerinin kullanımı aşağıdaki faydaları sağlamaktadır;

- Düzenli olarak konteyner güvenliğinin ve bütünlüğünün kontrol ve takip edilmesi,
- Tedarik zincirinde hızlı sevkiyatın sağlanması ve beklemlerin minimize edilmesi ,
- Konteynerin güvenli bir noktada yüklendiğinin teyidi,
- Olası hileli durumların engellenmesi,
- Sanal denetimin sağlanması için yeterli bilgiye sahip olunması,
- Devlet güvenlik kurallarına uygunluğun garantilenmesi,
- Güvenli şeritlerden (Green Lanes) faydalanabilme,
- Elleçleme maliyetlerinin azaltılması (Mullen, 2005).

Tüm bunları sağlanması için bu sektördeki aktörlerin koordinasyonu ve uluslararası işbirliği şarttır. Ayrıca yukarıda bahsedilen teknolojiler gamma ışını görüntüleme, radyasyon taraması ve optik karakter tanıma teknolojileri ile entegre edilirse performans artışı kaçınılmaz olacaktır (Balog ve diğ., 2005).

Konteynerin taşıma sürecinde tüm bu teknolojiler ile toplanan veriler spesifik olarak liman işletmecileri açısından da liman operasyonlarının yönetiminde ekstra kazanımlar sağlayacaktır. Özellikle liman içi planlama, sağlanan bilgilerle kolaylaşacaktır, sahadaki spesifik özellikli konteynerler kolaylıkla tespit edilerek saha içi elemanlar (traktör, forklift, tren, personel vb) hızlı ve etkin koordine edilecektir. Ayrıca RFID etiketindeki bilgiler (yük çeşidi, miktarı, varış limanı, yükleme tarihi vb) gemi manifestosu ile karşılaştırılarak operasyonel hatalar minimize edilecek, kağıt israfı önlenecek, personel verimli kullanılacak ve liman üretimi arttırılacaktır(Balog ve diğ., 2005).

Temel anlamda konteynerin güvenliği mührlerle sağlanırken sistemsel ve süreç bazlı güvenliği sağlamak üzere başta Amerika olmak üzere pek çok ülkede kanuni düzenlemeler oluşturulmuştur. Bunlardan en önemlileri aşağıda sıralanmıştır;

- Konteyner Güvenlik Girişimi (Container Security Initiative-CSI)
- Denizlerde Can Güvenliği Uluslararası Konvansiyonu (International Convention for the Safety of Life at Sea-SOLAS)



- Terörizme Karşı Gümrük Ticaret İşbirliği (Customs-Trade Partnership Against Terrorism-C-TPAT)
- Akıllı Kutu Yönetmeliği (Smart Box Initiative)
- Akıllı ve Güvenli Ticaret Yolları (Smart and Secure Tradelines-SST)
- Uluslararası Gemi ve Liman Tesisleri Güvenlik Kodu (International Ship and Port facility Security code-ISPS code)
- Ticaret Güvenliği Harekatı (Operation Safe Commerce-OSC)
- ABD 24 Saat Kuralı (U.S. 24-Hour Rule)

Burada RFID teknolojisi ile birebir ilişkili olan CSI, SST, OSC ve ISPS Kod'dan kısaca bahsedilecektir.

Konteyner Güvenlik Girişimi (Container Security Initiative-CSI): ABD Gümrük ve Sınır Koruma İdaresi (CBP) tarafından ABD'nin yurt dışından ithal ettiği malların büyük bölümünün deniz yoluyla ülkeye geldiğini ve bu yolla ABD'ye terörist saldırıların yapılabileceğini beyan etmiş ve bu kapsamda; daha emniyetli ve güvenli deniz ticareti için ithal edilen malların ABD limanlarına gelmeden yükleme limanında veya açık denizde araştırılması ve incelenmesi metoduna dayanan “Konteyner Güvenlik Girişimi” programını ortaya koymuştur (Erdal, 2008).

2002 yılında ABD tarafından tasarlanan yöntem; küresel ticarete yönelik herhangi bir terörist saldırı girişimi veya terörist amaçlar için ticari deniz yollarının kullanılması girişimine yönelik caydırma tedbirleri, önleme ve yasaklamaları içermektedir. Önlemler arasında konteynerlerin elektronik olarak mühürlenmesi, ABD'ye gidecek konteynerlerin hareket limanından ayrılmadan önce devletlerarası istihbarat paylaşımı ve işbirliği yoluyla risk temelli kontrollerinin yapılması bulunmaktadır.

Program aynı zamanda, veri değişimi, deniz limanlarından yapılan küresel deniz ticaretinin güvenliğine yönelik en iyi uygulamaların belirlenmesi, yüksek risk taşıyan konteynerlerin tespiti ve konteynerlerin transit güvenliğinin sağlanmasını da içermektedir. Programın nihai hedefi, diğer ülkelerden ABD'ye yapılacak tüm konteyner sevkiyatlarında aynı yol ve yöntemlerle denetim yapılması suretiyle terörist eylemlere yönelik güvenlik tedbirlerinin mümkün olduğunca artırılmasının sağlanmasıdır (Coşkun, 2010). Bu sistem şu an varış yeri Amerika olan konteynerler için mecburi olmamakla beraber uygulanmaktadır. Amerikalı gümrük yetkilileri

uluslararası gümrük yetkilileri ile koordineli şekilde çalışarak varacak konteynerin içeriğini emin hale getirmektedirler. Bu sisteme dahil olan konteynerler gümrük girişlerinde gecikme yaşamamaktadır. Bu sistem 3 ana elemandan oluşmaktadır (Horowitz, 2005).

- Güvenlik riski taşıyan konteynerlerin tespiti
- Bu tip konteynerlerin ABD'ye ulaşmadan kontrolü ve analizi
- Akıllı konteynerlerin kullanımı (RFID etiketli konteynerler)

2008 yılı itibariyle sistem, 31 ülkede ve 58 limanda kullanılmaktadır.

Akıllı ve Güvenli Ticaret Yolları (Smart and Secure Tradelines-SST): Bir endüstri teşebbüsü olan SST, güvenlik teknolojileri üzerine çalışan Stratejik Konsey tarafından 2002 yılında kurulmuştur. Bu konsey büyük liman otoriteleri, güvenlik teknolojisi sağlayıcıları ve liman operatörleri tarafından oluşturulmaktadır. SST'nin kuruluş amacı RFID etiketleri, e-mühürler ve GPS gibi güvenlik teknolojilerini test edip, geliştirmektir. Ayrıca limanlardaki ticaretin en güvenli ve hızlı yapılmasını sağlamak hedefleri arasındadır. Bu amaçlar doğrultusunda 2003 yılında ilk aşaması gerçekleştirilen proje kapsamında katılımcılar arasındaki taşımalarda RFID ve diğer teknolojiler test edilmiş ve tedarik zincirinde bazı halkalarda zayıflıklar (bilgi paylaşımı, koordinasyon vb) belirlenmiştir. Projenin ikinci aşaması başlatılmış ve katılımcılar arasına taşıma firmaları, üreticiler ve demiryolları operatörleri de katılarak tedarik zinciri büyütülmüştür. Bu aşamada sensörlerin kullanımı projeye dahil edilmiş ve ilk testlerde başarı sağlanmıştır (Greenemeier, 2004).

Ticaret Güvenliği Harekatı (Operation Safe Commerce-OSC): OSC Amerikan hükümetine bağlı tedarik zinciri güvenlik durumunu inceleyip analiz eden, çözümler üreten ve ticaret akışını kolaylaştırırken güvenliği arttırmayı amaçlayan teknolojileri test eden bir programdır. İlgili programda güvenliğe yönelik olarak özellikle RFID, GPS ve destek yazılımları test edilmektedir. Bu teknolojiler kullanılarak konteynerin çıkışından varışına kadar anlık yer bilgisi, içeriği, fiziksel durumu vb bilgiler takip edilmek istenmektedir. OSC'nin nihai hedefi ise güvenliği arttırırken ölçeklendirilebilir ve uygun maliyetli önlemler geliştirmek ve bunların uluslararası standartlara oturtmaktır.

Uluslararası Gemi ve Liman Tesisleri Güvenlik Kodu (International Ship and Port Facility Security Code-ISPS Code): Denizde ve denizden olabilecek terör eylemlerinin önlenmesi amacıyla gemi ve liman tesislerinin güvenliğine ilişkin olarak ülkemizin de üyesi olduğu Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)'nün 2001'deki genel kurul toplantısında teklifi yapılan bu düzenleme ile denizcilik sektöründe uyulması gereken güvenlik kuralları oluşturulmuştur. Bu düzenlemeler belli aralıklarla yenilenmektedir. Bu düzenlemeye göre limanlara yapılacak giriş-çıkışların kontrollü, kayıtlı ve belli kurallar çerçevesinde yapılması zorunludur (Ulaştırma Bakanlığı, 2011). Bu bağlamda limana giriş yapan şoför ve araçların otomatik olarak tanınıp, izlenmesi RFID ile kolaylıkla sağlanabilecektir.

#### **2.3.4.2. Konteyner Terminali Kapı Giriş-Çıkışları Ve RFID Teknolojisinin Kullanımı**

Konteyner terminali kapısı; gemi ile gelen ithalat konteynerlerin veya konteynersiz açık yüklerin ithalatının gerçekleşip liman dışına çıkış yaptıkları veya müşteriden gelen ihracat konteynerlerin veya açık yüklerin gemi ile ihraç edilmeleri için limana giriş yaptıkları yerdir (Erdal, 2008).

Konteyner terminallerinde kapı yönetimi yapılırken, konteyner tespiti, kamyon tespiti ve bilgiyi iletme teknolojisindeki eksikler nedeniyle trafik yoğunluğu oluşmakta, boş yere insan gücü harcanmakta ve sonuç olarak terminal sahalarının verimliliği düşmektedir. İhracat konteyner getiren veya ithalat konteyner teslim almaya gelen liman dışı araçların oluşturduğu kapı ve liman içi trafik, limanın saha ve gemi operasyon süreçlerini negatif etkilemektedir. Bu etkileri azaltmak üzere dış araçların hareketlerine göre farklı kapı ve liman içi trafik düzenleri geliştirilebilir (Erdal, 2008).

Konteyner terminal işletmelerinde son derece önemli bir araştırma konusu olan kapı girişleri üzerine akademik çalışmalar günümüze kadar yeterince yapılamamıştır. Son yıllarda bu çok önemli alana ait problemlere çözüm bulmak amacıyla, RFID teknolojisinin konteyner terminal kapılarında kullanılabilirliği üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaya başlanmış ve projeler hayata geçirilmiştir çünkü RFID tabanlı kapı sistemleri; üzerlerine konacak okuyucular vasıtasıyla etikete sahip araçları, şoförlerini ve konteynerleri otomatik olarak tanıma yetkinliğine sahiptir (Choi ve diğ., 2007).

### *Konteyner Terminali Kapı Operasyonları*

Geleneksel manada kapı operasyonları; fiziksel kontrolleri, bilgilerin sisteme girilmesi ve onaylanması işlemlerini kapsamaktadır. Kapı operasyonları giriş ve çıkış olarak iki kısımda incelenebilmektedir. İster konteyner içinde ister konteynersiz olarak liman sahasına giriş yapacak tüm ihracat mallarının kapı girişinde kontrol edilmesi ve limanın mevcut işletim sisteminde geçerli olacak bilgileri içermesi gerekmektedir. Ayrıca kapıya yakın bir bölgede gümrük personeli için ayrı bir kontrol noktası bulunmaktadır. Limana giriş yapacak araç önce bu kapıda gümrük kontrollerini ve işlemlerini tamamlar, daha sonra sürece devam edebilirler. Aynı şekilde çıkış yapacak araçlar da son kontrollerini gümrük çıkış kapısında yaptırır ve gümrük onayı ve izni ile gümrüksüz alan olan terminal dışına çıkarlar (Erdal, 2008).

Guan ve Liu (2009)'a göre artan konteyner trafiğinin etkin yönetiminde liman kapılarının verimli yönetilmesi ve bekleme sürelerinin azaltılması en kritik noktalardan birisidir. Terminal kapılarındaki görevliler araç ve konteyner türüne göre bazı gerekli belge, bilgi ve fiziksel kontrolleri etkin bir şekilde yapmakla yükümlüdür.

Genel olarak kapı görevlileri; dolu konteyner yüklü araç, boş konteyner yüklü araç, açık yüklü araç, konteyner alma amaçlı gelen boş araç vb araç türleri ile karşılaşmaktadır. Terminal işletim sisteminin özelliklerine göre kapı görevlileri; her araç ve taşıdığı yük türüne göre farklı belge ve bilgilerin kontrollerini yapar. Bu bilgiler acente tarafından araç gelmeden önce limana bildirilmek zorundadır. Aksi takdirde konteyner için liman sahasında planlama ve kapı giriş işlemleri yapılmaz. Bunun nedeni; herhangi bir detaylı bilgiye sahip olunmadan konteynerin terminal sahası içerisinde elleçlenememesi, kısaca konteynerin nereye istifleneceği konusunda bilgi sahibi olunamamasıdır.

Örneğin, limana ihracat konteynerini bırakmak için gelen bir araç söz konusu ise aracın liman sahasına alınması için konteyner acentesi tarafından EDI dosyası, web tabanlı arayüzler ile e-posta ya da faks olarak konteyner bilgilerinin gönderilmiş olması gerekmektedir. Acente tarafından gönderilen ihracat konteyner ile ilgili bilgiler liman sistemine göre değişmekle beraber şu başlıklardan oluşur; referans/booking/kayıt numarası, ölçü/tip/yükseklik, gemi hattı (shipping line), yüklenecek gemi bilgisi, tahliye limanı, aktarmalı gidecek konteynerler için gideceği son liman, tehlikeli yük bilgisi, gerekli sıcaklık derecesi, konteynerin taşıma bilgileri, ağırlık, varsa özel istif gereksinimi

vb. Bu bilgiler ışığında saha planlama süreçlerinin de tamamlanmış olması zorunludur. Ayrıca kapıda konteyneri getiren araç ve şoföre ait bilgilerde kontrol edilmektedir. Kapı girişlerinde sistematik kontrollerin yanı sıra fiziki olarak konteynerin kontrol edilmesi gerekmektedir. Öncelikle konteynerde hasar kontrolü yapılmalı ve hasar varsa tutanak altına alınıp ilgili Hasar Birimine yönlendirilmelidir. Hasar kontrollerinin yanı sıra konteynerin mührü, üzerindeki tehlike/uyarı etiketleri ve varsa konteynerdeki standart dışı taşma miktarları da kontrol edilmelidir. Konteynerin sistemdeki bilgilerinde ve yapılan kontrollerde herhangi bir sorun yoksa aracın saha içine yönlendirilmesi ve konteynerin araçtan teslim alınması gerekmektedir. Sürücülere açık bir şekilde istif numaraları, trafik kuralları ve düzenleri açıklanmalıdır. Kapı çıkış sürecinde de girişte olduğu gibi ayrıntılı işlemler yapılmaktadır. Gümrüklü sahalardan herhangi bir eşya çıkartılırken hem gümrük hem de liman işletmeleri tarafından evrak kontrolleri ve yine işletim sistemine bağlı olarak sistematik kontroller yapılmaktadır. Liman sahasından herhangi bir eşyanın çıkış yapabilmesi için öncelikle ithalat işlemleri tamamlanmalıdır. Daha sonra gümrük ve liman onayı alınmalı ve liman ücretleri ödenmelidir (Erdal, 2008).

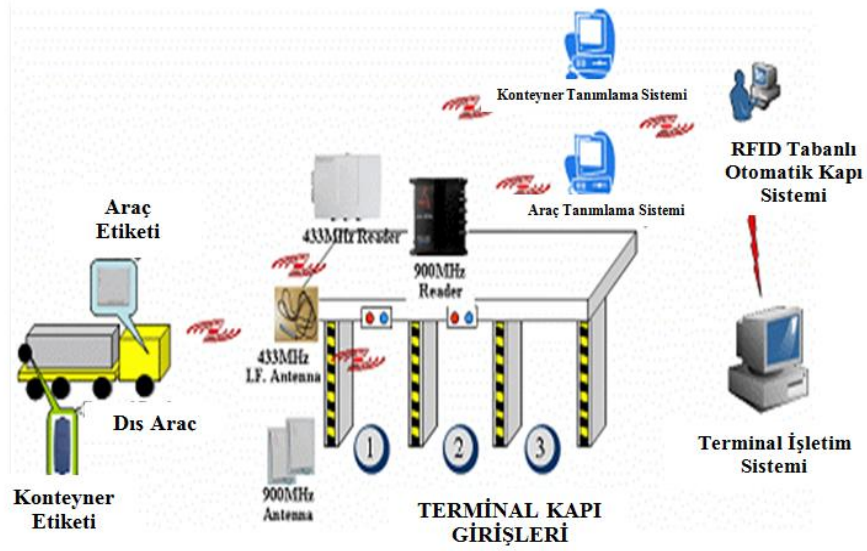
RFID teknolojisinin kullanıldığı kapı giriş ve çıkışlarında yukarıda bahsedilen süreçler çok daha hızlı, doğru ve koordine şekilde yapılabilmektedir. Çünkü kapıda kontrolü manuel olarak yapılan bilgilerin pek çoğu araç ve konteyner üzerine konan etiketlerden elde edilebilmekte ve okuyucular vasıtasıyla alınan veriler liman sistemleri ile anında karşılaştırılabilmektedir. Ayrıca gene kontrolü büyük önem taşıyan konteyner mührünün sağlamlığı etiketlenirilmiş mühürler vasıtasıyla kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

#### *Konteyner Terminal Kapılarında RFID Teknolojisinin Kullanımı Ve Diğer Otomatik Tanıma Teknolojileri*

Geleneksel kapı sistemlerinde, kamyon ve konteyner numarasından tanıma, konteyner hasarını tespit etme, konteyner sahası üzerinde konteynerin pozisyonunu belirleme ve konteyner mührünün kontrolü gibi işler kapı görevlileri tarafından manuel olarak yapılmaktadır (Choi ve diğ., 2006).

İlgili işlemlerin RFID tabanlı bir sistem vasıtasıyla çok daha verimli, hızlı ve hatasız yapılması beklenmektedir. Bu doğrultuda kapı girişlerine konacak okuyucular ve limana

gelen araç ve aracın taşıdığı konteynerlere konacak etiketler ile sistemi oluşturmak mümkün olacaktır. RFID tabanlı otomatik kapı sistemlerinin temel yapısı Şekil 2.41'de gösterilmiştir (Choi ve diğ., 2006).



Şekil 2.41: RFID-Tabanlı Otomatik Terminal Kapı Sistemi.

RFID-Tabanlı bir kapı sisteminin geleneksel kapı sistemlerine göre sağladığı faydalar aşağıdaki gibidir ;

- Yetkisiz araç ve sürücülerin girişlerinin kontrol edilebilmesi,
- Güçlendirilmiş kargo güvenliği,
- Konteyner bilgi yönetiminde kolaylık,
- Yöneticilere kapı operasyonları hakkında eksiksiz ve güvenilir istatistiksel bilgi temini,
- İşlem ve bekleme sürelerini azaltarak kapı verimliliğini artırma,
- İşçi ücretleri ve bakım maliyetlerini de içeren kapı operasyon harcamalarında azalma (Keçeli ve diğ., 2008).

*Konteyner Terminal Kapılarında Kullanılan Diğer Otomatik Tanıma Teknolojileri ve RFID ile Karşılaştırması*

Günümüzde pek çok konteyner terminali kamyon numaralarını ve konteyner numaralarını tanımak amacıyla kapılarında barkod sistemi kullanmaktadır. Barkod sistemine ek olarak liman kapılarında video tespit sistemi de kullanılabilir (Choi ve diğ., 2006). Bu iki teknoloji ve diğerleri Tablo 2.21’de özellikleri ile gösterilmiştir.

**Tablo 2.21 : Terminal Kapı Sistemlerinde Uygulanabilen Teknolojiler.**

TEKNOLOJİ		AÇIKLAMA	ÖZELLİKLER
<b>BARKOD</b>		 Bar üzerindeki desen düzenlemeleri ve çeşitli genişlik boşlukları ile veri sağlar.	* Hata oranı azdır. * Çeşitli baskı seçenekleri bulunmaktadır.
<b>Video İle Tanımlama</b>	<b>OCR</b> (Optical Character Recognition:Optik Karakter Tanıma)	 Bir optik enstrümanın data okuyabilirliği vasıtasıyla bilgi okuma teknolojisidir. Konteyner numarasını araç plakası ile yakalama, tanımlama ve kayıt altına almada kullanılır. Sistem tipik olarak yakalama sistemi, tanımlama yazılımı ve veri tabanında toplanan şekilleri kapsamaktadır.	* Okunan objeler otomatik ve temassız olarak video veya data formatında saklanabilir.
	<b>ACDI</b> (Automated Container Damage Inspection: Otomatik Konteyner Hasar Tespiti)	 Optik bir teknoloji vasıtasıyla konteyner yüzeyi üzerindeki üç boyutlu imajı yüksek çözünürlüklü olarak okuyarak konteyner yüzeyinde hasar olup olmadığını inceleyebilmesini sağlamaktır.	* Hasar ID algoritması vasıtasıyla konteyner hasarını doğrulayabilmektedir. * Otomatik değerlendirme özelliğinin gelişmesi gereklidir.
<b>Kablosuz İletişim</b>	<b>RFID Etiketi</b>	 Kablosuz iletişim teknolojisi vasıtasıyla temassız olarak etiket bilgisi okunmaktadır.	* Okuyucu, etiket ve antenden oluşur. * Uzak mesafelerden de okuyabilmektedir. * Aynı anda pek çok etiketi hatasız ve temassız olarak okuması mümkündür.
	<b>Dijital Medya</b> (PDA, WebPAD, elektronik bülten tahtası)	 Uzaktan bağımsız olarak datayı ekrana transfer edebilme teknolojisidir.	* Kullanıcı ön yüzü ve bilgi teslimatı kolaydır.
	<b>DSRC</b> (Dedicated Short-Range Communications:B elirlenmiş Kısa Mesafe Haberleşmesi)	 Dışardaki kontrol araçları ve mobil iletişim araçları arasında ITS (Akıllı Ulaştırma Servisi) ile bilgi teslimatı	* Veri paketi kablosuz iletilir fakat kısa mesafelerde etkilidir. * Çeşitli ITS servisleri sağlamaktadır.

Günümüzde konteyner terminali giriş kapılarında RFID dışında en sık kullanılan 2 teknoloji OCR ve barkod'dur. Bu iki teknolojinin dezavantajları ve güçlü yanları Tablo 2.22'de verilmiştir.

**Tablo 2.22:** Barkod ve OCR Teknolojilerinin Karşılaştırılması.

TEKNOLOJİ	GÜÇLÜ NOKTALARI	ZAYIF NOKTALARI
BARKOD	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Hızlıdır.</li> <li>* Güvenilir veri girişi sağlar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Datalar ancak temas kurularak veya lineer hat üzerinde görülebilir.</li> <li>* Okunması için manuel olarak okuyucu kullanılmalıdır.</li> <li>* Kötü şartlarda (hava, toz, toprak vb) çalışmaz</li> </ul>
OCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Temassız tespit etme ve veriyi dijital olarak hafızaya alma</li> <li>* Çok çeşitli görsel efektler sağlar.</li> <li>*Barkod'a göre daha yüksek güvenlik sağlar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Barkod'a göre daha yüksek maliyet getirir.</li> <li>* Temiz görüntü için ışıklandırma şarttır.</li> <li>* Doğruluğu dış şartlardan (yağmur, sis vb) etkilenir.</li> </ul>

Günümüz modern limanlarında özellikle OCR ve RFID teknolojileri hibrit olarak kullanılmakta ve üst düzeyde etkinlik sağlanmaktadır. Şekil 2.42'de OCR vasıtasıyla edinilmiş görseller bulunmaktadır (Abajo, 2009).



**Şekil 2.42:** OCR Görüntüleri.



### 2.3.5. Dünya Konteyner Limanlarındaki RFID Uygulama Örnekleri

Singapur, Rotterdam, Busan, Los Angeles vb lider limanlar, RFID teknolojisini kullandıkları projeler üretmekte ve hızla kendilerine ilgili teknolojiyi adapte etmektedir (Balog ve diğ., 2005). Aşağıda yayınlanmış ve uygulamaya devam edilen bazı pilot projeler bulunmaktadır. Bu projeler ve benzerlerinin dünyanın diğer limanlarında da test çalışmalarına ve uygulamalarına devam edilmekte lakin ayrıntılı bilgiye ulaşılammaktadır. Aşağıdaki paragraflarda ayrıntıları bulunabilmiş projelerden bahsedilmiştir.

Busan Limanı: Akıllı Liman Lojistiği Sistemlerini Geliştirme projesi kapsamında Kuzey Kore Denizcilik Bakanlığı (MOMAF: Ministry of Maritime Affairs and Fisheries) tarafından desteklenen Duraksız Otomatik Liman Kapı Girişi Sistemi (Non Stop Automated Gate System (NAGS)) için test çalışmaları yapılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu sistem ile konteyner terminallerinde otomatik olarak (kapıda araç durdurmaksızın); konteyner ve taşıma araçlarının kimliklendirilmesi, konfirmasyonu ve güvenliği sağlanabilmekte ve gerçek zamanlı bilgi akışı sağlanabilmektedir. Sistem RFID tabanlı olmakla beraber ek olarak optik karakter tanımlama (OCR) ve otomatik konteyner hasar kontrolü (ACDI) sistemlerini ihtiva etmektedir. Sistem 5 alt sistemden oluşmaktadır (Keçeli ve diğ., 2008). Bunlar;

- **Kimliklendirme (Tanıma) Sistemi:** Konteyner ve konteyneri taşıyan aracın terminal girişinde tanımlanması RFID ve OCR sistemlerinin beraber kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Kapı girişlerindeki tanımlama (kimliklendirme) işi araç numaralarının (plaka), konteyner numaralarının, şase numaralarının ve araç kullanıcılarının tanımlanmasını ihtiva eder. Bu bağlamda aracın tanımlanmasına yönelik 900 MHz pasif etiket kullanılırken, konteynerin tanımlanmasında 433 MHz aktif etiket kullanılmaktadır. Araç ve konteynerin tanımlanmasına yönelik olarak OCR sistemi de yardımcı eleman olarak kullanılmakta ve çapraz kontrol sağlanmaktadır.
- **Bilgi Akış (Dağıtım) Sistemi:** Bu sistem ile konteynerin sahadaki yeri, herhangi bir problem çıktığında şoförün yapması gerekenler vb gerekli bilgilerin akışı sağlanmaktadır. Konvansiyonel sistemlerde bu tip bilgiler ya verilememekte veya basılı kağıtlarda sunulmaktadır. Bu yöntem zaman kaybına ve aracın

kapıda durmasına sebebiyet vermektedir. Kablosuz iletişim vasıtasıyla araç şoförleri bu bilgileri hareket halindeyken SMS mesajı, yol üzerine konacak LED panolar ve araç içine monte edilmiş ekranlar vasıtasıyla alabilmektedir.

- **Konteyner Hasar Muayene Sistemi:** Günümüzde pek çok liman bu işlemleri manuel olarak yapmaktadır. Bazı terminaller ise giriş kapısına koydukları kameralar vasıtasıyla konteyneri tarayıp, resimleri veri tabanlarında saklamaktadır. Fakat 2 boyutlu resimler hasarın tespitinde tam performans göstermemektedir. Burada ACDI sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem konteynerlerin kapı girişlerine konacak lazer detektörlerle taranarak hasarın tespit edilebilmesi mantığı üzerine oturtulmuştur. Bu tarama vasıtasıyla orijinal konteyner formunda herhangi bir sapma (hasar) olup olmadığı 3 boyutlu incelenebilmektedir.
- **Entegre Kapı Yönetim Sistemi:** NAGS'ın tüm alt modüllerinin kontrolü ve bağlantısını sağlamaktadır. Tüm kapı operasyonlarının kullanışlı ara yüzler vasıtasıyla bilgisayarlardan takibini ve Terminal Operasyon Sistemi (TOS: Terminal Operation System) ile arasındaki veri akışını sağlamaktadır.
- **Ek Özellikler:** Yukarıdaki özelliklerin yanında terminal operatörlerinin ya da müşterilerin talepleri doğrultusunda E-Seal tanımlama, araç ve konteyner tartma sistemleri, barkod tabanlı tanımlama sistemi, SLİP basımı vb. işlemleri de sağlayabilmektedir (Keçeli ve diğ., 2008).

Savannah Limanı: Georgia Liman Otoritesinin (GPA) en büyük terminali, saha kapasitesini ve üretilen işi arttırmak için 15 milyon \$'lık RFID çözümüne yatırım yapmıştır. Bu projeye GPA, limana gelen yerel taşıma firmalarına dağıtılmak üzere 7,500 RFID etiketi satın almıştır. Etiketler tekil ID numaraları ile kodlanarak firmalara dağıtılmış ve firmalar da bu etiketleri kendi kamyonlarına takarak, terminalin web sitesi üzerinden, başvuru formunu doldurup, etiketlerin ID si ile kamyonun plaka bilgilerini eşleştirmiştir. Bu proje ile firma kamyonları kapıdan giriş yaptığında, RFID okuyucusu etiketten kamyonun ID bilgilerini alıp, Terminal Operasyon Sistemine (TOS) göndermektedir. Böylece kamyon OCR portalden geçtiğinde, konteyner numarası okunmakta ve bilgisayar yazılımı vasıtasıyla TOS ile iletişim kurulmaktadır. Bu sistemle elde edilen bilgi çapraz sorgulanır ve doğrulanarak sürücüye kamyonu götüreceği saha bilgisi içeren kağıt basılır. Bu projeden önceki süreçte tüm bu işlemler

manuel olarak yapılmakta idi. Kapı görevlileri konteyner numaralarını gözle kontrol etmekte ve sürücülerle mikrofon sistemiyle iletişim kurmakta idiler. Bu şekilde işlem 15 dakika sürmekte ve zaman kaybı oluşmaktaydı. Otomatize edildikten sonra süreç hızlandırılarak, verimlilik artırılmıştır (Sutton, 2007).

Singapur Limanı: CSI çerçevesinde, 2004 yılının ortalarında, Asya Singapur terminalleri, RFID kullanan ilk pilot liman olmuştur. 2005 yılında ise, Amerika'ya sevk edilecek konteynerler için e-mühürler kullanılmaya başlanmıştır. RFID teknolojisi sayesinde, Singapur bilgi iletişim sektöründe yeni öncü olma şansına sahip olmuştur. Ayrıca, Singapur limanı terminallerinde RFID teknolojisinin kullanılması sadece verimlilik artışı sağlamakla ve operasyonel maliyetleri azaltmakla kalmamış, bunun yanında Singapur'un yeni teknolojik gelişmeleri yakından takip ettiğinin de bir göstergesi olmuştur (Banks ve diğ., 2007).

Long Beach Limanı: Liman yönetimi tarafından, daha iyi terminal yönetimi ve saha operasyonları sağlamak amacıyla, RFID tabanlı kablosuz gerçek zamanlı konumlama sistemi pilot teste alınmıştır. Test sonuçlarına göre; trafik yoğunluğunda azalma ve artan üretim miktarları elde edilmiştir. Bu projede kapsamında, limana giriş yapan bazı konteynerler aktif etiketlerle donatılmıştır. Buna ek olarak ekipmanlar da etiketlenmiştir. Böylece liman operatörleri sahadaki tüm konteyner ve ekipmanları gerçek zamanlı kayıtlarla takip edebilmiş ve elde edilen verilerle yapılan planlamalar neticesinde işlem sürelerinde ciddi azalmalar elde etmişlerdir (Banks ve diğ., 2007).

CIMC Projesi: Konteyner tedarikinde önder konumda olan CIMC (China International Marine Containers) firması da yönettiği 20 fabrikası ve ürettiği konteynerleri depoladığı 40 farklı saha da RFID teknolojisini kullanmaktadır. Sipariş üzerine üretim yapan ve ürettiği konteynerlerin, çok farklı özelliklere (ağırlık, iç dizayn vb) sahip olmasının yanı sıra görünüş olarak biri birine çok benzemesi nedeniyle ilgili ürünlerin depo alanlarındaki yönetiminin hatalara açık olması; firmayı RFID teknolojisi ile saha yönetimi projesine yönlendirmiştir. Daha önce kullandıkları stok takibi sisteminde yararlandıkları OCR, kağıt, kalem, bas-konuş ve dürbün vb araçların yarattığı aşırı emek yoğun süreçler nedeniyle firma verim düşüklüğü ve zaman kayıpları yaşamıştır.

Ayrıca firma ürettiği konteynerlerin sahadaki konumunu bulmakta zorluk çekmekte ve yanlış ürünü yanlış müşteriye göndererek imaj kayıplarına sebebiyet vermekte idi.

CIMC 2006 yılında konteynerleri depolama sahalarında takip etmek amacıyla pilot bir RFID projesi başlatmıştır. Bu projede, üretilen bütün konteynerler, pasif etiketlerle donatılmıştır. Ayrıca fabrika çıkış kapılarına, depolama sahalarına ve ilgili yerlerde kullanılan ekipmanlara okuyucular yerleştirilmiştir. Bu sistemi desteklemek üzere 3 boyutlu görüntü sunan dijital ekranlar da operatörlere kolaylık sağlaması amacıyla taşıma vinçlerinin kabinlerine konmuştur.

Şekil 2.43'te gösterilen bu dokunmatik ekranlarda operatörlere bilgi akışı ve iş talimatları kablosuz teknolojiler vasıtasıyla iletilmiştir. Ayrıca operatörün ilgili ekranlarda veri tabanına gerekli bilgileri girebilmeleri sağlanmıştır. Bu proje kapsamında firma operasyonel verimlilik ve etkinliğin arttığını tespit etmiştir (Gambon, 2006).

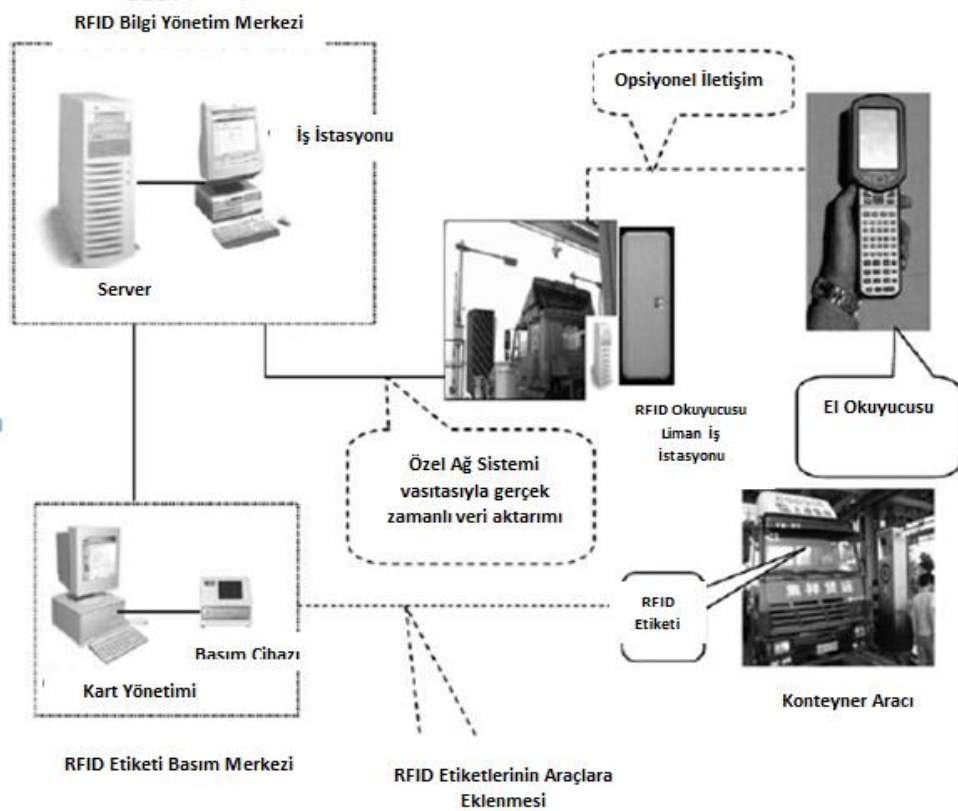


Şekil 2.43: CIMC Projesi Operatör Takip Ekranı.

Rotterdam Limanı: Dünyanın en büyük, aktif RFID kullanımı Rotterdam limanındadır. Broekman Grubu limanlarına RFID tabanlı, gerçek zamanlı bir lokasyon sistemi kurmuştur. Bu sistem altında, her araca tekil tanımlama numarası içeren aktif RFID etiketleri takılmıştır. Sistem, terminale gelen her aracın herhangi bir zamanda nerede konumlandığı bilgisini sağlamaktadır. Şu an için yılda 250,000 üzerinde araç terminale giriş yapmaktadır ve sistem bu araçların takip edilmesinde ve yönetilmesinde yardımcı

olmaktadır. Bu araçlar için veri toplama sürecinin otomatize edilmesi ile birlikte liman kullanımının ve üretilen işin artması, müşteri servislerinde iyileşme, müşteri memnuniyetinde artma ve aynı zamanda maliyetlerde azalma sağlanmıştır (Banks ve diğ., 2007).

**Şanghay Limanı:** Şanghay Limanı, Çin'in en büyük, dünyanın ise üçüncü büyük limanıdır. Şanghay Limanı, 2004'ün sonlarında rıhtımlarının birinde, deniz aşırı konteyner araçlarının kimliklendirilmesinde uygulanmak üzere RFID pilot projesi başlatmıştır. 2005 yılında ise konteyner saha yönetimini de içine alacak şekilde tüm rıhtımlarda yaygınlaştırılmıştır. Bu projenin iş akışı Şekil 2.44'te gösterilmiştir.



**Şekil 2.44:** Şanghay Liman RFID Konteyner Araç Bilgi Sistem Akışı.

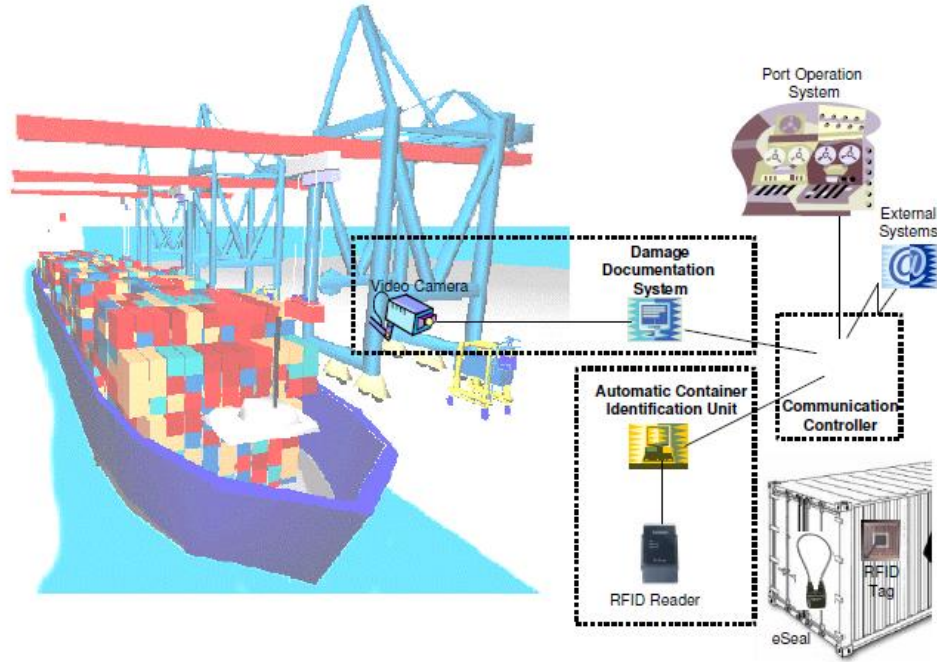
Bu projede, RFID etiketleri konteyner taşıyan kamyonların gövdelerine bağlanmıştır. RFID okuyucuları, liman giriş kapılarına monte edilerek, kamyonların geçişi sırasında etiketlerden bilgi okuması sağlanır. Geçiş sırasında, RFID ile kontrol edilip doğrulanmış kamyonların geçişine izin verilmekte ve geçiş belgeleri basılmaktadır. Kamyonların

giriş-çıkış kayıtları gerçek zamanlı ve otomatik olarak veri tabanına kaydedilmektedir. Konteynerlerin nereden, ne zaman, hangi gemiyle geldiği ve nereye gideceği hakkındaki tüm detay bilgiler de veri tabanında saklanıp, ilgili kamyonu iletilmektedir.

Konteyner saha yönetimi için de, veri tabanına kaydedilen bilgiler yardımıyla; vinçler, konteyner bulma, taşıma, yükleme, boşaltma vb işlemlerini otomatik olarak yapabilmektedir. Vinçlere monte edilen RFID okuyucuları ile doğru kamyonlardan veya kamyonu, doğru konteynerin yüklendiği veya boşaltıldığı garantiye alınmaktadır. Konteyner kamyonlarını tespit etmek için kullanılan pasif etiketler kamyonun plakasını, kamyon tipi, kamyon yükü vb. bilgileri saklamaktadır ve 902-928 MHz frekanslıdır. Kamyonlar liman boyunca yol alırken, durdurulmalarına gerek kalmadan otomatik olarak sistem tarafından tanınmaktadır. Bu avantaj sayesinde, konteyner kamyonlarının limanda kalış süreleri ciddi oranda düşüş göstermiştir.

Ayrıca veri tabanında tutulan kamyon ve Konteyner verileri sayesinde, liman operasyonları hakkında, istatistiksel data edinilerek yönetim kararlarında kullanılması mümkün kılınmıştır. Otomatik gerçek zamanlı kargo takip yapısının devreye alınması ve yaygınlaşmasıyla küresel tedarik zincirinde yer alan diğer aktörlerin de doğru ve kaliteli bilgi edinmesine olanak sağlanabilecektir. Bu proje sayesinde, Şanghay limanında, konteyner taşıyan kamyonların kalış süresinin, eski çalışma yöntemine göre, %60 oranında azaldığı gözlemlenmiştir (Wang ve diğ., 2006). Ayrıca Şangay limanına giren tüm taşıma araçlarında aktif RFID etiketi konuşlandırma zorunluluğu bulunmaktadır (Hu ve diğ., 2011).

**CHINOS Projesi:** CHINOS (Container Handling in Intermodal Nodes – Optimal and Secure) RFID'nin konteyner taşımacılığında kullanımına yönelik olarak Avrupa ülkelerindeki en büyük projedir. CHINOS, RFID teknolojisini kullanarak, hem ticari hem de güvenlik açılarından, konteyner yönetim süreçlerini nasıl geliştirebileceklerini incelemeyi hedefleyen bir projedir. Avrupa'da çeşitli coğrafi lokasyonlarda (Bremerhaven, Thessaloniki, Pruszków ve Graz limanları) uygulanmıştır. Bu sistem, iki temel modüle sahiptir; biri "Otomatik Konteyner Tanıma/Tespit Birimi" diğeri ise "Hasar Dokümantasyon Sistemi"dir. Bu modüller limanların ve ilgili paydaşların IT sistemlerine entegre edilmiştir. Bu yazılım altyapısı vasıtasıyla konteynerlere takılmış olan etiket ve e-mühürlere takip ve güvenlik kayıtları alınmaktadır. Şekil 2.45'te projenin basitleştirilmiş gösterimi bulunmaktadır (Tsilingiris ve diğ., 2007).



Şekil 2.45: Temel CHINOS Modülleri.

Yukarıda belirtilen örnekler dışında RFID teknolojisini konteyner terminallerinde uygulayan pek çok Uzakdoğu limanı bulunmaktadır.

Yantian Limanı; tüm anlaşmalı acentelerinden gelen konteynerlerde RFID etiketi şartı aramaktadır. Buna bağlı olarak giriş ve çıkış kapılarına okuyucular koymuştur.

Shenzen ve Kaoshiung limanları terminallerine giren tüm konteynerleri takip etmek amacıyla terminal sahasına okuyucular yerleştirerek saha yönetimini sağlamaktadır. Ayrıca buna bağlı olarak Kaoshiung limanı konteynerlerin gelişlerini kapıda yaptığı anda iş emirlerini ilgili ekipmanlara otomatik olarak atmaktadır (Hu ve diğ., 2011).

### 2.3.6. Konteyner Taşımacılığında RFID Teknolojisinin Kullanımına Yönelik Sağlanacak Avantajlar

RFID teknolojisinin konteyner terminallerinde kullanımı henüz başlangıç noktasındadır. Etkin, genele yayılmış ve standartları belirlenmiş olarak uygun maliyetlerle küresel kullanımı sağlandıktan sonra tüm tedarik zincirinin performansını arttırması kaçınılmazdır. Sadece terminal seviyesinde bile kullanıma sokulması pek çok faydaları

da beraberinde getirmektedir. Sağlayacağı faydalar, etiketlerin ve okuyucuların hangi objelerde ve pozisyonlarda kullanılacağına bağlı olarak değişse de gerek lokal seviyede gerek ise de küresel seviyede kullanımı ile aşağıdaki faydalar sağlanabilecektir;

- Tüm süreçlerde otomatik olarak anlık, eksiksiz ve doğru veri sağlanması,
- Terminalde kullanılan diğer sistemlere entegrasyonuna bağlı olarak departmanlar arasında etkin veri akışının sağlanması,
- Otomatizasyona bağlı olarak kağıt israfında azalma,
- Terminal aktivitelerinin ve aktivite içindeki tüm insan, araç ve yüklerin takip edilebilmesi ve konum bilgilerinin alınabilmesine bağlı olarak tüm süreçlerin etkin yönetimi (aktivite planlama, kaynak tahsisi, saha yönetimi, rıhtım yönetimi, anlık oluşan problemleri ve değişikliklerin hemen tespit ederek çabuk reaksiyon verebilme vb.),
- Terminal aktivitelerinin ve aktivite içindeki tüm insan, araç ve yüklerin takip edilebilmesi ve konum bilgilerinin alınabilmesine bağlı olarak liman ve yük güvenliğinde artış,
- Sağlanan kaliteli ve doğru verilerin ışığında geleceğe yönelik etkin planlama avantajı,
- Kapı operasyonlarındaki etkin kullanımı ile beklemelerin azalması, insan hatalarının minimize edilmesi ve liman emniyetinde artış,
- Dış araçların limanda kalış sürelerinde düşüş ve buna bağlı olarak araç trafiğinde azalma,
- Liman sahalarının optimum kullanımı,
- Kayıp, çalıntı, sahtecilik vb illegal teşebbüslerde azalmaya bağlı olarak yük ve tedarik zinciri güvenliğinde artış,
- Terminale gelen konteyner bütünlüğünün güvence altına alınması,
- Konteyner denetim ve gümrük sürelerinde azalma,
- İşçi giderlerinde azalma,
- Konteynerlerin; hatalı elleçlenmesi, hatalı gönderimi ve kayıplarında azalma,
- İşlem sürelerinde (kapı, saha, yükleme vb.) ve hatalarındaki azalmaya bağlı olarak konteyner üretiminde artışı,
- Etkin konteyner depo yönetimi,
- Terminal kaynaklarının (işgücü, ekipman vb) optimum kullanımı,



- Operasyonel verimlilikte artış,
- Daha hızlı ve kaliteli hizmete bağlı olarak rekabet edebilirlikte artış.

### **2.3.7. Konteyner Taşımacılığında RFID Teknolojisinin Kullanımına Yönelik Yaşanabilecek Sorunlar**

Bu çalışmada bahsedilen pek çok uygulama; gemi sahipleri, nakliyatçılar, taşıyıcılar, terminal operatörleri vb arasında işbirliği gerektiren ve bu bağlamda fazlasıyla geleceğe yönelik olarak düşünülen uygulamalardır. Fakat özellikle ABD tarafından bu konuya yapılan AR-GE yatırımları ve kanuni düzenlemeler, ilgili teknolojinin kullanımının çok yakın gelecekte dünya çapında yaygınlaşacağını göstermektedir. Tüm bu iyimser görüşün ötesinde elbette RFID teknolojisinin kullanımında halen ciddi problemler bulunmaktadır (Mullen, 2005).

Bunlar genel olarak; konteyner taşımacılığındaki aktörlerin çekingenliği, standartizasyon eksikleri, yatırımın geri dönüşümündeki belirsizlikler, kanuni düzenlemelerdeki eksiklikler, konteyner endüstrisindeki aktörlerin çeşitliliği, yüksek maliyetler, bilgi paylaşımındaki entegrasyon eksiklikleri olarak tanımlanabilir (Tsilingiris ve diğ., 2007; Balog ve diğ., 2005).

Yao ve diğ. (2012)'ye göre RFID uygulamalarında en büyük engeller; maliyet, veri güvenliğine yönelik çekinceler, olası etkisizlik durumu, radyo dalgalarının karışma olasılığı, üreticiler arasında protokollerle netleştirilmiş standartların olmaması, organizasyonel destek azlığı ve belirsiz yatırım geri dönüş oranı'dır.

Ayrıca Ting ve diğ. (2012)'ye göre depo gibi kapalı alanlarda rahatlıkla kullanılabilen bu teknoloji, konteyner terminali gibi açık sahalarda kullanılırken radyo dalgalarıyla iletişimde bazı sıkıntılar yaşanabilmektedir. Bu sıkıntıların en başlıca sebepleri; hava değişimleri, yoğun metalik ortam, araç rotalarının iyi belirlenmemesine bağlı olarak yanlış yerlere yapılan donanım kurulumları ve limanın coğrafyasına bağlı olarak yaşanabilecek ekipman yerleşim zorluklarıdır.

Zhang ve diğ. (2010)'a göre ise olası teknolojinin uygulanmasında aşağıdaki problemler mevcuttur. Bunlar;

- Konteyner RFID etiketlerinin tertibatı ve kurulumu (hangi tür etiketin uygun olduğu, bu uygulamayı kimin üstleneceği, hangi standartlarda okuyucu kullanılacağı ve maliyetlerin öngörülememesi),
- En doğru uygulama modunun seçimi (konteyner taşıma sistemi büyük ve açık bir döngüden oluşmaktadır bu bağlamda konteyner akışı tesadüfi değişkenler ihtiva etmektedir),
- RFID yazılım ara yüzünün ve uygulanacak ortak standartların belirlenmesindeki güçlükler.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. BULANIK KARAR VERME VE BULANIK AHP

Bu bölümde, pek çok çalışma ve yöntem kaynak olan bulanık mantık yaklaşımı açıklanacaktır. Ardından, çalışmamda kullandığım Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses (BAHP) açıklanarak, yurt içi ve yurt dışında konu ile ilgili yapılan çalışmaların özetine yer verilecektir.

##### 3.1.1. Bulanık Mantık

Gerçek hayatta karar alıcılar, hangi şartlarda ve boyutlarda karar alırlarsa alsınlar, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Alınan kararların doğruluğu, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanabilmektedir. Ancak karar alıcılar karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta alınan kararlar, iyi-kötü, güzel-çirkin, doğru-yanlış, evet-hayır, siyah-beyaz ya da 0-1 gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır.

Bulanık mantık, klasik ikili mantığın “tamamen doğru” ve “tamamen yanlış” doğruluk değerleri arasında yer alan “kısmen doğru” kavramını da karşılayacak şekilde genişletilmesi sonucunda ulaşılan bir üst küme olarak karşımıza çıkmaktadır. Bulanık mantık doğal dilin kendisinde var olan belirsizliği modelleme aracı olarak 1960’lı yıllarda ilk defa Dr. Lotfi Zadeh tarafından literatüre tanıtılmıştır (Acer, 2009).

Bulanık mantık teorisi, Aristo mantığının siyah beyaz ikilemine karşılık, Zadeh’in grinin çeşitli derecelerinin varlığını bilimsel olarak ifade etmesidir. İsminin aksine Bulanık Mantık belirsiz ifadelerle yapılan belirsiz işlemler değildir ve gelişmiş bir olasılık hesaplama yöntemi de değildir. Modelleme aşamasında değişkenler ve kuralların esnek belirlenmesidir ve bu esneklik rasgelelik ya da belirsizlik içermemektedir.

Bulanık mantık özellikle anlaşılması güç ve yoruma dayanan çok karmaşık, bilginin yeterli olmadığı durumlarda, insan muhakemesine, algılamasına veya karar verme olgusuna dayanan süreçlerde faydalı olduğu bilinmektedir (Topel, 2006).

Klasik mantık ile Bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Tablo 3.1.'de gösterilmiştir (Acer, 2009).

**Tablo 3.1:** Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar.

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> B Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

### 3.1.2. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık mantığın esası, bulanık küme teorisidir. Bulanık Küme Teorisi, esas olarak insan düşünce ve algılarındaki belirsizlikle ilgilenir ve bu belirsizliği sayısallaştırmaya çalışır. Bulanık küme teorisi, faaliyetlerin tanımının belirsiz, muğlak ve şüpheli olduğu durumlardaki problemleri çözmek için ortaya konmuş bir teoridir. Klasik kümede bir cisim kümenin içinde ya da dışındadır. Bir kısmının kümeye ait olma olasılığı diye bir şey söz konusu değildir (Tolga, 2009).

Örneğin;  $A = \{a,b,c\}$  klasik kümesini ele alalım. Burada a kümeye aittir yani kümenin bir elemanıdır; fakat d kümeye ait değildir yani kümenin elemanı değildir. Burada kümenin elemanı olmayı üyelik derecesi ile ifade edebiliriz. Üyelik derecesi o kümeye ait olmayı, olmamayı ya da kümeye ne kadar ait olduğunu ifade etmektedir. Klasik küme mantığında üyelik derecesi olarak kümeye ait olan elemanın derecesi 1 ile kümeye ait olmayan elemanın derecesi 0 ile ifade edilir. Bu, bulanık küme mantığında üyelik derecesi  $[0,1]$  kapalı aralığında bir değerle gösterilir (Göksu, 2008).

Bulanık kümeler kuramına göre, kümedeki her bir eleman; yukarıda bahsedilen klasik küme kuramında olduğu gibi “kümeye ait” veya “kümeye ait değil” olarak, bir başka deyişle 0 veya 1 şeklinde değil, bir dereceye kadar üye olarak görülür.

$X$  bir evrensel küme olsun.  $\tilde{A}$  Bulanık kümesini tanımlayan üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1]$  şeklinde tanımlanır. Eğer bir eleman kümenin kesin olarak elemanı ise 1 değerini, değilse 0 değerini, kısmen elemanı ise de bu ikisi arasındaki bir değeri almaktadır (Acer, 2009).

Bu bağlamda bulanık küme matematiksel olarak; örnek uzayındaki herhangi bir varlığa bulanık küme içindeki üyelik derecesini gösteren bir değer atanması şeklinde tanımlanabilmektedir. Söz konusu üyelik derecesi bu varlığın bulanık küme tarafından tanımlanan özelliklere uyum derecesini göstermektedir. 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öge için değerine üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. Yani bulanık küme üyelerinin değerleri ile oluşan eğriye üyelik fonksiyonu adı verilmektedir (Şen, 2001).

Üyelik fonksiyonları pek çok farklı şekilde (üçgen, yamuk, çan eğrisi vb) olabilmektedir. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur. Pratik uygulamalarda en fazla üçgen, ondan sonrada yamuk olanı kullanılmaktadır (Topel, 2006).

### 3.1.3. Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar bulanık kümelerin özel bir bölümüdür. Bir bulanık sayı, sürekli, yoğun desteklenmiş ve dışbükey üyelik fonksiyonuna sahip gerçek sayılar kümesinin bir  $R$  bulanık kümesidir (Tolga, 2009). Bulanık kümenin temsili; sembolünün üstünün çizilmesi ile ifade edilmektedir. Kesin olmayan ve yaklaşık değerler alabilen ifadelerin gösterilmesinde bulanık sayıların kullanımı oldukça elverişlidir (Özmen, 2012). Örneğin "60 civarında", "1'e yakın", "2000'den küçük" gibi ifadeler bulanık sayılara birer örnektir.

Bulanık olmayan kümelerde olduğu gibi bulanık olmayan sayılar da tek bir noktada tanımlıdır ve bulanık olmayan sayıların üyelik dereceleri, 0 ya da 1'dir. Bulanık bir sayı en az bir aralıkta tanımlıdır ve üyelik derecesi  $[0,1]$  kapalı aralığında herhangi bir değer alır. Yani bulanık bir sayının kesin bir değeri yoktur, fakat alabileceği değerler ve bu değerlerin üyelik dereceleri bilinebilmektedir. Bulanık sayılar esasında bir aralık olarak tanımlanır ancak bu aralıkta alınan değerlere göre çeşitli isimler alırlar. Örneğin; (5,11)

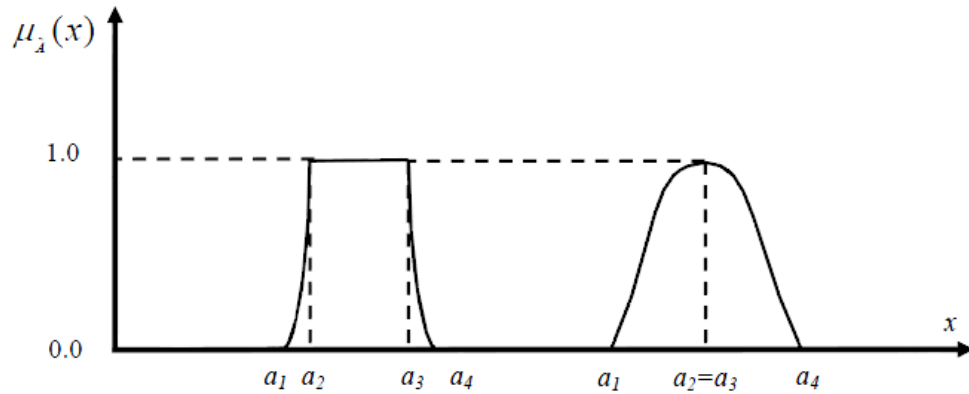
bulanık sayısı, (5,8,11) üçgensel bulanık sayı şeklinde, (5,7,9,11) yamuk bulanık sayı şeklinde ya da daha farklı şekillerde tanımlanabilir (Göksu, 2008).

Bulanık literatürde sonraki bölümlerde ifade edildiği gibi 3 tür bulanık sayı vardır; sol-sağ bulanık sayılar, yamuk bulanık sayılar ve üçgen bulanık sayılar.

### 3.1.3.1. Sol-Sağ Bulanık Sayılar

$\tilde{A}$  bulanık sayısı,  $\tilde{A} = (a_1; a_2 = a_3; a_4)_{LR}$ ,  $a_1 \leq a_2 = a_3 \leq a_4$  ise Sol-Sağ bulanık sayı olarak adlandırılır; eğer üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x) : R \rightarrow [0, 1]$  aşağıdaki denkleme eşitse:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} L\left(\frac{a_2 - x}{a_2 - a_1}\right) & x \in (a_1, a_2] \\ R\left(\frac{x - a_3}{a_4 - a_3}\right) & x \in (a_3, a_4] \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.1)$$



Şekil 3.1: L-R Türü Bulanık Sayılara İki Farklı Örnek.

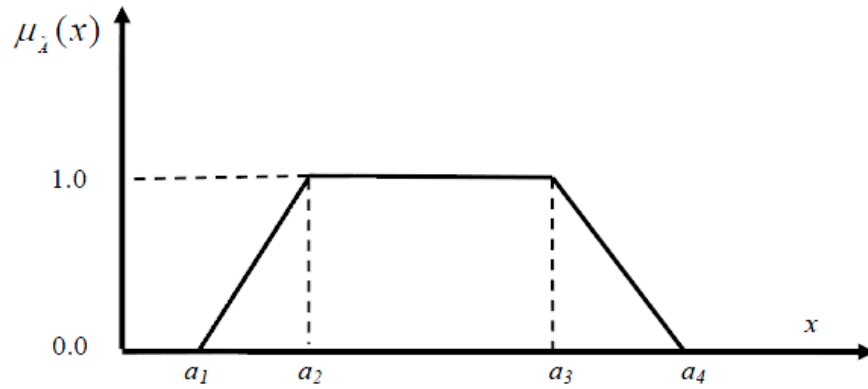
burada L sol biçim fonksiyonunu, R ise sağ biçim fonksiyonunu göstermektedir ve bu fonksiyonlar sürekli ve  $R \rightarrow [0, 1]$ 'e azalan fonksiyonlardır, öyle ki  $L(0) = R(0) = h > 0$  ve  $L(1) = R(1) = 0$ .  $a_2 = a_3$  değeri,  $\tilde{A}$ 'nın tepe değerine karşılık gelmektedir. Şekil 3.1'de bu tür bulanık sayılara iki farklı örnek verilmiştir (Tolga, 2009).

### 3.1.3.2. Yamuk Bulanık Sayılar

$\tilde{A}$  bulanık sayısı,  $\tilde{A} = (a_1; a_2; a_3; a_4)$ ,  $a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4$  ise yamuk bulanık sayı olarak

adlandırılır; eğer üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x): R \rightarrow [0, 1]$  aşağıdaki denkleme eşitse (Tolga, 2009):

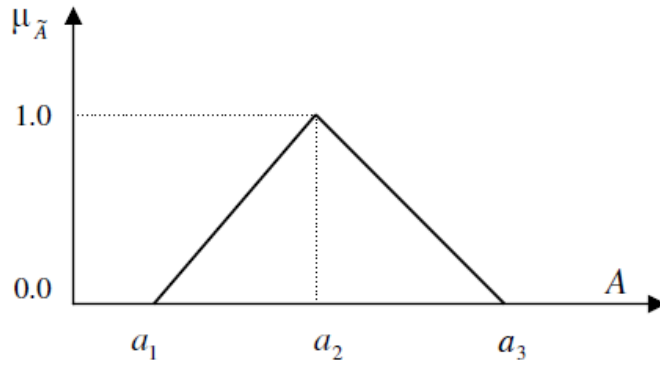
$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & x \in (a_1, a_2) \\ 1 & x \in [a_2, a_3] \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & x \in (a_3, a_4) \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.2)$$



Şekil 3.2: Yamuk Bulanık Sayı.

### 3.1.3.3. Üçgen Bulanık Sayılar

Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayılarla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşididir.  $(a_1, a_2, a_3)$  şeklinde ifade edilir.  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  parametreleri sırasıyla en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri göstermektedir. Üçgen bulanık A sayısının gösterilişi Şekil 3.3'te verilmiştir (Kahraman ve diğ., 2004).



Şekil 3.3: Üçgen Bulanık Sayı ( $\tilde{A}$ ).

$a_1$  ve  $a_3$ ; bulanık küme desteğinin alt ve üst sınır değerleri ve  $a_2$ , tam üyelikli tek sayı olmak üzere üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ (x - a_1)/(a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2, \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2), & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3.3)$$

#### Üçgen bulanık sayılarda işlemler

Üçgen bulanık sayılarda işlem yaparken dikkat edilmesi gereken bazı özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- İki üçgen bulanık sayının toplama ve çıkarma işlemlerinin sonucu yine bir üçgen bulanık sayıdır.
- Üçgen bulanık sayılarda çarpma, bölme ve ters işlem, sonuç olarak her zaman üçgen bulanık sayı vermez.
- Üçgen bulanık sayılarda maksimum veya minimum işlemleri de sonuç olarak her zaman üçgen bulanık sayı vermez (Karakaşoğlu, 2008).



İki pozitif bulanık sayı A ve B, şeklinde tanımlanacak olursa:  $\tilde{A} (a_1, a_2, a_3)$ ,  $\tilde{B}(b_1, b_2, b_3)$  şeklinde tanımlanacak olursa;

- Toplama İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)\end{aligned}\quad (3.4)$$

- Çıkarma İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \ominus \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)\end{aligned}\quad (3.5)$$

- Çarpma İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \otimes \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1.b_1, a_2.b_2, a_3.b_3)\end{aligned}\quad (3.6)$$

- Sabit Sayıyla Çarpma İşlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \otimes k &= (a_1, a_2, a_3) \otimes k \\ &= (a_1.k, a_2.k, a_3.k)\end{aligned}\quad (3.7)$$

- Bölme işlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \varphi \tilde{B} &= (a_1, a_2, a_3) \varphi (b_1, b_2, b_3) \\ &= (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1)\end{aligned}\quad (3.8)$$

- Ters işlem:

$$\tilde{A}^{-1} = (a_1, a_2, a_3)^{-1} \approx (1/a_3, 1/a_2, 1/a_1) \quad (3.9)$$

### **3.1.3.4. Dilsel Değişken Kavramı**

Bir dilsel değişken  $(x, T(x), U, G, M)$  terimleri ile ifade edilebilir. Burada  $x$  değişken ismidir.  $T(x)$ ,  $x$ 'in dilsel değerlerinin isimlerinden oluşan bir kümeyi ifade eder. Her değer,  $U$  temel değişkeni ile bağlantılı olan  $U$  örnek uzayında yer alır.  $G$ ,  $x$  değerlerinin ismini belirlemedeki kuralı ifade eder.  $M$ , her  $x$ 'in anlamı ile ilgili anlamsal bir kuraldır.  $M(x), U$  uzayının bir bulanık alt kümesidir. Örneğin;  $X$ , "yas" terimi ile ilgili  $U=[0,100]$  için bir dilsel değişken olsun. Temel değişken  $U$ , yasin yıl olarak ifadesidir ve bulanık bir kümedir. Burada  $X$  dilsel değişkeni olarak "genç", "çok yaşlı" ve bunun gibi ifadeler olabilmektedir (Öz, 2007).

### **3.1.4. Bulanık AHP**

#### **3.1.4.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Kavramı (AHP)**

Bulanık AHP konusuna girmeden önce yöntemin temeli olan AHP'den kısaca bahsetmek gerekmektedir. 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çoklu kriter içeren karmaşık karar verme problemlerinin çözümü için tasarlanan AHP, alternatifler arasından seçim yapmada kullanılan bir yöntemdir. AHP yöntemiyle problemin amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir modelle analiz edilip uygun bir çözüme ulaşılması sağlanır. Hiyerarşinin tepesinde problemin ana amacı yer almaktadır. Alt bölümlerde ise amacın değerlendirilmesi için kullanılan kriterler ve bu kriterlere ait alt kriterler bulunmaktadır. Amacın gerçekleşmesi için tespit edilen seçenekler ise hiyerarşinin en altında yer almaktadır. Tecrübe ve bilgiyi de içine alan, nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı sunan güçlü ve kolayca anlaşılabilen bir yöntemdir. Sonuçta büyük sistemler, daha küçük sistemlere ayrılmış bir şekilde karşımıza çıkarlar. Bu yapıya "hiyerarşi" adı verilir (Acer, 2009).

Bu yöntemde; hiyerarşiyi oluşturan objektif ve sübjektif tüm kriterler ikili karşılaştırmalar yapılarak ölçülür ve bu kriterlerin biri birine göre öncelikleri bulunarak önem sıraları belirlenir (Göksu ve Güngör, 2008).

Genel olarak bakıldığında AHP yönteminin aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Ulucan, 2004) :

- Verilen problem ve amaç tanımlanır:
- Karar verme sürecinde etkili olan kriterlerin belirlenmesi,
- Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan sözel ifadelerin ve karşılıklarının belirlenmesi
- Karar verme işleminin gerçekleştirileceği alternatifler kümesinin belirlenmesi,
- Problemin amaç, ana ve alt kriter ile alternatiflerinin gösterildiği hiyerarşik ağaç diyagramının çizilmesi,
- Karar verme sürecinde etkili olan kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi,
- Her bir alternatifin her kritere göre karşılaştırılması,
- Her alternatifin çok kriterli puanının elde edilmesi,
- Genel puanların karşılaştırılması ve sıralama yoluyla en iyi alternatifin seçilmesidir.

#### ***3.1.4.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Kavramı***

Çeşitli yazarlar tarafından geliştirilmiş değişik Bulanık AHP yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin tümü Bulanık Mantık Teorisini (Zadeh, 1965) ve Hiyerarşik yapı analizi kullanarak alternatif seçimini ve gerekçe problemlerine sistematik bir yaklaşımda bulunmaktadır. Karar vericiler genellikle aralık değerlendirmeleri sabit değerlendirmelerden daha güvenli bulurlar. Bunun nedeni, karar vericilerin karşılaştırma yönteminin bulanık doğası gereği tercihleri hakkında kesin olmamalarıdır. Bulanık AHP alanındaki en erken çalışma, 1983 yılında Van Laarhoven ve Pedrycz'in üçgensel üyelik fonksiyonları ile tanımlanmış bulanık oranları karşılaştırdıkları çalışmalarında görülmüştür. 1985 yılında Buckley ise, bulanık karşılaştırma oranlarının önceliklerini yamuksal üyelik fonksiyonları ile belirtmiştir. 1996 yılında Stam vd. AHP yönteminin öncelik değerlerinin belirlenmesi yaklaşımında yapay zeka nasıl kullanılabileceği üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yine 1996 yılında Chang, bulanık AHP'yi ele almak için, bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma ölçeği için, üçgensel bulanık sayıların kullanımı ve ikili karşılaştırmaların sentetik derece değeri için derece analiz yönteminin kullanımı ile yeni bir yaklaşım sunmuştur (Bayar, 2010).

Bir bulanık AHP uygulamasında genel olarak aşağıdaki adımlar izlenmektedir:

- İlk aşamada kriter hiyerarşisinin oluşturulması söz konusudur. Problem hiyerarşik bir yapıya dönüştürüldükten sonra ulaşılmak istenen amaç, hedef ve bu amaca ait alt hedefler de belirlenecektir.
- İkinci aşamada her bir kriterin ağırlıkları hesaplanacaktır. Aynı seviyedeki alan kriterlerin ağırlık ve önem dereceleri ikili mukayeseler yardımıyla belirlendikten sonra tutarlılık analizi yapıp, var olan tutarsızlıklar düzeltilip tutarlı bir ikili mukayeseler matrisine ulaşıldıktan sonra matrise girilen değerlendirmeler üçgen sayılara dönüştürülecektir.
- İkili mukayese matrisinde ağırlık vektörünü geometrik ortalamalar metodu kullanılarak belirlendikten sonra geometrik ortalama metoduyla her bir alternatifin ağırlık değerleri bulanık sayılar yardımıyla hesaplanmakta ve bu bulanık sayıların durulanması sonucunda normal ağırlık değerleri elde edilmektedir.
- Değerlendirme matrisinin oluşturulmasında dilsel değişkenler kullanılmaktadır. Matrisin oluşturulmasında farklı değerlendirme değerleri kullanıldığı zaman toplama işleminin yapılması açısından bu değerlerin ortak bir birim cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir.
- Son aşamada üyelik değerleri yorumlandıktan sonra alternatiflere ait öncelik değerleri hesaplanmakta ve bu şekilde alternatiflerin öncelik sıraları da belirlenmektedir (Acer, 2009).

Bulanık AHP ile ilgili literatürde kullanılan bazı yaklaşımlar aşağıdaki bölümlerde verilmiştir. Sonraki başlıkta anlatılan uygulamada Chang'ın Genişletilmiş Bulanık AHP Yöntemi kullanıldığı için diğer yaklaşımlar ayrıntılı olarak sunulmamıştır.

#### *Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) Yaklaşımı*

AHP'nin genişletilmesi olan bu metotta karşılaştırma matrisinde bulunan elemanlar üçgensel bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Hesaplama adımları AHP ile aynıdır. Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans ağırlıklarını elde etmek için Lootsma'nın logaritmik en küçük kareler yöntemini kullanmışlardır. Bulanık ağırlıkların

hesaplanması için bulanık üçgensel sayılar için tanımlanan aritmetik işlemleri kullanmışlardır (Üzgül, 2006).

#### *Buckley Yaklaşımı*

Buckley (1985), yamuk bulanık sayıları kullanarak yeni bir model geliştirmiştir. Yeni modelde, Saaty AHP'sinin başka bir uzantısı olan  $a_{ij}$  bulanık kıyaslama oranlarını kullanmıştır. Buckley; Laarhoven ve Pedrycz'nin yöntemindeki sorunlara dikkat çekmiş ve bu sorunları çözebilmek için, performans puanlarını hesaplamada geometrik ortalama kullanmıştır (Öz, 2007).

#### *Genisletilmiş Bulanık AHP Yöntemi*

Chang, 1996'da bulanık AHP'yi ele almak için, bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma ölçümü için üçgensel bulanık sayıların kullanımı ile bir yaklaşım önermiştir. Derece analiz metodu olarak adlandırılan bu metodu, ikili karşılaştırmaların sentetik derece değeri için kullanmıştır. Bu yöntemin adımları diğer bulanık AHP yöntemlerine nispeten daha kolaydır ve klasik AHP'ye benzemektedir (Büyüközkan ve diğ., 2004).

Chang Mertebeli Analizi Tekniği kullanım kolaylığı ve adımların klasik AHP tekniğine yakın olması nedeniyle uygulamada da en çok tercih edilen tekniklerden biridir.  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  ile ifade edilen nesnelere kümesi ve  $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$  olarak ifade edilen bir amaç kümesi olsun. Chang' in mertebeli analizi yaklaşımında her bir nesne alınarak her bir amaç için mertebeli uygulanmaktadır. Sonunda her bir nesne için  $m$  tane mertebeli analiz değerleri elde edilmektedir.

Bu elde edilen değerler;

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i=1,2,3,\dots,n$$

şeklinde gösterilir.

Burada verilen tüm  $M_{g_i}^m$  parametreleri  $l, m, u$  olarak ifade edilen üçgensel sayıları göstermektedir. Chang' in mertebeli analizi adımları şu şekildedir;

**Adım 1:** i. nesneye göre bulanık sentetik değeri şu şekilde tanımlanır;

$$S_1 = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (3.10)$$

Burada ifade edilen  $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerini elde etmek için  $m$  boyut analiz değerine

aşağıda görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır;

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[ \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right] \quad (3.11)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[ \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right] \quad (3.12)$$

Birinci adımın sonunda yukarıdaki vektörün tersi şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left[ \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right] \quad (3.13)$$

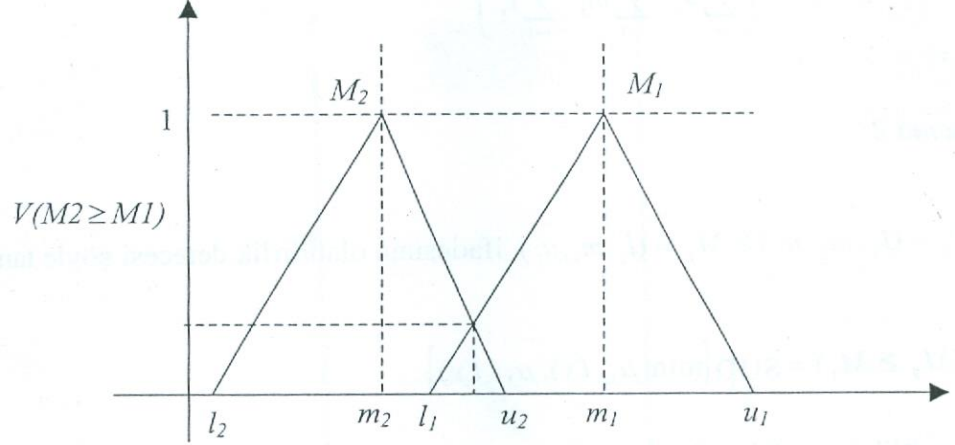
**Adım 2:**  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  olayının olabilirlik derecesi şu şekilde ifade edilmektedir:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[ \min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right] \quad (3.14)$$

Aşağıdaki şekilde de açıklamak mümkündür:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, m_2 \geq m_1, ise \\ 0, l_1 \geq u_2, ise \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - u_1)}, diğ er \end{cases} \quad (3.15)$$

Aşağıda  $M_1$  ve  $M_2$  değerlerinin büyüklüklerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 3.4:  $M_1$  ve  $M_2$  Değerlerinin Kesişimi.

Yukarıdaki şekilde  $V(M_2 \geq M_1)$ ; d,  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasında yer alan ve en yüksek kesişim noktası olarak bilinen D'nin ordinatı yer almaktadır.  $V(M_2 \geq M_1)$  ve  $V(M_1 \geq M_2)$  değerleri  $M_1$  ve  $M_2$  değerlerini kıyaslayabilmek için gerekmektedir.

**Adım 3:** Konveks bir bulanık sayının  $M_i (i=1,2,3,\dots,k)$  olmak üzere k tane konveks sayıdan büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde gösterilmektedir;

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \end{aligned}$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), \quad (3.16)$$

$k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq 1$  Olduğu zaman  $A_i (i=1, 2, \dots, n)$  olarak gösterilen ağırlık vektörü aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$W' = [d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)]^T \quad (3.17)$$

**Adım 4:** Normalizasyon ile normalize edilmiş ağırlık vektörü aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$W = [d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)]^T \quad (3.18)$$

Burada tanımlanan W, bulanık olmayan bir sayıyı tanımlamaktadır (Acer, 2009).

Yukarıda bahsedilen BAHF yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları Tablo 3.2'deki gibidir (Erdem, 2012).

**Tablo 3.2:** BAHF Yöntemlerinin Karşılaştırılması.

Metot	Metodun Önemli Karakteristikleri	Avantaj (+) / Dezavantaj (-)
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	Saaty'nin AHP metodunun üçgen bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır	+ Birden fazla karar vericinin düşünceleri karşılıklı (reciprocal) matrislerde modellenebilir. - Küçük bir problem için bile çok fazla matematiksel işlem gerektirir.
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)		- Sadece üçgen bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.
Buckley (1985)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saaty'nin AHP metodunun yamuk bulanık sayılar kullanılarak uygulanmasıdır.</li> <li>Geometrik ortalama kullanarak bulanık ağırlıkları ve performans skorlarını elde eder.</li> </ul>	+ Bulanık duruma genişletmek kolaydır + Tek bir sonucu garanti eder - Hesap gereksinimi çok fazladır



Chang (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sentetik derece değerleri</li> <li>• Seviye basit sıralaması</li> <li>• Karma toplam sıralama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Hesap gereksinimi daha azdır</li> <li>+ Klasik AHP'nin adımlarını izler. İlave işlem gerektirmez.</li> <li>- Sadece üçgensel bulanık sayılar kullanılabilir</li> </ul>
--------------	---	---

### 3.1.4.3. AHP ve Bulanık AHP Arasındaki Farklar

Temelde pek çok benzerlik bulunmakla beraber iki yöntem arasındaki temel farklar Tablo 3.3'te belirtilmiştir (Bali ve Gencer, 2005).

**Tablo 3.3:** AHP ve BAHP Arasındaki Temel Farklar.

AHP YÖNTEMİ	BULANIK AHP YÖNTEMİ
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reel sayılar kullanılır.</li> <li>• Kriterler ve alternatiflerin sayıca fazla olduğu durumlarda AHP'nin uygulanması bazı olumsuzluklar yaratabilir. Bunun en büyük sebebi, karar verici tarafından yapılması gereken ikili karşılaştırmaların fazla olması ve bunun da karar vericide bezginlik yaratması ve aşırı zaman tüketmesidir.</li> <li>• AHP yönteminde karar vericinin sonucu direk etkilemesinin daha zor olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak da bu yöntemde nihai sonuç tümevarım metoduna daha yakın bir yaklaşımla bulunmaktadır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bulanık sayılar kullanılır. Doğruya daha yakın değerlere ulaşılır.</li> <li>• Bulanık AHP'de, AHP yöntemine nazaran ikili karşılaştırma dilsel ifadelerle yapılması daha kolay ve sağlıklı yapılabilmektedir.</li> <li>• Bulanık AHP'de ikili karşılaştırma yapılması daha kolay olabilmesine rağmen dilsel ifadelerle karşılık gelen bulanık değerlerin sınırlarının doğru tespit edilmesi gerekir.</li> <li>• AHP metodunda tutarlılığı bir şekilde ölçebilme imkanı olmasına rağmen bulanık AHP'de tutarlılığı ölçebilecek bir kontrol mekanizması modelin yapısında bulunmamaktadır.</li> </ul>

#### **3.1.4.4. Bulanık AHP’de Yapılan Uygulamalar**

Yapılan literatür araştırması sonucunda; Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemleri ile ya da Klasik Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemleri ile konteyner terminallerinde RFID sistemine yönelik olarak sadece bir çalışmanın yapıldığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra az da olsa; gerek AHP gerek ise de Bulanık AHP yöntemleri ile çözümlenen RFID’in farklı sektörlerde kullanımına yönelik çalışmalar tespit edilmiştir. ERP ve tedarikçi seçimleri için çok sık kullanılan bu yöntemler diğer sektörlerde yapılan pek çok seçim probleminin de çözüm temelini oluşturmaktadır. Belirsizlik durumlarının çok olduğu karar verme problemlerinde bulanık AHP uygulanmış ve değerlendirilmiştir.

Cheng (1999), silah sistemlerinin kullanılmasının değerlendirilmesinde bulanık sayıların sıralamasını kullanarak bulanık analitik hiyerarşik prosesi kullanmıştır.

Chang ve diğ, (2009) bulanık analitik hiyerarşi metodunu belediyeye ait çöp firmı GIS için fon dağıtımının düzenlenmesinde uygulamıştır.

Li ve diğ, (2009) bulanık analitik hiyerarşi metodunu otomatize üretim sistemlerinin dizaynına yönelik uygulamıştır.

Büyüközkan ve diğ, (2012) kişisel dijital yardımcı seçimine yönelik olarak iki fazlı bulanık AHP yöntemini uygulamıştır.

Oranlı (2007), bankacılık sektöründe RFID teknolojisinin uygulanması kararını BAHP ile değerlendirmiştir.

Kahraman ve diğ, (2004) Türkiye’de hizmet veren yemek sağlayıcısı (catering) şirketlerin kıyaslamasını BAHP ile değerlendirmiştir.

Durdudiler (2006), BAHP ile perakende sektöründe tedarikçi performans değerlendirilmesi konusunda çalışmıştır.

Tüysüz ve Kahraman (2006), bilişim teknolojinin projelerinin değerlendirilmesinde BAHP’i kullanmıştır.

Chao ve Lin (2010) liman terminal kapılarında uygulanacak otomatik konteyner numarası tanıma sistemlerinin seçimine yönelik olarak BAHP’i kullanmıştır.

Cebeci ve Kılınç (2007), cam endüstrisinde RFID sistem seçimi probleminde BAHP'ı kullanmıştır.

Özmen (2012), denizel ortamlar için malzeme seçimine yönelik olarak BAHP'ı kullanmıştır.

Şimşek (2011), hastane yer seçimi için BAHP'ı kullanmıştır.

Gültaş (2007), BAHP ile Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesine yönelik olarak çözüm önerisi getirmiştir.

## **4. BULGULAR**

### **4.1. TÜRK KONTEYNER TERMİNALLERİNE EN UYGUN RFID UYGULAMASI SEÇİMİ PROBLEMİNİN MODELLENMESİ**

#### **4.1.1. Problemin Tanımlanması**

Günümüzde limanlar ve özelinde konteyner terminalleri, artan ticaret hacmine bağlı olarak aktivitelerinde BT (Bilişim Teknolojileri)'den faydalanmak mecburiyetindedir. Çünkü tedarik zincirinin en önemli parçalarından biri olan limanda artacak verimlilik ve etkinlik, zincirin genel performansını da arttıracaktır. Günümüzde buna yönelik BT'nin en popülerlerinden biri olan RFID teknolojisinin de tüm dünya limanlarında olduğu gibi ülkemizde de kullanımı önemli bir araştırma konusudur çünkü limanlara RFID adaptasyonu hem maliyetli hem de karmaşık bir süreçtir. Getirdiği pek çok faydanın yanı sıra yapılan yatırımın geri dönüş oranındaki belirsizlik, dünya genelinde henüz genel bir uygulamaya geçilmemiş olması ve RFID in adaptasyonuna yönelik yapılan akademik ve sektörel çalışmaların yetersizliği; karar vericileri uygulama konusunda kararsız bırakmaktadır (Seymour ve diğ., 2007).

Pek çok iş sahasında olduğu gibi konteyner terminallerinde de RFID'in kullanım alanları ve RFID 'den beklentiler çok çeşitlidir. Bu bağlamda yaptıkları araştırmalar neticesinde RFID'e yatırım yapma kararı alan terminaller için ihtiyaçlarına yönelik olarak RFID sistem alternatiflerini analiz edip en doğru alternatifi belirlemeleri büyük önem taşımaktadır.

#### **4.1.2. Ana ve Alt Kriterlerin Tanımlanması**

Akademik literatürde yukarıda tanımlanan probleme yönelik herhangi sayısal bir çalışma henüz yapılmamıştır. Bu bağlamda burada belirlenen kriter ve alt kriterler ile oluşturulan model literatüre ciddi bir katkı sağlayacaktır. Lakin diğer sektörlerde RFID uygulama seçimi hakkında çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar incelenerek, araştırmacıların belirledikleri kriterlerden de yararlanılmıştır. Bu kriterler, RFID teknolojisini incelemiş ve bu teknolojiyi bilen üç konteyner limanımızda, ilgili konu ile direkt alakalı departmanlarda karar verici olarak görev ve sorumluluk alan 24 uzman ile yapılan yüz yüze mülakatlarla analiz edilmiş ve bu çalışmada kullanımı uygun olanlar belirlenmiştir. Ayrıca yapılan mülakatlarda eklenebileceği düşünülen kriterler de

modele eklenmiştir. Çalışmama katılan uzmanlar; LİMAN İŞLETME (9 kişi), OPERASYON (8 kişi) ve IT (7 kişi) departmanlarında yetkili kişilerden oluşmaktadır. Belirlenen ana ve alt kriterler Tablo 4.1’de belirtilmiştir.

**Tablo 4.1:** Konteyner Terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçiminde Kullanılacak Ana ve Alt Kriterler.

<p style="text-align: center;"><b>MALİYET</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>DONANIM MALİYETİ</u></li> <li>• <u>YAZILIM MALİYETİ</u></li> <li>• <u>ENTEGRASYON MALİYETİ</u></li> <li>• <u>EĞİTİM MALİYETİ</u></li> <li>• <u>BAKIM MALİYETİ</u></li> <li>• <u>SÜREÇ YENİLEME MALİYETİ</u></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>BEKLENEN FAYDA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>ARTAN LİMAN GÜVENLİĞİ</u></li> <li>• <u>ARTAN YÜK GÜVENLİĞİ</u></li> <li>• <u>ARTAN OPERASYONEL VERİMLİLİK</u></li> <li>• <u>ARTAN PRESTİJ</u></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>TEKNİK RİSK UNSURLARI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>GÜVENLİK</u></li> <li>• <u>SAĞLIĞA ETKİ</u></li> <li>• <u>KARMAŞIKLIK (KULLANIM KOLAYLIĞI)</u></li> <li>• <u>GÜVENİLİRLİK VE PERFORMANS</u></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>ÇEVRESEL KOŞULAR</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>PAYDAŞLARIN İŞBİRLİĞİ SEVİYESİ</u></li> <li>• <u>SEKTÖREL UYUMLULUK</u></li> <li>• <u>TEDARİKÇİ SEVİYESİ</u></li> <li>• <u>ULUSAL VE ULUSLARARASI KANUNİ BASKI</u></li> <li>• <u>STANDARTİZASYON</u></li> <li>• <u>REKABET BASKISI</u></li> </ul>

<b>ÖRGÜTSEL KOŞULLAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>LİMAN SİSTEMLERİYLE UYUMLULUK</u></li> <li>• <u>ÜST YÖNETİM DESTEĞİ</u></li> <li>• <u>FİNANSAL HAZIR OLMA</u></li> <li>• <u>FİNANSAL OLMAYAN HAZIR OLMA</u></li> <li>• <u>ÇALIŞANLARIN DİRENCİ</u></li> </ul>
------------------------------	---

#### **4.1.3. Ana Ve Alt Kriterlerin Açıklanması**

Literatür ve uzman görüşleri doğrultusunda Tablo 4.1’de de gösterildiği üzere 5 ana ve 25 alt kriter belirlenmiştir. Bunlar; maliyetler, ilgili sistemden beklenen fayda, teknik risk unsurları, çevresel (sektörel) koşullar ve örgütsel koşullardır. Tüm ana, alt kriterler ve alternatifler için gösterim kolaylığı olması açısından kısaltma kullanılacaktır. İlgili kısaltmalar parantez içinde gösterilmiştir.

##### **4.1.3.1. Maliyet (M) Ana Kriteri**

Crum ve diğ., (1996)’ya göre yeni bir teknolojinin maliyeti; “gerekli yazılım ve donanım altyapısı ve iş ortakları arasındaki elektronik bağlantıların kurulmasına yönelik masraflar” olarak tanımlanmaktadır.

Smith ve Konsynski (2003) çalışmasında RFID ile bağlantılı altı maliyet türünden bahseder. Bunlar; donanım, yazılım, entegrasyon, eğitim, bakım ve süreç yenileme maliyetleridir.

Upfold ve Liu (2010)’a göre maliyet RFID adaptasyonlarında en kilit faktörlerden biridir. Donanım, yazılım ve etiketlerin maliyetlerinden oluşan yüksek kurulum maliyeti karar vericileri yatırımın geri dönüşü hususunda düşünceye sevk etmektedir. Buna ek olarak belirtilmelidir ki; RFID yatırımları mevcut şartlarda yüksek olsa bile yapılmakta olan AR-GE çalışmaları ile her geçen gün maliyetler aşağıya çekilmektedir. Maliyet ana kriterine bağlı 6 alt kriter aşağıdaki gibidir;

*Donanım Maliyeti (M<sub>1</sub>):* Sistemin kurulumunda satın alınan etiketler, okuyucular, antenler, bilgisayarlar ve ağ ekipmanlarına ait maliyetler olarak düşünülmüştür.

*Yazılım Maliyeti ( $M_2$ ):* Mevcut liman sistemlerinden bağımsız, sadece kurulacak RFID sistemine özgü olan yazılımlara ait maliyetler olarak düşünülmüştür.

*Entegrasyon Maliyeti ( $M_3$ ):* Firmada mevcutta çalışan uygulamalar ve kullanılan programlar ile yeni kurulacak olan sistemin konuşabilmesi sağlanmalıdır. Bu, sistemin başarılı olabilmesi için en önemli aşamalardan birisidir. Çünkü kurulacak sistem bağımsız olarak çalışır ve yapı içerisindeki diğer kısımlarla bütünlük sağlanmazsa, sistemin ne derecede başarılı olduğu ve etkinlik yarattığı anlaşılamayacaktır (Oranlı, 2007).

*Eğitim Maliyeti ( $M_4$ ):* Limana kurulacak yeni teknoloji ile liman çalışanlarının yenilenen süreçlere ve ekipman kullanımına yönelik olarak eğitilmesi sonucu oluşacak maliyetleri kapsamaktadır.

*Bakım Maliyeti ( $M_5$ ):* Sistem sağlayıcılar tarafından, kurulum sırasında yapılan anlaşmada belirtilen periyodlarla, sistemin kontrol edilmesi ve herhangi bir sorunla karşılaşıldığında teknik destek alınması gerekmektedir (Oranlı, 2007).

*Süreç Yenileme Maliyeti ( $M_6$ ):* Liman ileride doğabilecek ihtiyaç ve talepler doğrultusunda adaptasyonunu yaptığı sistemi yenilemek zorunda kalabilmektedir. Bu bağlamda yeni maliyetler doğabilecektir (Lin, 2009).

#### **4.1.3.2. Beklenen Fayda (BF) Ana Kriteri**

Perera ve diğ. (2003) çalışmasında görece avantajı, bir yeniliğin, yerine geçtiği fikirden veya mevcut durumdan ne kadar daha fazla örgütsel fayda sağladığı yönündeki algının derecesi olarak tanımlar. Matta ve Moberg (2006)'ya göre görece avantaj ve rekabet, teknoloji adaptasyonuna yönelik değişkenlerin en önemlileridir. En temel ifadesi ile bağıl avantaj, bir örgütün ilgili teknolojiden beklediği faydalardır. Kuruluşların yenilikleri uygulayarak kazanabilecekleri avantajları değerlendirmeleri tüm sektörler için üzerinde durulması gereken bir konudur. Konteyner terminallerinde RFID uygulamalarına bağlı olarak 4 temel fayda beklenmektedir.

*Artan Liman Güvenliği ( $BF_1$ ):* Etiketlerin ilgili obje ve/veya objelere takılması sonucunda; objenin otomatik olarak tanınması ve takibi sağlanabilecektir. Objelerin; ne veya kim olduğu, nereden ve ne zaman geçtiği belirlenebilecek ve limanın güvenliği artacaktır.

*Artan Yük Güvenliği (BF<sub>2</sub>):* Özellikle konteynere takılacak e-mühürler vasıtasıyla sağlanabilecektir. Bunun yanı sıra e-mühür kullanılmadan da araca, şoföre ve/veya konteynerlere uygulanacak etiketlendirme işlemleri ile doğru yükün doğru araç ve sürücü ile taşınması ve doğru ekipmana doğru yükün yüklenmesi gibi yük güvenliğini arttıran çözümler mümkün olabilmektedir.

*Artan Operasyonel Verimlilik (BF<sub>3</sub>):* RFID uygulamaları, takip/izleme kolaylığı ve süreç otomatizasyonunda sağladığı artışa bağlı olarak terminallerin operasyonel verimliliklerinde yükselme sağlayabilmektedir. Bunun için liman içi ekipmanların ve/veya liman dışı öğelerin etiketlenmesi gerekmektedir. Liman yetkilileri lojistik süreçler bazında ilgili öğeleri takip ve izleme kolaylığına sahip olmaları sayesinde doğru planlama ve anlık reaksiyon verme anlamında kolaylıklara sahip olabilecektir. Ayrıca özellikle kapı geçişlerinde ve gümrük işlemlerinde objelerin otomatik olarak tanınması sayesinde işlem ve kontrol hızı artabilecek, hatalı işlemler minimize edilebilecek ve yoğunluk azalabilecektir. Tüm bu avantajlar operasyonel verimliliğe direkt etki etmektedir.

*Artan Prestij (BF<sub>4</sub>):* Limanların en son teknoloji ürünü sistemlere sahip olması müşteriye karşı bir prestij ve gösteriş niteliği taşımaktadır.

#### **4.1.3.3. Teknik Risk Unsurları (TRU) Ana Kriteri**

Her teknoloji ve uygulamalarının kendi karakteristiğinden doğan bazı teknik riskleri bulunmaktadır. Teknoloji uygulamalarında teknik risk daha çok bilgi güvenliği riski olarak algılanmakla beraber RFID için bu riskler çok çeşitli olabilmektedir. Bu kriterle ilgili olarak 4 temel alt kriter düşünülmüştür. Bunlar;

*Güvenlik (TRU<sub>1</sub>):* RFID adaptasyonun sürecinin ilk aşamalarında, bu teknolojiye aşina olmayan ve tecrübeleri kısıtlı olan firmalarda, güvenliğe ve gizliliğe yönelik olarak büyük şüpheler oluşabilmektedir. Chong ve Chan (2012)'ye göre güvenlik problemi, firmaların kablosuz ve mobil teknolojilere karşı duyduğu en büyük rahatsızlıklardan birisidir. Çünkü etiketlerin üzerinde depolanan veriler kablosuz olarak yayımlanmaktadır. Bu tip bilgilerin hackerlar tarafından gizlice elde edilme riski vardır.

*Sağlığa Etki (TRU<sub>2</sub>):* RFID teknolojisinin kullanımında radyo frekansının insan sağlığına olan etkileri en çok tartışılan hususların başında gelmektedir. Sistemde



kullanılacak ekipmanlar, kullanım frekansları ve kullanım yoğunluğu tüm çalışanlar için tehdit unsuru olabilmektedir (Lin, 2009).

*Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı) (TRU<sub>3</sub>):* Rogers (1983)'e göre karmaşıklık, “bir yeniliğin anlaşılması ve kullanılmasının diğerlerine göre ne derece zor olduğu” olarak tanımlanır. Schmitt ve Michahelles (2009) çalışmasına göre; yüksek karmaşıklık içeren yenilikler örgüt içinde yüksek miktarda şüpheyi de beraberinde getirir. Her RFID teknolojisi uygulamasının kendine has özellikleri bulunmaktadır. Her bir alternatif teknik olarak farklı karmaşıklıkları barındırmaktadır. Bu bağlamda seçilecek alternatifin kullanıcı dostu özelliklere sahip olması ve gelecekte kolayca geliştirilebilir özellikleri barındırması önemlidir.

*Güvenilirlik ve Performans (TRU<sub>4</sub>):* Her RFID uygulaması için etiketlerin okunma oranı, hızı, elde edilecek verilerin doğruluğu, aynı anda okunan etiket sayıları, okuyucuların okuma menzilleri, verilerin güncellenebilmesi, insan gücü gereksinimi vb. parametreler farklılık arz etmektedir.

#### **4.1.3.4. Çevresel Koşullar (ÇK) Ana Kriteri**

Tornatzky ve Fleischer (1990)'a göre çevresel içerik “bir firmanın faaliyetlerini yürüttüğü arena yani sektör, rakipler, başkaları tarafından tedarik edilen kaynaklara erişim ve devletle ilişkiler” olarak tanımlanmıştır. Çevresel koşullar aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

*Paydaşların İşbirliği Seviyesi (ÇK<sub>1</sub>):* Seymour ve diğ. (2008) 'e göre konteyner taşımacılığında sektörün kendine has yapısı RFID adaptasyonunda önem arz eder. Bu sürecin liman dışındaki aktörleri (özellikle limanın en sık işbirliği içinde olduğu acente ve taşıyıcı firmalar) limanın ilgili yatırımına yönelik işbirlikçi ve gönüllü (maliyet paylaşımı, RFID'e yönelik re-organizasyon vb) olabilmelidir.

*Sektörel Uygunluk (ÇK<sub>2</sub>):* RFID uygulamaları kullanılacağı sektörün doğasına mümkün olduğunca uygun olmalıdır. Limanlar her ne kadar uygulamayı şimdilik lokal olarak gerçekleştirse de sektörün diğer aktörleri ve mevcut iş süreçleri bu uygulamadan etkilenecek ve uyumsuzluklar baş gösterebilecektir. Bu bağlamda seçilecek alternatifin uygulanabilirliği dikkatle analiz edilmelidir.

*Tedarikçi Seviyesi (ÇK<sub>3</sub>):* Li ve diğ. (2010) ‘a göre RFID yeni gelişmekte olan bir teknoloji olarak emekleme döneminde ve henüz yeterli miktarda firma tarafından uzmanlaşma sağlanamamıştır. Bu yüzden tedarikçilerin bilgi ve destek seviyeleri firmalar için önemlidir. Whitaker ve diğ. (2007) ‘e göre firmaların başarılı RFID uygulamaları için uzman tedarikçilerin varlığı kaçınılmazdır.

*Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı (ÇK<sub>4</sub>):* Wang ve diğ. (2010) ‘a göre dış baskı; bir teknolojinin adaptasyon kararına yönelik olarak ticaret ortakların, müşterilerin ve devlet tarafından oluşturulan baskının yoğunluk derecesini yansıtır. Anand ve Kulshreshtha (2007)’e göre de çevresel faktörlerden olan devletin yaptığı kanuni düzenlemelerin özellikle gelişmekte olan ülkelerde bir teknolojinin adaptasyonunda büyük etkisi vardır. İthalat ve ihracat yapılan pek çok ülke, güvenlik ve tedarik zincirinin izlenebilirliği ihtiyaçları doğrultusunda RFID teknolojisinin kullanımını talep etmesi kaçınılmazdır.

*Standardizasyon (ÇK<sub>5</sub>):* RFID teknolojisi yaygınlaşmaya devam ettikçe küresel standartlar oluşturulmasına duyulan ihtiyaç ta artmaktadır. Schmitt ve diğ. (2007)'ye göre; etkin RFID kullanımı için tamamen küreselleşmiş bir iş ortamı ve örgütlerin bilgi ve iletişim teknolojilerinin birlikte çalışabilirlik (interoperability) seviyelerinin yüksek olması temel gerekliliklerdir. Bu bağlamda, RFID standartları (RF protokolü, etiket üzeri veri yapıları vb.) – endüstriler için çözülmesi gereken bir konudur.

Narsoo ve diğ. (2009)’a göre RFID teknolojisinin karşı karşıya bulunduğu en temel zorluk, hem teknoloji spesifikasyonu hem de uygulama için tutarlı standartların mevcut olmayışıdır. Global olarak standartların oluşturulması ve kabul görmesi RFID uygulamasına olumlu etkilerde bulunacaktır.

*Rekabet Baskısı (ÇK<sub>6</sub>):* Chewelos ve diğ. (2001) ‘e göre rekabet; ilgili endüstrideki rakipleriniz ile baş edebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Wang ve diğ. (2010) ‘a göre rekabet, yeni teknoloji adaptasyonunun önemli bir belirleyicisidir. Van Heck ve Ribbers (1999) çalışmasına göre pazar rekabeti arttıkça, firmalar yenilikler aracılığıyla rekabet açısından avantaj elde etmenin yollarını arama ihtiyacı duymaktadır. Wang ve diğ. (2010) ‘a göre RFID için seçeceği uygulama ile firmalar, daha iyi envanter görünürlüğü, daha fazla operasyon verimliliği ve daha doğru veri toplama şansını elde edebilir . Bu durum konteyner taşımacılığı özelinde de geçerlidir.

#### **4.1.3.5.Örgütsel Koşullar (ÖK) Ana Kriteri**

Öztürk (2010)'a göre örgütsel içeriği; firma büyüklüğü ve kapsamı, yönetsel yapısının merkezileşmesi, resmileşmesi ve karmaşıklığı; insan kaynaklarının kalitesi ve kuruluş içinde yer alan kaynakların miktarı oluşturur. Kuruluş yapısı ve süreçleri, uygulama alternatifinin seçimini sınırlayabilir veya kolaylaştırabilir. Bu nedenle örgütsel koşulların uygulama seçimi kararı üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Limanlarda RFID uygulama seçim kararı belirleyicileri olarak aşağıdaki alt kriterler belirlenmiştir.

*Limn Sistemleriyle Uyumluluk (ÖK<sub>1</sub>):* Wang ve diğ. (2010) 'a göre uyumluluk; bir yeniliğin, potansiyel uygulamacıların ihtiyaçları veya mevcut uygulamalarıyla (halen kullandığı IT altyapısı, iş süreçleri vb) ne kadar uyumlu olarak algılandığını tanımlar. Uyumluluk derecesinin yüksek olması yeniliğin uygulanmasını hızlandıran bir faktör olarak tanımlanmıştır. Sharma ve Citurs (2005) çalışmasında "Uyumluluk" parametresinin RFID uygulaması seçimlerini önemle etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca Ngai ve diğ. (2007)'e göre örgütün mevcut sistem ve stratejileriyle RFID uygulama alternatifinin uyumluluk göstermesi adaptasyon kararını direkt etkiler.

*Üst Yönetim Desteği (ÖK<sub>2</sub>):* Wang ve diğ. (2010) 'a göre yeni uygulamaların seçiminde üst yönetim desteği önemli bir faktördür ve adaptasyonla olumlu bağlantısı olduğu saptanmıştır. Schmitt ve diğ. (2007)'ye göre üst yönetim desteği RFID uygulaması seçimi kararında kilit bir rol oynamaktadır. Üst yönetim, yenilik için vizyon, destek ve olumlu bir ortam yaratma isteği sağlayabilecektir.

*Finansal Hazır Olma (ÖK<sub>3</sub>):* Iacovou ve arkadaşları (1995) 'e göre örgütsel düzeyde hazır olma durumu kuruluşun (1) finansal, (2) teknolojik kaynaklarının düzeyiyle ilgilidir. Finansal kaynaklar yeni bir teknolojik yeniliğin maliyeti, sonraki iyileştirme maliyetleri ve kullanım sırasında devam eden bakım ve onarım giderlerini ödemek için mevcut olan finansal kaynakları ifade eder.

*Finansal Olmayan Hazır Olma (ÖK<sub>4</sub>):* Finansal olmayan hazır olmayı ifade eden kaynaklar limandaki BT ve diğer çalışanların yeterliliği ve bilgi düzeyi ile ilgilidir. Öztürk (2010)'a göre bu kriter; bir kuruluşta RFID teknolojisi hakkında bilinenleri ifade eder. Lee ve Shim (2007), sağlık sektöründe RFID uygulaması seçim kararı süreçlerini

incelediği çalışmasında örgütsel olarak hazır olma derecesinin artması ile seçilecek uygulamada büyük değişiklikler olabileceğini ortaya koymuştur.

*Çalışanların Direnci (ÖK<sub>5</sub>):* Birey ve grupların mevcut olduğu yerde denge durumunu bozan çoğu değişiklik problem yaratabilmektedir. Seçilecek RFID uygulamasının getireceği değişim ve yeniliklere liman çalışanları direnç gösterebilmektedir.

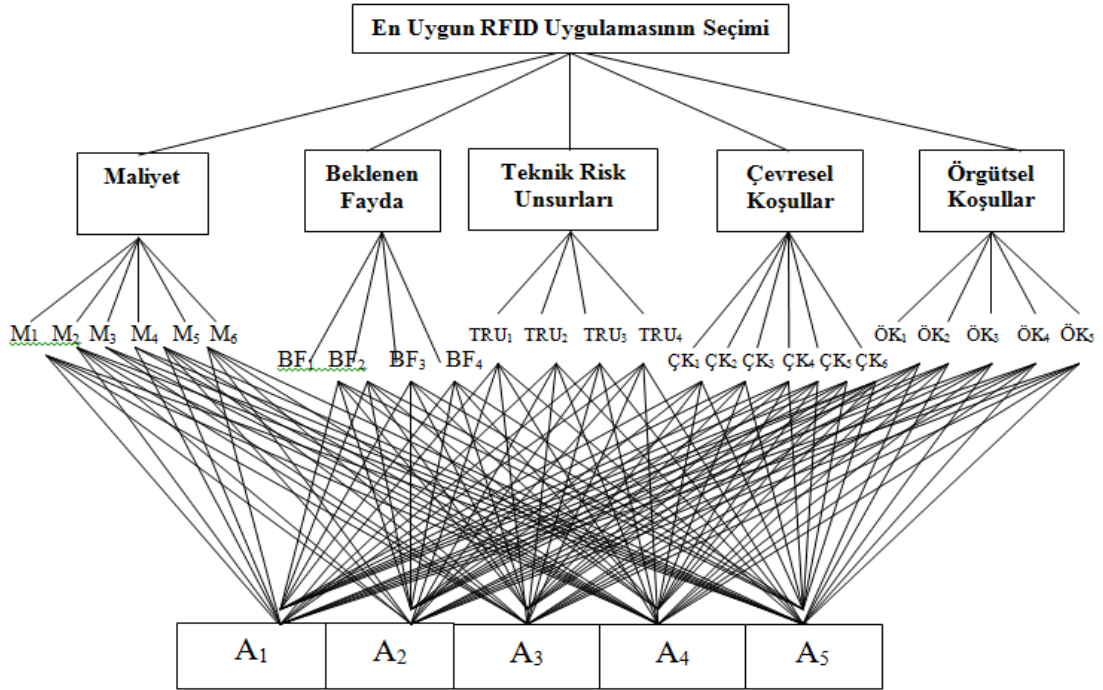
#### 4.1.4. Alternatiflerin Belirlenmesi

RFID teknolojisi konteyner terminallerinin pek çok alanında kullanılabilir. Bu uygulamalar etiketlenen objelere ve okuyucuların konuldukları bölgelere göre farklı amaçları içermektedir. Alternatifler belirlenirken gerek tekil gerekse de hibrit kullanımlar düşünülmüş ve dünyanın önde gelen konteyner terminallerindeki uygulama alternatifleri de göz önünde tutulmuştur. Tüm objelerin aktif etiket ile etiketlenilmesi ve buna uygun olarak aktif etiket okuyucular kullanılması düşünülmüştür. Seçimi yapılacak alternatifler Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2:** Türk Konteyner Terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçiminde Analiz Edilecek Alternatifler.

Alternatif	Okuyucu Lokasyonu	Etiketlenen Obje
A <sub>1</sub>	Giriş/Çıkış Kapıları	Taşıyıcı Araç (Aktif Etiketli)
A <sub>2</sub>	Giriş/Çıkış Kapıları	Konteyner (Gövdeye Aktif etiketli) + Taşıyıcı Araç (Aktif Etiketli)
A <sub>3</sub>	Giriş/Çıkış Kapıları	Konteyner (Kapısına Aktif etiketli E-Mühür) + Taşıyıcı Araç (Aktif Etiketli)
A <sub>4</sub>	Giriş/Çıkış Kapıları + Terminal İç Bölge	Konteyner (Gövdeye Aktif etiketli) + Taşıyıcı Araç (Aktif Etiketli)+ Liman Ekipmanları (Aktif Etiketli)
A <sub>5</sub>	Giriş/Çıkış Kapıları + Terminal İç Bölge	Konteyner (Kapısına Aktif etiketli E-Mühür) + Taşıyıcı Araç (Aktif Etiketli) + Liman Ekipmanları (Aktif Etiketli)

Belirlenen tüm kriterler ve alternatifler doğrultusunda hiyerarşik yapı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.1:** Konteyner terminallerine En Uygun RFID Uygulamasının Seçimi Probleminin Hiyerarşik Yapısı.

Tablo 4.3'de yukarıda açıklanan problemin çözümünde kullanılan bulanık karşılaştırma dereceleri gösterilmiştir.

**Tablo 4.3:** Kriter Bulanık Karşılaştırma Dereceleri.

DİLSEL ÖLÇEK	ÜÇGENSEL BULANIK ÖLÇEK	ÜÇGENSEL KARŞIT BULANIK ÖLÇEK
Eşit	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Eşite Yakın Daha Önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Biraz Daha Önemli	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Çok Daha Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Pek Çok Daha Önemli	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Tamamen Daha Önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

## 4.2. TÜRK KONTEYNER TERMİNALLERİNE EN UYGUN RFID UYGULAMASI SEÇİMİ PROBLEMİNİN BAHP İLE ÇÖZÜMÜ

24 uzmana Ek A'da verilen anketin uygulanması sonucu elde edilen veriler, daha önceki bölümde ayrıntıları ile açıklanan Chang'ın Mertebe Analizi Tekniği aşamaları uygulanarak çözülmüş ve aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır.

### 4.2.1. Maliyet Ana Kriterine Göre Hesaplamalar

Birinci ana kriter olan "Maliyet" in alt kriterleri; donanım, yazılım, entegrasyon, eğitim, bakım ve süreç yenileme alt kriterleri bazındaki oluşan sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Buna göre birinci alt kriter "*Donanım Maliyeti (M<sub>1</sub>)*" ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	6,77	7,90	8,93	x	0,0340	0,0376	0,0418	=	0,23	0,30	0,37
$S_{A2}$	5,17	5,62	6,07	x	0,0340	0,0376	0,0418	=	0,18	0,21	0,25
$S_{A3}$	3,93	4,34	4,81	x	0,0340	0,0376	0,0418	=	0,13	0,16	0,20
$S_{A4}$	4,44	4,84	5,24	x	0,0340	0,0376	0,0418	=	0,15	0,18	0,22
$S_{A5}$	3,64	3,91	4,35	x	0,0340	0,0376	0,0418	=	0,12	0,15	0,18

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V$	$S_{g>=}$	$S_{sa}$	1,00	$V$	$S_{g>=}$	$S_i$	1,00	$V$	$S_{g>=}$	$S_h$	1,00	$V$	$S_{g>=}$	$S_{si}$	1,00
$V$	$S_{sa>=}$	$S_i$	1,00	$V$	$S_{sa>=}$	$S_h$	1,00	$V$	$S_{sa>=}$	$S_{si}$	1,00	$V$	$S_{sa>=}$	$S_g$	0,21
$V$	$S_{i>=}$	$S_h$	0,72	$V$	$S_{i>=}$	$S_{si}$	1,00	$V$	$S_{i>=}$	$S_g$	0,00	$V$	$S_{i>=}$	$S_{sa}$	0,34
$V$	$S_{h>=}$	$S_{si}$	1,00	$V$	$S_{h>=}$	$S_g$	0,00	$V$	$S_{h>=}$	$S_{sa}$	0,60	$V$	$S_{h>=}$	$S_i$	1,00
$V$	$S_{i>=}$	$S_g$	0,00	$V$	$S_{i>=}$	$S_{sa}$	0,08	$V$	$S_{i>=}$	$S_i$	0,75	$V$	$S_{i>=}$	$S_h$	0,46

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,21 \\ D(A_3) &= 0,00 \\ D(A_4) &= 0,00 \\ D(A_5) &= 0,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1.00, 0.21, 0.00, 0.00, 0.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.82, 0.18, 0.00, 0.00, 0.00)<sup>T</sup> elde edilir.

Bu aşamalar diğer tüm alt kriterler için aynı şekilde adım adım tekrarlanacaktır.

**İkinci** alt kriter “*Yazılım Maliyeti (M<sub>2</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{l}
 S_{A1} \quad 6,07 \quad 6,53 \quad 6,92 \quad x \quad 0,0359 \quad 0,0385 \quad 0,0414 = \quad 0,22 \quad 0,25 \quad 0,29 \\
 S_{A2} \quad 5,70 \quad 6,09 \quad 6,50 \quad x \quad 0,0359 \quad 0,0385 \quad 0,0414 = \quad 0,20 \quad 0,23 \quad 0,27 \\
 S_{A3} \quad 3,93 \quad 4,28 \quad 4,63 \quad x \quad 0,0359 \quad 0,0385 \quad 0,0414 = \quad 0,14 \quad 0,16 \quad 0,19 \\
 S_{A4} \quad 4,65 \quad 5,01 \quad 5,37 \quad x \quad 0,0359 \quad 0,0385 \quad 0,0414 = \quad 0,17 \quad 0,19 \quad 0,22 \\
 S_{A5} \quad 3,79 \quad 4,03 \quad 4,41 \quad x \quad 0,0359 \quad 0,0385 \quad 0,0414 = \quad 0,14 \quad 0,16 \quad 0,18
 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A2} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A3} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A4} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A5} \quad 1,00 \\
 \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A3} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A4} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A5} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A1} \quad 0,75 \\
 \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A4} \quad 0,47 \quad \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A5} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A1} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A2} \quad 0,00 \\
 \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A5} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A1} \quad 0,07 \quad \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A2} \quad 0,30 \quad \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A3} \quad 1,00 \\
 \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A1} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A2} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A3} \quad 0,81 \quad \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A4} \quad 0,29
 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{array}{l}
 D(A_1) = 1,00 \\
 D(A_2) = 0,75 \\
 D(A_3) = 0,00 \\
 D(A_4) = 0,07 \\
 D(A_5) = 0,00
 \end{array}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,75, 0,00, 0,07, 0,00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,55, 0,41, 0,00, 0,04, 0,00)^T$  elde edilir.

**Üçüncü** alt kriter “*Entegrasyon Maliyeti (M<sub>3</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{l}
 S_{A1} \quad 6,21 \quad 6,65 \quad 7,03 \quad x \quad 0,0351 \quad 0,0377 \quad 0,0407 = \quad 0,22 \quad 0,25 \quad 0,29 \\
 S_{A2} \quad 5,90 \quad 6,31 \quad 6,74 \quad x \quad 0,0351 \quad 0,0377 \quad 0,0407 = \quad 0,21 \quad 0,24 \quad 0,27 \\
 S_{A3} \quad 5,12 \quad 5,48 \quad 5,83 \quad x \quad 0,0351 \quad 0,0377 \quad 0,0407 = \quad 0,18 \quad 0,21 \quad 0,24 \\
 S_{A4} \quad 3,94 \quad 4,37 \quad 4,80 \quad x \quad 0,0351 \quad 0,0377 \quad 0,0407 = \quad 0,14 \quad 0,17 \quad 0,19 \\
 S_{A5} \quad 3,43 \quad 3,68 \quad 4,06 \quad x \quad 0,0351 \quad 0,0377 \quad 0,0407 = \quad 0,12 \quad 0,14 \quad 0,17
 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
 \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A5} & 1,00 \\
 \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A1} & 0,81 \\
 \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A1} & 0,30 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A2} & 0,49 \\
 \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A1} & 0,00 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A2} & 0,00 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A3} & 0,27 \\
 \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A1} & 0,00 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A2} & 0,00 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A3} & 0,00 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A4} & 0,51
 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$D(A_1) = 1,00$$

$$D(A_2) = 0,81$$

$$D(A_3) = 0,30$$

$$D(A_4) = 0,00$$

$$D(A_5) = 0,00$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,81, 0,30, 0,00, 0,00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,47, 0,38, 0,14, 0,00, 0,00)^T$  elde edilir.

**Dördüncü** alt kriter “*Eğitim Maliyeti (M<sub>4</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{llllllllll}
 S_{A1} & 5,30 & 5,88 & 6,50 & \times & 0,0355 & 0,0390 & 0,0428 & = & 0,19 & 0,23 & 0,28 \\
 S_{A2} & 5,28 & 5,80 & 6,45 & \times & 0,0355 & 0,0390 & 0,0428 & = & 0,19 & 0,23 & 0,28 \\
 S_{A3} & 5,02 & 5,41 & 5,82 & \times & 0,0355 & 0,0390 & 0,0428 & = & 0,18 & 0,21 & 0,25 \\
 S_{A4} & 3,88 & 4,31 & 4,72 & \times & 0,0355 & 0,0390 & 0,0428 & = & 0,14 & 0,17 & 0,20 \\
 S_{A5} & 3,89 & 4,21 & 4,68 & \times & 0,0355 & 0,0390 & 0,0428 & = & 0,14 & 0,16 & 0,20
 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
 \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A5} & 1,00 \\
 \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A1} & 0,97 \\
 \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A1} & 0,77 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A2} & 0,80 \\
 \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A1} & 0,18 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A2} & 0,20 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A3} & 0,36 \\
 \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A1} & 0,16 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A2} & 0,18 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A3} & 0,32 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A4} & 0,94
 \end{array}$$



Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,97 \\ D(A_3) &= 0,77 \\ D(A_4) &= 0,18 \\ D(A_5) &= 0,16 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,97, 0,77, 0,18, 0,16)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,32, 0,31, 0,25, 0,06, 0,05)^T$  elde edilir.

**Beşinci** alt kriter “*Bakım Maliyeti (M<sub>5</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{l} S_{A_1} \quad 7,30 \quad 8,02 \quad 8,70 \quad x \quad 0,0342 \quad 0,0366 \quad 0,0393 \quad = \quad 0,25 \quad 0,29 \quad 0,34 \\ S_{A_2} \quad 5,81 \quad 6,24 \quad 6,66 \quad x \quad 0,0342 \quad 0,0366 \quad 0,0393 \quad = \quad 0,20 \quad 0,23 \quad 0,26 \\ S_{A_3} \quad 4,76 \quad 5,05 \quad 5,34 \quad x \quad 0,0342 \quad 0,0366 \quad 0,0393 \quad = \quad 0,16 \quad 0,18 \quad 0,21 \\ S_{A_4} \quad 3,98 \quad 4,23 \quad 4,49 \quad x \quad 0,0342 \quad 0,0366 \quad 0,0393 \quad = \quad 0,14 \quad 0,15 \quad 0,18 \\ S_{A_5} \quad 3,59 \quad 3,77 \quad 4,01 \quad x \quad 0,0342 \quad 0,0366 \quad 0,0393 \quad = \quad 0,12 \quad 0,14 \quad 0,16 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{l} \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_2} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_3} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_3} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_1} \quad 0,16 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_1} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_2} \quad 0,20 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_1} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_2} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_3} \quad 0,32 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_1} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_2} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_3} \quad 0,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_4} \quad 0,56 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,16 \\ D(A_3) &= 0,00 \\ D(A_4) &= 0,00 \\ D(A_5) &= 0,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1.00, 0.16, 0.00, 0.00, 0.00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0.87, 0.13, 0.00, 0.00, 0.00)^T$  elde edilir.

**Altıncı** alt kriter “*Süreç Yenileme Maliyeti ( $M_6$ )*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	6,28	7,09	7,96	x	0,0346	0,0387	0,0432	=	0,22	0,27	0,34
$S_{A2}$	4,49	4,91	5,38	x	0,0346	0,0387	0,0432	=	0,16	0,19	0,23
$S_{A3}$	4,11	4,66	5,24	x	0,0346	0,0387	0,0432	=	0,14	0,18	0,23
$S_{A4}$	4,30	4,72	5,17	x	0,0346	0,0387	0,0432	=	0,15	0,18	0,22
$S_{A5}$	4,00	4,46	5,15	x	0,0346	0,0387	0,0432	=	0,14	0,17	0,22

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V$	$S_{A1} \geq S_{A2}$	1,00	$V$	$S_{A1} \geq S_{A3}$	1,00	$V$	$S_{A1} \geq S_{A4}$	1,00	$V$	$S_{A1} \geq S_{A5}$	1,00
$V$	$S_{A2} \geq S_{A3}$	1,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A4}$	1,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A5}$	1,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A1}$	0,15
$V$	$S_{A3} \geq S_{A4}$	0,97	$V$	$S_{A3} \geq S_{A5}$	1,00	$V$	$S_{A3} \geq S_{A1}$	0,09	$V$	$S_{A3} \geq S_{A2}$	0,88
$V$	$S_{A4} \geq S_{A5}$	1,00	$V$	$S_{A4} \geq S_{A1}$	0,06	$V$	$S_{A4} \geq S_{A2}$	0,91	$V$	$S_{A4} \geq S_{A3}$	1,00
$V$	$S_{A5} \geq S_{A1}$	0,05	$V$	$S_{A5} \geq S_{A2}$	0,79	$V$	$S_{A5} \geq S_{A3}$	0,91	$V$	$S_{A5} \geq S_{A4}$	0,88

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$D(A_1) =$	1,00
$D(A_2) =$	0,15
$D(A_3) =$	0,09
$D(A_4) =$	0,06
$D(A_5) =$	0,05

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1.00, 0.15, 0.09, 0.06, 0.05)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0.75, 0.11, 0.06, 0.04, 0.03)^T$  elde edilir.

Alt kriterlerinin hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra Maliyet ana kriterinin hesaplama aşamasına geçilecektir.

Birinci ana kriter “*Maliyet (M)*” e göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{M1}$	7,76	10,31	13,17	x	0,0194	0,0251	0,0325	=	0,15	0,26	0,43
$S_{M2}$	5,75	7,64	9,94	x	0,0194	0,0251	0,0325	=	0,11	0,19	0,32
$S_{M3}$	3,98	5,03	6,56	x	0,0194	0,0251	0,0325	=	0,08	0,13	0,21
$S_{M4}$	3,16	3,79	4,75	x	0,0194	0,0251	0,0325	=	0,06	0,10	0,15
$S_{M5}$	4,58	5,93	7,69	x	0,0194	0,0251	0,0325	=	0,09	0,15	0,25
$S_{M6}$	5,51	7,18	9,49	x	0,0194	0,0251	0,0325	=	0,11	0,18	0,31

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V_{S_{M1} \geq S_{M2}}$	1,00	$V_{S_{M1} \geq S_{M3}}$	1,00	$V_{S_{M1} \geq S_{M4}}$	1,00	$V_{S_{M1} \geq S_{M5}}$	1,00	$V_{S_{M1} \geq S_{M6}}$	1,00
$V_{S_{M2} \geq S_{M3}}$	1,00	$V_{S_{M2} \geq S_{M4}}$	1,00	$V_{S_{M2} \geq S_{M5}}$	1,00	$V_{S_{M2} \geq S_{M6}}$	1,00	$V_{S_{M2} \geq S_{M1}}$	0,72
$V_{S_{M3} \geq S_{M4}}$	1,00	$V_{S_{M3} \geq S_{M5}}$	0,85	$V_{S_{M3} \geq S_{M6}}$	0,66	$V_{S_{M3} \geq S_{M1}}$	0,32	$V_{S_{M3} \geq S_{M2}}$	0,61
$V_{S_{M4} \geq S_{M5}}$	0,55	$V_{S_{M4} \geq S_{M6}}$	0,36	$V_{S_{M4} \geq S_{M1}}$	0,02	$V_{S_{M4} \geq S_{M2}}$	0,31	$V_{S_{M4} \geq S_{M3}}$	0,71
$V_{S_{M5} \geq S_{M6}}$	0,82	$V_{S_{M5} \geq S_{M1}}$	0,48	$V_{S_{M5} \geq S_{M2}}$	0,76	$V_{S_{M5} \geq S_{M3}}$	1,00	$V_{S_{M5} \geq S_{M4}}$	1,00
$V_{S_{M6} \geq S_{M1}}$	0,67	$V_{S_{M6} \geq S_{M2}}$	0,95	$V_{S_{M6} \geq S_{M3}}$	1,00	$V_{S_{M6} \geq S_{M4}}$	1,00	$V_{S_{M6} \geq S_{M5}}$	1,00

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D_{(M1)} &= 1,00 \\ D_{(M2)} &= 0,72 \\ D_{(M3)} &= 0,32 \\ D_{(M4)} &= 0,02 \\ D_{(M5)} &= 0,48 \\ D_{(M6)} &= 0,67 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1,00, 0,72, 0,32, 0,02, 0,48, 0,67) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0,31, 0,22, 0,10, 0,01, 0,15, 0,21)<sup>T</sup> elde edilir.

Ağırlık vektörünün bulunmasıyla birlikte Maliyet’e ait her bir alt kriter değerleri ile seçeneklerin değerleri çarpılıp toplanır. Bu sonuçla birlikte seçenek ve alt kriterlerin Maliyet’e ne derece etki ettiği bulunur.

**Tablo 4.4:** Maliyet Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.

W	0,31	0,22	0,10	0,01	0,15	0,21	
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	
A <sub>1</sub>	0,82	0,55	0,47	0,32	0,87	0,75	0,71
A <sub>2</sub>	0,18	0,41	0,38	0,31	0,13	0,11	0,23
A <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,14	0,25	0,00	0,06	0,03
A <sub>4</sub>	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00	0,04	0,02
A <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	0,01

#### 4.2.2. Beklenen Fayda Ana Kriterine Göre Hesaplamalar

İkinci ana kriter olan “Beklenen Fayda”nın alt kriterleri; artan liman güvenliği, artan yük güvenliği, artan operasyonel verimlilik ve artan prestij alt kriterleri bazındaki oluşan sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Buna göre birinci alt kriter “*Artan Liman Güvenliği (BF<sub>1</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

S <sub>A1</sub>	3,93	4,34	5,00	x	0,0339	0,0388	0,0446	=	0,13	0,17	0,22
S <sub>A2</sub>	4,12	4,72	5,52	x	0,0339	0,0388	0,0446	=	0,14	0,18	0,25
S <sub>A3</sub>	4,10	4,74	5,47	x	0,0339	0,0388	0,0446	=	0,14	0,18	0,24
S <sub>A4</sub>	5,01	5,90	6,79	x	0,0339	0,0388	0,0446	=	0,17	0,23	0,30
S <sub>A5</sub>	5,24	6,04	6,75	x	0,0339	0,0388	0,0446	=	0,18	0,23	0,30

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,85	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,85	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,47	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A5</sub>	0,41
V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,99	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,62	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A5</sub>	0,57	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A1</sub>	1,00
V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,62	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A5</sub>	0,57	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A1</sub>	1,00	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A2</sub>	1,00
V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A5</sub>	0,96	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A1</sub>	1,00	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A2</sub>	1,00	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00
V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A1</sub>	1,00	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A2</sub>	1,00	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned}
 D(A_1) &= 0,41 \\
 D(A_2) &= 0,57 \\
 D(A_3) &= 0,57 \\
 D(A_4) &= 0,96 \\
 D(A_5) &= 1,00
 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.41, 0.57, 0.57, 0.96, 1.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.12, 0.16, 0.16, 0.27, 0.29)<sup>T</sup> elde edilir.

Bu aşamalar diğer tüm alt kriterler için aynı şekilde adım adım tekrarlanacaktır.

**İkinci** alt kriter “*Artan Yük Güvenliği (BF<sub>2</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	3,89	4,16	4,60	x	0,0357	0,0389	0,0424	=	0,14	0,16	0,20
$S_{A2}$	3,99	4,35	4,76	x	0,0357	0,0389	0,0424	=	0,14	0,17	0,20
$S_{A3}$	5,43	5,84	6,31	x	0,0357	0,0389	0,0424	=	0,19	0,23	0,27
$S_{A4}$	4,42	4,99	5,48	x	0,0357	0,0389	0,0424	=	0,16	0,19	0,23
$S_{A5}$	5,88	6,36	6,85	x	0,0357	0,0389	0,0424	=	0,21	0,25	0,29

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V$	$S_{A1} \geq S_{A2}$	0,88	$V$	$S_{A1} \geq S_{A3}$	0,02	$V$	$S_{A1} \geq S_{A4}$	0,54	$V$	$S_{A1} \geq S_{A5}$	0,00
$V$	$S_{A2} \geq S_{A3}$	0,12	$V$	$S_{A2} \geq S_{A4}$	0,64	$V$	$S_{A2} \geq S_{A5}$	0,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A1}$	1,00
$V$	$S_{A3} \geq S_{A4}$	1,00	$V$	$S_{A3} \geq S_{A5}$	0,74	$V$	$S_{A3} \geq S_{A1}$	1,00	$V$	$S_{A3} \geq S_{A2}$	1,00
$V$	$S_{A4} \geq S_{A5}$	0,29	$V$	$S_{A4} \geq S_{A1}$	1,00	$V$	$S_{A4} \geq S_{A2}$	1,00	$V$	$S_{A4} \geq S_{A3}$	0,53
$V$	$S_{A5} \geq S_{A1}$	1,00	$V$	$S_{A5} \geq S_{A2}$	1,00	$V$	$S_{A5} \geq S_{A3}$	1,00	$V$	$S_{A5} \geq S_{A4}$	1,00

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$D_{(A1)}$	=	0,00
$D_{(A2)}$	=	0,00
$D_{(A3)}$	=	0,74
$D_{(A4)}$	=	0,29
$D_{(A5)}$	=	1,00

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.00, 0.00, 0.74, 0.29, 1.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.00, 0.00, 0.36, 0.14, 0.49)<sup>T</sup> elde edilir.

**Üçüncü** alt kriter “*Artan Operasyonel Verimlilik (BF<sub>3</sub>)*”ğe göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	4,05	4,37	4,84	x	0,0354	0,0389	0,0429	=	0,14	0,17	0,21
$S_{A2}$	4,28	4,62	5,09	x	0,0354	0,0389	0,0429	=	0,15	0,18	0,22
$S_{A3}$	4,23	4,63	5,06	x	0,0354	0,0389	0,0429	=	0,15	0,18	0,22
$S_{A4}$	5,14	5,88	6,56	x	0,0354	0,0389	0,0429	=	0,18	0,23	0,28
$S_{A5}$	5,59	6,21	6,70	x	0,0354	0,0389	0,0429	=	0,20	0,24	0,29

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V$	$S_{A1} \geq S_{A2}$	0,86	$V$	$S_{A1} \geq S_{A3}$	0,85	$V$	$S_{A1} \geq S_{A4}$	0,31	$V$	$S_{A1} \geq S_{A5}$	0,12
$V$	$S_{A2} \geq S_{A3}$	0,99	$V$	$S_{A2} \geq S_{A4}$	0,43	$V$	$S_{A2} \geq S_{A5}$	0,25	$V$	$S_{A2} \geq S_{A1}$	1,00
$V$	$S_{A3} \geq S_{A4}$	0,42	$V$	$S_{A3} \geq S_{A5}$	0,24	$V$	$S_{A3} \geq S_{A1}$	1,00	$V$	$S_{A3} \geq S_{A2}$	1,00
$V$	$S_{A4} \geq S_{A5}$	0,87	$V$	$S_{A4} \geq S_{A1}$	1,00	$V$	$S_{A4} \geq S_{A2}$	1,00	$V$	$S_{A4} \geq S_{A3}$	1,00
$V$	$S_{A5} \geq S_{A1}$	1,00	$V$	$S_{A5} \geq S_{A2}$	1,00	$V$	$S_{A5} \geq S_{A3}$	1,00	$V$	$S_{A5} \geq S_{A4}$	1,00

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$D_{(A1)}$	= 0,12
$D_{(A2)}$	= 0,25
$D_{(A3)}$	= 0,24
$D_{(A4)}$	= 0,87
$D_{(A5)}$	= 1,00

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.12, 0.25, 0.24, 0.87, 1.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.05, 0.10, 0.10, 0.35, 0.40)<sup>T</sup> elde edilir.

**Dördüncü** alt kriter “*Artan Prestij (BF<sub>4</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	4,07	4,40	4,88	x	0,0353	0,0391	0,0435	=	0,14	0,17	0,21
$S_{A2}$	4,30	4,64	5,13	x	0,0353	0,0391	0,0435	=	0,15	0,18	0,22
$S_{A3}$	4,20	4,63	5,12	x	0,0353	0,0391	0,0435	=	0,15	0,18	0,22
$S_{A4}$	4,96	5,68	6,35	x	0,0353	0,0391	0,0435	=	0,18	0,22	0,28
$S_{A5}$	5,45	6,21	6,84	x	0,0353	0,0391	0,0435	=	0,19	0,24	0,30

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebeye dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
 \mathbf{V} S_{A1} \geq S_{A2} & 0,86 & \mathbf{V} S_{A1} \geq S_{A3} & 0,87 & \mathbf{V} S_{A1} \geq S_{A4} & 0,42 & \mathbf{V} S_{A1} \geq S_{A5} & 0,22 \\
 \mathbf{V} S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A2} \geq S_{A4} & 0,54 & \mathbf{V} S_{A2} \geq S_{A5} & 0,33 & \mathbf{V} S_{A2} \geq S_{A1} & 1,00 \\
 \mathbf{V} S_{A3} \geq S_{A4} & 0,54 & \mathbf{V} S_{A3} \geq S_{A5} & 0,33 & \mathbf{V} S_{A3} \geq S_{A1} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A3} \geq S_{A2} & 0,99 \\
 \mathbf{V} S_{A4} \geq S_{A5} & 0,80 & \mathbf{V} S_{A4} \geq S_{A1} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A4} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A4} \geq S_{A3} & 1,00 \\
 \mathbf{V} S_{A5} \geq S_{A1} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A5} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A5} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} S_{A5} \geq S_{A4} & 1,00
 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{array}{l}
 D(A_1) = 0,22 \\
 D(A_2) = 0,33 \\
 D(A_3) = 0,33 \\
 D(A_4) = 0,80 \\
 D(A_5) = 1,00
 \end{array}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (0,22, 0,33, 0,33, 0,80, 1,00)$

ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,08, 0,12, 0,12, 0,30, 0,37)^T$  elde edilir.

Alt kriterlerinin hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra Beklenen Fayda ana kriterinin hesaplama aşamasına geçilecektir.

İkinci ana kriter “Beklenen Fayda (B)” ya göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{llllllllll}
 S_{BF1} & 3,60 & 4,66 & 5,99 & x & 0,0449 & 0,0568 & 0,0723 & = & 0,16 & 0,26 & 0,43 \\
 S_{BF2} & 3,73 & 4,88 & 6,16 & x & 0,0449 & 0,0568 & 0,0723 & = & 0,17 & 0,28 & 0,45 \\
 S_{BF3} & 4,35 & 5,56 & 6,96 & x & 0,0449 & 0,0568 & 0,0723 & = & 0,20 & 0,32 & 0,50 \\
 S_{BF4} & 2,16 & 2,50 & 3,15 & x & 0,0449 & 0,0568 & 0,0723 & = & 0,10 & 0,14 & 0,23 \\
 S_{BF1} & 3,60 & 4,66 & 5,99 & x & 0,0449 & 0,0568 & 0,0723 & = & 0,16 & 0,26 & 0,43 \\
 S_{BF2} & 3,73 & 4,88 & 6,16 & x & 0,0449 & 0,0568 & 0,0723 & = & 0,17 & 0,28 & 0,45
 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebeye dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
 \mathbf{V} S_{BF1} \geq S_{BF2} & 0,96 & \mathbf{V} S_{BF1} \geq S_{BF3} & 0,82 & \mathbf{V} S_{BF1} \geq S_{BF4} & 1,00 \\
 \mathbf{V} S_{BF2} \geq S_{BF3} & 0,87 & \mathbf{V} S_{BF2} \geq S_{BF4} & 1,00 & \mathbf{V} S_{BF2} \geq S_{BF1} & 1,00 \\
 \mathbf{V} S_{BF3} \geq S_{BF4} & 1,00 & \mathbf{V} S_{BF3} \geq S_{BF1} & 1,00 & \mathbf{V} S_{BF3} \geq S_{BF2} & 1,00 \\
 \mathbf{V} S_{BF4} \geq S_{BF1} & 0,35 & \mathbf{V} S_{BF4} \geq S_{BF2} & 0,31 & \mathbf{V} S_{BF4} \geq S_{BF3} & 0,16
 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$D_{(BF1)} = 0,82$$

$$D_{(BF2)} = 0,87$$

$$D_{(BF3)} = 1,00$$

$$D_{(BF4)} = 0,16$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.82, 0.87, 1.00, 0.16) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.29, 0.30, 0.35, 0.06)<sup>T</sup> elde edilir.

Ağırlık vektörünün bulunmasıyla birlikte Beklenen Fayda'ya ait her bir alt kriter değerleri ile seçeneklerin değerleri çarpılıp toplanır. Bu sonuçla birlikte seçenek ve alt kriterlerin Beklenen Fayda'ya ne derece etki ettiği bulunur.

**Tablo 4.5:** Beklenen Fayda Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.

<b>W</b>	<b>0,29</b>	<b>0,30</b>	<b>0,35</b>	<b>0,06</b>	
	<b>BF<sub>1</sub></b>	<b>BF<sub>2</sub></b>	<b>BF<sub>3</sub></b>	<b>BF<sub>4</sub></b>	
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>0,12</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>	<b>0,09</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	<b>0,16</b>	<b>0,36</b>	<b>0,09</b>	<b>0,12</b>	<b>0,20</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	<b>0,27</b>	<b>0,14</b>	<b>0,35</b>	<b>0,30</b>	<b>0,26</b>
<b>A<sub>5</sub></b>	<b>0,29</b>	<b>0,49</b>	<b>0,44</b>	<b>0,37</b>	<b>0,41</b>

#### 4.2.3. Teknik Risk Unsurları Ana Kriterine Göre Hesaplamalar

Üçüncü ana kriter olan “Teknik Risk Unsurları”nın alt kriterleri; güvenlik, sağlığa etki, karmaşıklık (kullanım kolaylığı) ve güvenilirlik ve performans alt kriterleri bazındaki oluşan sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Buna göre birinci alt kriter “Güvenlik ( $TRU_1$ )”e göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	5,21	6,04	6,71	x	0,0346	0,0394	0,0448	=	0,18	0,24	0,30
$S_{A2}$	4,70	5,29	5,87	x	0,0346	0,0394	0,0448	=	0,16	0,21	0,26
$S_{A3}$	4,56	5,19	5,93	x	0,0346	0,0394	0,0448	=	0,16	0,20	0,27
$S_{A4}$	4,12	4,67	5,41	x	0,0346	0,0394	0,0448	=	0,14	0,18	0,24



$$S_{A5} \quad 3,75 \quad 4,21 \quad 4,95 \quad x \quad 0,0346 \quad 0,0394 \quad 0,0448 = \quad 0,13 \quad 0,17 \quad 0,22$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll} \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A5} & 1,00 \\ \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A1} & 0,74 \\ \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A1} & 0,72 & \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A2} & 0,96 \\ \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A1} & 0,53 & \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A2} & 0,77 & \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A3} & 0,81 \\ \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A1} & 0,36 & \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A2} & 0,58 & \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A3} & 0,62 & \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A4} & 0,81 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{array}{l} D(A_1) = 1,00 \\ D(A_2) = 0,74 \\ D(A_3) = 0,72 \\ D(A_4) = 0,53 \\ D(A_5) = 0,36 \end{array}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,74, 0,72, 0,53, 0,36)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,30, 0,22, 0,21, 0,16, 0,11)^T$  elde edilir.

**İkinci** alt kriter “Sağlığa Etki ( $TRU_2$ )”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{llll} S_{A1} & 5,61 & 6,15 & 6,59 & x & 0,0361 & 0,0393 & 0,0429 & = & 0,20 & 0,24 & 0,28 \\ S_{A2} & 4,81 & 5,34 & 5,82 & x & 0,0361 & 0,0393 & 0,0429 & = & 0,17 & 0,21 & 0,25 \\ S_{A3} & 4,61 & 5,14 & 5,75 & x & 0,0361 & 0,0393 & 0,0429 & = & 0,17 & 0,20 & 0,25 \\ S_{A4} & 4,14 & 4,41 & 4,77 & x & 0,0361 & 0,0393 & 0,0429 & = & 0,15 & 0,17 & 0,20 \\ S_{A5} & 4,14 & 4,37 & 4,74 & x & 0,0361 & 0,0393 & 0,0429 & = & 0,15 & 0,17 & 0,20 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll} \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A1} \geq S_{A5} & 1,00 \\ \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A2} \geq S_{A1} & 0,60 \\ \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A1} & 0,53 & \mathbf{V} \quad S_{A3} \geq S_{A2} & 0,90 \\ \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A1} & 0,03 & \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A2} & 0,46 & \mathbf{V} \quad S_{A4} \geq S_{A3} & 0,57 \\ \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A1} & 0,01 & \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A2} & 0,44 & \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A3} & 0,55 & \mathbf{V} \quad S_{A5} \geq S_{A4} & 0,97 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,60 \\ D(A_3) &= 0,53 \\ D(A_4) &= 0,03 \\ D(A_5) &= 0,01 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,60, 0,53, 0,03, 0,01)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,46, 0,28, 0,24, 0,01, 0,01)^T$  elde edilir.

**Üçüncü** alt kriter “*Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı) (TRU<sub>3</sub>)*”ğe göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{l} S_{A_1} \quad 6,10 \quad 6,75 \quad 7,31 \quad x \quad 0,0357 \quad 0,0391 \quad 0,0428 \quad = \quad 0,22 \quad 0,26 \quad 0,31 \\ S_{A_2} \quad 4,56 \quad 5,08 \quad 5,55 \quad x \quad 0,0357 \quad 0,0391 \quad 0,0428 \quad = \quad 0,16 \quad 0,20 \quad 0,24 \\ S_{A_3} \quad 4,29 \quad 4,68 \quad 5,13 \quad x \quad 0,0357 \quad 0,0391 \quad 0,0428 \quad = \quad 0,15 \quad 0,18 \quad 0,22 \\ S_{A_4} \quad 4,25 \quad 4,67 \quad 5,16 \quad x \quad 0,0357 \quad 0,0391 \quad 0,0428 \quad = \quad 0,15 \quad 0,18 \quad 0,22 \\ S_{A_5} \quad 4,16 \quad 4,42 \quad 4,84 \quad x \quad 0,0357 \quad 0,0391 \quad 0,0428 \quad = \quad 0,15 \quad 0,17 \quad 0,21 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{l} V \quad S_{A_1} \geq S_{A_2} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_1} \geq S_{A_3} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_1} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_1} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \\ V \quad S_{A_2} \geq S_{A_3} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_2} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_2} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_2} \geq S_{A_1} \quad 0,23 \\ V \quad S_{A_3} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_3} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_3} \geq S_{A_1} \quad 0,02 \quad V \quad S_{A_3} \geq S_{A_2} \quad 0,79 \\ V \quad S_{A_4} \geq S_{A_5} \quad 1,00 \quad V \quad S_{A_4} \geq S_{A_1} \quad 0,04 \quad V \quad S_{A_4} \geq S_{A_2} \quad 0,78 \quad V \quad S_{A_4} \geq S_{A_3} \quad 0,99 \\ V \quad S_{A_5} \geq S_{A_1} \quad 0,00 \quad V \quad S_{A_5} \geq S_{A_2} \quad 0,63 \quad V \quad S_{A_5} \geq S_{A_3} \quad 0,84 \quad V \quad S_{A_5} \geq S_{A_4} \quad 0,85 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,23 \\ D(A_3) &= 0,02 \\ D(A_4) &= 0,04 \\ D(A_5) &= 0,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,23, 0,02, 0,04, 0,00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

**W (0.77, 0.18, 0.02, 0.03, 0.00)<sup>T</sup>** elde edilir.

**Dördüncü** alt kriter “*Güvenilirlik ve Performans (TRU<sub>4</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

S <sub>A1</sub>	6,11	6,71	7,22	x	0,0355	0,0389	0,0427	=	0,22	0,26	0,31
S <sub>A2</sub>	4,80	5,41	5,96	x	0,0355	0,0389	0,0427	=	0,17	0,21	0,25
S <sub>A3</sub>	4,57	5,02	5,46	x	0,0355	0,0389	0,0427	=	0,16	0,20	0,23
S <sub>A4</sub>	4,13	4,48	4,93	x	0,0355	0,0389	0,0427	=	0,15	0,17	0,21
S <sub>A5</sub>	3,82	4,11	4,58	x	0,0355	0,0389	0,0427	=	0,14	0,16	0,20

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

<b>V</b> S <sub>A1</sub> >= S <sub>A2</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A1</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A1</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A1</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00
<b>V</b> S <sub>A2</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A2</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A2</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A2</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,43
<b>V</b> S <sub>A3</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A3</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A3</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,20	<b>V</b> S <sub>A3</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,80
<b>V</b> S <sub>A4</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	<b>V</b> S <sub>A4</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,00	<b>V</b> S <sub>A4</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,52	<b>V</b> S <sub>A4</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,70
<b>V</b> S <sub>A5</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,00	<b>V</b> S <sub>A5</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,33	<b>V</b> S <sub>A5</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,49	<b>V</b> S <sub>A5</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,77

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

D <sub>(A1)</sub>	= 1,00
D <sub>(A2)</sub>	= 0,43
D <sub>(A3)</sub>	= 0,20
D <sub>(A4)</sub>	= 0,00
D <sub>(A5)</sub>	= 0,00

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan W' (1.00, 0.43, 0.20, 0.00, 0.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

**W (0.62, 0.26, 0.12, 0.00, 0.00)<sup>T</sup>** elde edilir.

Alt kriterlerinin hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra Teknik Risk Unsurları ana kriterinin hesaplama aşamasına geçilecektir.

Üçüncü ana kriter “*Teknik Risk Unsurları (TRU)*” ya göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{TRU1}$	3,77	4,75	5,99	x	0,0468	0,0583	0,0727	= 0,18	0,28	0,44
$S_{TRU2}$	2,27	2,64	3,31	x	0,0468	0,0583	0,0727	= 0,11	0,15	0,24
$S_{TRU3}$	3,77	4,82	5,96	x	0,0468	0,0583	0,0727	= 0,18	0,28	0,43
$S_{TRU4}$	3,94	4,95	6,10	x	0,0468	0,0583	0,0727	= 0,18	0,29	0,44

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$V S_{TRU1} \geq S_{TRU2}$	1,00	$V S_{TRU1} \geq S_{TRU3}$	0,99	$V S_{TRU1} \geq S_{TRU4}$	0,96
$V S_{TRU2} \geq S_{TRU3}$	0,33	$V S_{TRU2} \geq S_{TRU4}$	0,29	$V S_{TRU2} \geq S_{TRU1}$	0,34
$V S_{TRU3} \geq S_{TRU4}$	0,97	$V S_{TRU3} \geq S_{TRU1}$	1,00	$V S_{TRU3} \geq S_{TRU2}$	1,00
$V S_{TRU4} \geq S_{TRU1}$	1,00	$V S_{TRU4} \geq S_{TRU2}$	1,00	$V S_{TRU4} \geq S_{TRU3}$	1,00

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D_{(TRU1)} &= 0,96 \\ D_{(TRU2)} &= 0,29 \\ D_{(TRU3)} &= 0,97 \\ D_{(TRU4)} &= 1,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' (0,96, 0,29, 0,97, 1,00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

**$W (0,30, 0,09, 0,30, 0,31)^T$**  elde edilir.

Ağırlık vektörünün bulunmasıyla birlikte Teknik Risk Unsurları'na ait her bir alt kriter değerleri ile seçeneklerin değerleri çarpılıp toplanır. Bu sonuçla birlikte seçenek ve alt kriterlerin Teknik Risk Unsurları'na ne derece etki ettiği bulunur.

**Tablo 4.6:** Teknik Risk Unsurları Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.

W	0,30	0,09	0,30	0,31	
	TRU <sub>1</sub>	TRU <sub>2</sub>	TRU <sub>3</sub>	TRU <sub>4</sub>	
A <sub>1</sub>	0,30	0,46	0,77	0,62	0,55
A <sub>2</sub>	0,22	0,28	0,18	0,26	0,23
A <sub>3</sub>	0,21	0,24	0,02	0,12	0,13
A <sub>4</sub>	0,16	0,01	0,03	0,00	0,06
A <sub>5</sub>	0,11	0,01	0,00	0,00	0,03

#### 4.2.4. Çevresel Koşullar Ana Kriterine Göre Hesaplamalar

Dördüncü ana kriter olan “Çevresel Koşullar”ın alt kriterleri; paydaşların işbirliği seviyesi, sektörel uygunluk, tedarikçi yapısı, ulusal ve uluslararası kanuni baskı, standardizasyon ve rekabet baskısı alt kriterleri bazındaki oluşan sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Buna göre birinci alt kriter “*Paydaşların İşbirliği Seviyesi (ÇK<sub>1</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

S <sub>A1</sub>	5,88	6,40	6,85	x	0,0364	0,0394	0,0425	=	0,21	0,25	0,29
S <sub>A2</sub>	4,56	5,05	5,45	x	0,0364	0,0394	0,0425	=	0,17	0,20	0,23
S <sub>A3</sub>	4,36	4,60	4,94	x	0,0364	0,0394	0,0425	=	0,16	0,18	0,21
S <sub>A4</sub>	4,45	4,81	5,16	x	0,0364	0,0394	0,0425	=	0,16	0,19	0,22
S <sub>A5</sub>	4,25	4,54	5,03	x	0,0364	0,0394	0,0425	=	0,16	0,18	0,21

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A2</sub>	1,00	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00
V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,25
V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,85	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,00	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,71
V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,08	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,85	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00
V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,00	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,70	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,96	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,83

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$D_{(A_1)} = 1,00$$

$$D_{(A_2)} = 0,25$$

$$\begin{aligned} D(A_3) &= 0,00 \\ D(A_4) &= 0,08 \\ D(A_5) &= 0,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1.00, 0.25, 0.00, 0.08, 0.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.76, 0.19, 0.00, 0.06, 0.00)<sup>T</sup> elde edilir.

Bu aşamalar diğer tüm alt kriterler için aynı şekilde adım adım tekrarlanacaktır.

**İkinci** alt kriter “*Sektörel Uygunluk (ÇK<sub>2</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	6,11	8,18	11,03	x	0,0281	0,0360	0,0452	=	0,17	0,29	0,50
$S_{A2}$	5,60	7,23	9,72	x	0,0281	0,0360	0,0452	=	0,16	0,26	0,44
$S_{A3}$	3,54	4,28	5,31	x	0,0281	0,0360	0,0452	=	0,10	0,15	0,24
$S_{A4}$	3,53	4,14	4,93	x	0,0281	0,0360	0,0452	=	0,10	0,15	0,22
$S_{A5}$	3,37	3,95	4,63	x	0,0281	0,0360	0,0452	=	0,09	0,14	0,21

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V$	$S_{A1} \geq S_{A2}$	1,00	$V$	$S_{A1} \geq S_{A3}$	1,00	$V$	$S_{A1} \geq S_{A4}$	1,00	$V$	$S_{A1} \geq S_{A5}$	1,00
$V$	$S_{A2} \geq S_{A3}$	1,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A4}$	1,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A5}$	1,00	$V$	$S_{A2} \geq S_{A1}$	0,89
$V$	$S_{A3} \geq S_{A4}$	1,00	$V$	$S_{A3} \geq S_{A5}$	1,00	$V$	$S_{A3} \geq S_{A1}$	0,33	$V$	$S_{A3} \geq S_{A2}$	0,44
$V$	$S_{A4} \geq S_{A5}$	1,00	$V$	$S_{A4} \geq S_{A1}$	0,26	$V$	$S_{A4} \geq S_{A2}$	0,37	$V$	$S_{A4} \geq S_{A3}$	0,96
$V$	$S_{A5} \geq S_{A1}$	0,20	$V$	$S_{A5} \geq S_{A2}$	0,31	$V$	$S_{A5} \geq S_{A3}$	0,90	$V$	$S_{A5} \geq S_{A4}$	0,94

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,89 \\ D(A_3) &= 0,33 \\ D(A_4) &= 0,26 \\ D(A_5) &= 0,20 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1.00, 0.89, 0.33, 0.26, 0.20) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.37, 0.33, 0.12, 0.10, 0.07)<sup>T</sup> elde edilir.

**Üçüncü** alt kriter “*Tedarikçi Seviyesi (ÇK<sub>3</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	6,44	8,80	12,07	x	0,0273	0,0353	0,0447	=	0,18	0,31	0,54
$S_{A2}$	5,67	7,36	9,97	x	0,0273	0,0353	0,0447	=	0,15	0,26	0,45
$S_{A3}$	3,40	4,09	5,05	x	0,0273	0,0353	0,0447	=	0,09	0,14	0,23
$S_{A4}$	3,56	4,18	4,97	x	0,0273	0,0353	0,0447	=	0,10	0,15	0,22
$S_{A5}$	3,32	3,90	4,58	x	0,0273	0,0353	0,0447	=	0,09	0,14	0,20

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V S_{A1} \geq S_{A2}$	1,00	$V S_{A1} \geq S_{A3}$	1,00	$V S_{A1} \geq S_{A4}$	1,00	$V S_{A1} \geq S_{A5}$	1,00
$V S_{A2} \geq S_{A3}$	1,00	$V S_{A2} \geq S_{A4}$	1,00	$V S_{A2} \geq S_{A5}$	1,00	$V S_{A2} \geq S_{A1}$	0,84
$V S_{A3} \geq S_{A4}$	0,98	$V S_{A3} \geq S_{A5}$	1,00	$V S_{A3} \geq S_{A1}$	0,23	$V S_{A3} \geq S_{A2}$	0,38
$V S_{A4} \geq S_{A5}$	1,00	$V S_{A4} \geq S_{A1}$	0,22	$V S_{A4} \geq S_{A2}$	0,38	$V S_{A4} \geq S_{A3}$	1,00
$V S_{A5} \geq S_{A1}$	0,14	$V S_{A5} \geq S_{A2}$	0,29	$V S_{A5} \geq S_{A3}$	0,94	$V S_{A5} \geq S_{A4}$	0,92

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$D(A_1)$	= 1,00
$D(A_2)$	= 0,84
$D(A_3)$	= 0,23
$D(A_4)$	= 0,22
$D(A_5)$	= 0,14

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1,00, 0,84, 0,23, 0,22, 0,14) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0,41, 0,35, 0,09, 0,09, 0,06)<sup>T</sup> elde edilir.

**Dördüncü** alt kriter “*Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı (ÇK<sub>4</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	5,88	7,92	10,73	x	0,0289	0,0370	0,0465	=	0,17	0,29	0,50
$S_{A2}$	4,85	6,14	8,10	x	0,0289	0,0370	0,0465	=	0,14	0,23	0,38
$S_{A3}$	3,63	4,46	5,63	x	0,0289	0,0370	0,0465	=	0,10	0,17	0,26
$S_{A4}$	3,72	4,41	5,31	x	0,0289	0,0370	0,0465	=	0,11	0,16	0,25
$S_{A5}$	3,43	4,07	4,84	x	0,0289	0,0370	0,0465	=	0,10	0,15	0,22

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
 \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A5} & 1,00 \\
 \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A1} & 0,76 \\
 \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A1} & 0,42 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A2} & 0,66 \\
 \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A1} & 0,37 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A2} & 0,63 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A3} & 0,99 \\
 \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A1} & 0,28 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A2} & 0,53 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A3} & 0,89 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A4} & 0,90
 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{array}{l}
 D(A_1) = 1,00 \\
 D(A_2) = 0,76 \\
 D(A_3) = 0,42 \\
 D(A_4) = 0,37 \\
 D(A_5) = 0,28
 \end{array}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,76, 0,42, 0,37, 0,28)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,35, 0,27, 0,15, 0,13, 0,10)^T$  elde edilir.

**Beşinci** alt kriter “*Standardizasyon (ÇK<sub>5</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{llllllllll}
 S_{A1} & 6,55 & 8,93 & 12,23 & x & 0,0265 & 0,0346 & 0,0441 & = & 0,17 & 0,31 & 0,54 \\
 S_{A2} & 5,93 & 7,78 & 10,61 & x & 0,0265 & 0,0346 & 0,0441 & = & 0,16 & 0,27 & 0,47 \\
 S_{A3} & 3,27 & 3,97 & 4,95 & x & 0,0265 & 0,0346 & 0,0441 & = & 0,09 & 0,14 & 0,22 \\
 S_{A4} & 3,85 & 4,61 & 5,61 & x & 0,0265 & 0,0346 & 0,0441 & = & 0,10 & 0,16 & 0,25 \\
 S_{A5} & 3,06 & 3,62 & 4,31 & x & 0,0265 & 0,0346 & 0,0441 & = & 0,08 & 0,13 & 0,19
 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
 \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A2} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A1} \geq S_{A5} & 1,00 \\
 \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A3} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A2} \geq S_{A1} & 0,88 \\
 \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A4} & 0,84 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A1} & 0,21 & \mathbf{V} \ S_{A3} \geq S_{A2} & 0,32 \\
 \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A1} & 0,33 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A2} & 0,45 & \mathbf{V} \ S_{A4} \geq S_{A3} & 1,00 \\
 \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A1} & 0,08 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A2} & 0,19 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A3} & 0,90 & \mathbf{V} \ S_{A5} \geq S_{A4} & 0,72
 \end{array}$$



Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,88 \\ D(A_3) &= 0,21 \\ D(A_4) &= 0,33 \\ D(A_5) &= 0,08 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1.00, 0.88, 0.21, 0.33, 0.08) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.40, 0.35, 0.08, 0.13, 0.03)<sup>T</sup> elde edilir.

**Altıncı** alt kriter “*Rekabet Baskısı (ÇK<sub>6</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{l} S_{A_1} \quad 4,22 \quad 4,50 \quad 4,96 \quad x \quad 0,0364 \quad 0,0397 \quad 0,0433 \quad = \quad 0,15 \quad 0,18 \quad 0,21 \\ S_{A_2} \quad 4,46 \quad 4,79 \quad 5,22 \quad x \quad 0,0364 \quad 0,0397 \quad 0,0433 \quad = \quad 0,16 \quad 0,19 \quad 0,23 \\ S_{A_3} \quad 4,51 \quad 4,92 \quad 5,37 \quad x \quad 0,0364 \quad 0,0397 \quad 0,0433 \quad = \quad 0,16 \quad 0,20 \quad 0,23 \\ S_{A_4} \quad 4,79 \quad 5,29 \quad 5,72 \quad x \quad 0,0364 \quad 0,0397 \quad 0,0433 \quad = \quad 0,17 \quad 0,21 \quad 0,25 \\ S_{A_5} \quad 5,11 \quad 5,72 \quad 6,19 \quad x \quad 0,0364 \quad 0,0397 \quad 0,0433 \quad = \quad 0,19 \quad 0,23 \quad 0,27 \end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{l} \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_2} \quad 0,82 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_3} \quad 0,75 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_4} \quad 0,56 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_1} \geq S_{A_5} \quad 0,37 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_3} \quad 0,92 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_4} \quad 0,72 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_5} \quad 0,52 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_2} \geq S_{A_1} \quad 1,00 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_4} \quad 0,80 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_5} \quad 0,59 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_1} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_3} \geq S_{A_2} \quad 1,00 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_5} \quad 0,78 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_1} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_2} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_4} \geq S_{A_3} \quad 1,00 \\ \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_1} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_2} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_3} \quad 1,00 \quad \mathbf{V} \quad S_{A_5} \geq S_{A_4} \quad 1,00 \end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 0,37 \\ D(A_2) &= 0,52 \\ D(A_3) &= 0,59 \\ D(A_4) &= 0,78 \\ D(A_5) &= 1,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.37, 0.52, 0.59, 0.78, 1.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.11, 0.16, 0.18, 0.24, 0.31)<sup>T</sup> elde edilir.

Alt kriterlerinin hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra Çevresel Koşullar ana kriterinin hesaplama aşamasına geçilecektir.

Dördüncü ana kriter “Çevresel Koşullar (ÇK)” ya göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{ÇK1}$	5,81	7,52	9,49	x	0,0195	0,0248	0,0318	=	0,11	0,19	0,30
$S_{ÇK2}$	6,73	8,78	11,27	x	0,0195	0,0248	0,0318	=	0,13	0,22	0,36
$S_{ÇK3}$	3,36	4,07	5,21	x	0,0195	0,0248	0,0318	=	0,07	0,10	0,17
$S_{ÇK4}$	6,31	8,20	10,50	x	0,0195	0,0248	0,0318	=	0,12	0,20	0,33
$S_{ÇK5}$	5,93	7,68	9,82	x	0,0195	0,0248	0,0318	=	0,12	0,19	0,31
$S_{ÇK6}$	3,30	4,03	5,09	x	0,0195	0,0248	0,0318	=	0,06	0,10	0,16

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$V_{S_{ÇK1}>=S_{ÇK2}}$	$S_{ÇK2}$	0,85	$V_{S_{ÇK1}>=S_{ÇK3}}$	$S_{ÇK3}$	1,00	$V_{S_{ÇK1}>=S_{ÇK4}}$	$S_{ÇK4}$	0,91	$V_{S_{ÇK1}>=S_{ÇK5}}$	$S_{ÇK5}$	1,00	$V_{S_{ÇK1}>=S_{ÇK6}}$	$S_{ÇK6}$	1,00
$V_{S_{ÇK2}>=S_{ÇK3}}$	$S_{ÇK3}$	1,00	$V_{S_{ÇK2}>=S_{ÇK4}}$	$S_{ÇK4}$	1,00	$V_{S_{ÇK2}>=S_{ÇK5}}$	$S_{ÇK5}$	1,00	$V_{S_{ÇK2}>=S_{ÇK6}}$	$S_{ÇK6}$	1,00	$V_{S_{ÇK2}>=S_{ÇK1}}$	$S_{ÇK1}$	1,00
$V_{S_{ÇK3}>=S_{ÇK4}}$	$S_{ÇK4}$	0,30	$V_{S_{ÇK3}>=S_{ÇK5}}$	$S_{ÇK5}$	0,36	$V_{S_{ÇK3}>=S_{ÇK6}}$	$S_{ÇK6}$	1,00	$V_{S_{ÇK3}>=S_{ÇK1}}$	$S_{ÇK1}$	0,38	$V_{S_{ÇK3}>=S_{ÇK2}}$	$S_{ÇK2}$	0,23
$V_{S_{ÇK4}>=S_{ÇK5}}$	$S_{ÇK5}$	1,00	$V_{S_{ÇK4}>=S_{ÇK6}}$	$S_{ÇK6}$	1,00	$V_{S_{ÇK4}>=S_{ÇK1}}$	$S_{ÇK1}$	1,00	$V_{S_{ÇK4}>=S_{ÇK2}}$	$S_{ÇK2}$	0,93	$V_{S_{ÇK4}>=S_{ÇK3}}$	$S_{ÇK3}$	1,00
$V_{S_{ÇK5}>=S_{ÇK6}}$	$S_{ÇK6}$	1,00	$V_{S_{ÇK5}>=S_{ÇK1}}$	$S_{ÇK1}$	1,00	$V_{S_{ÇK5}>=S_{ÇK2}}$	$S_{ÇK2}$	0,87	$V_{S_{ÇK5}>=S_{ÇK3}}$	$S_{ÇK3}$	1,00	$V_{S_{ÇK5}>=S_{ÇK4}}$	$S_{ÇK4}$	0,94
$V_{S_{ÇK6}>=S_{ÇK1}}$	$S_{ÇK1}$	0,36	$V_{S_{ÇK6}>=S_{ÇK2}}$	$S_{ÇK2}$	0,21	$V_{S_{ÇK6}>=S_{ÇK3}}$	$S_{ÇK3}$	0,99	$V_{S_{ÇK6}>=S_{ÇK4}}$	$S_{ÇK4}$	0,27	$V_{S_{ÇK6}>=S_{ÇK5}}$	$S_{ÇK5}$	0,34

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned}
 D_{(ÇK1)} &= 0,85 \\
 D_{(ÇK2)} &= 1,00 \\
 D_{(ÇK3)} &= 0,23 \\
 D_{(ÇK4)} &= 0,93 \\
 D_{(ÇK5)} &= 0,87 \\
 D_{(ÇK6)} &= 0,21
 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.85, 1.00, 0.23, 0.93, 0.87, 0.21) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.21, 0.24, 0.06, 0.23, 0.21, 0.05)<sup>T</sup> elde edilir.

Ağırlık vektörünün bulunmasıyla birlikte Çevresel Koşullar'a ait her bir alt kriter değerleri ile seçeneklerin değerleri çarpılıp toplanır. Bu sonuçla birlikte seçenek ve alt kriterlerin Çevresel Koşullar'a ne derece etki ettiği bulunur.

**Tablo 4.7:** Çevresel Koşullar Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.

W	0,21	0,24	0,06	0,23	0,21	0,05	
	ÇK <sub>1</sub>	ÇK <sub>2</sub>	ÇK <sub>3</sub>	ÇK <sub>4</sub>	ÇK <sub>5</sub>	ÇK <sub>6</sub>	
A <sub>1</sub>	0,70	0,37	0,41	0,35	0,40	0,11	0,43
A <sub>2</sub>	0,18	0,33	0,35	0,27	0,35	0,16	0,28
A <sub>3</sub>	0,00	0,12	0,09	0,15	0,08	0,18	0,10
A <sub>4</sub>	0,12	0,10	0,09	0,13	0,13	0,24	0,12
A <sub>5</sub>	0,00	0,07	0,06	0,10	0,03	0,31	0,07

#### 4.2.5. Örgütsel Koşullar Ana Kriterine Göre Hesaplamalar

Beşinci ana kriter olan “Örgütsel Koşullar”ın alt kriterleri; liman sistemleriyle uyumluluk, üst yönetim desteği, finansal hazır olma, finansal olmayan hazır olma ve çalışanların direnci alt kriterleri bazındaki oluşan sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Buna göre birinci alt kriter “*Limn Sistemleriyle Uyumluluk (ÖK<sub>1</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

S <sub>A1</sub>	7,25	10,31	14,65	x	0,0268	0,0350	0,0449	=	0,19	0,36	0,66
S <sub>A2</sub>	4,52	5,65	7,37	x	0,0268	0,0350	0,0449	=	0,12	0,20	0,33
S <sub>A3</sub>	3,61	4,44	5,58	x	0,0268	0,0350	0,0449	=	0,10	0,16	0,25
S <sub>A4</sub>	3,58	4,25	5,12	x	0,0268	0,0350	0,0449	=	0,10	0,15	0,23
S <sub>A5</sub>	3,30	3,91	4,65	x	0,0268	0,0350	0,0449	=	0,09	0,14	0,21

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A2</sub>	1,00	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	V	S <sub>A1</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00
V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A3</sub>	1,00	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	V	S <sub>A2</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,46
V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A4</sub>	1,00	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,22	V	S <sub>A3</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,75
V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A5</sub>	1,00	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,15	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,69	V	S <sub>A4</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,95
V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A1</sub>	0,06	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A2</sub>	0,59	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A3</sub>	0,86	V	S <sub>A5</sub> >= S <sub>A4</sub>	0,91

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,46 \\ D(A_3) &= 0,22 \\ D(A_4) &= 0,15 \\ D(A_5) &= 0,06 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan W' (1.00, 0.46, 0.22, 0.15, 0.06) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$$W (0.53, 0.24, 0.12, 0.08, 0.03)^T \text{ elde edilir.}$$

Bu aşamalar diğer tüm alt kriterler için aynı şekilde adım adım tekrarlanacaktır.

**İkinci** alt kriter “*Üst Yönetim Desteği (ÖK<sub>2</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	7,65	11,12	16,07	x	0,0249	0,0335	0,0440	=	0,19	0,37	0,71
$S_{A2}$	4,78	6,10	8,13	x	0,0249	0,0335	0,0440	=	0,12	0,20	0,36
$S_{A3}$	3,86	4,90	6,36	x	0,0249	0,0335	0,0440	=	0,10	0,16	0,28
$S_{A4}$	3,62	4,39	5,40	x	0,0249	0,0335	0,0440	=	0,09	0,15	0,24
$S_{A5}$	2,81	3,39	4,15	x	0,0249	0,0335	0,0440	=	0,07	0,11	0,18

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

$V S_{A1} \geq S_{A2}$	1,00	$V S_{A1} \geq S_{A3}$	1,00	$V S_{A1} \geq S_{A4}$	1,00	$V S_{A1} \geq S_{A5}$	1,00
$V S_{A2} \geq S_{A3}$	1,00	$V S_{A2} \geq S_{A4}$	1,00	$V S_{A2} \geq S_{A5}$	1,00	$V S_{A2} \geq S_{A1}$	0,50
$V S_{A3} \geq S_{A4}$	1,00	$V S_{A3} \geq S_{A5}$	1,00	$V S_{A3} \geq S_{A1}$	0,30	$V S_{A3} \geq S_{A2}$	0,80
$V S_{A4} \geq S_{A5}$	1,00	$V S_{A4} \geq S_{A1}$	0,17	$V S_{A4} \geq S_{A2}$	0,67	$V S_{A4} \geq S_{A3}$	0,89
$V S_{A5} \geq S_{A1}$	0,00	$V S_{A5} \geq S_{A2}$	0,41	$V S_{A5} \geq S_{A3}$	0,63	$V S_{A5} \geq S_{A4}$	0,73

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{aligned} D(A_1) &= 1,00 \\ D(A_2) &= 0,50 \\ D(A_3) &= 0,30 \\ D(A_4) &= 0,17 \\ D(A_5) &= 0,00 \end{aligned}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1.00, 0.50, 0.30, 0.17, 0.00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0.51, 0.25, 0.15, 0.09, 0.00)^T$  elde edilir.

**Üçüncü** alt kriter “*Finansal Hazır Olma (ÖK<sub>3</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	9,00	13,53	20,14	x	0,0236	0,0319	0,0422	=	0,21	0,43	0,85
$S_{A2}$	4,45	5,54	7,23	x	0,0236	0,0319	0,0422	=	0,11	0,18	0,31
$S_{A3}$	3,53	4,33	5,45	x	0,0236	0,0319	0,0422	=	0,08	0,14	0,23
$S_{A4}$	3,49	4,13	4,97	x	0,0236	0,0319	0,0422	=	0,08	0,13	0,21
$S_{A5}$	3,20	3,79	4,50	x	0,0236	0,0319	0,0422	=	0,08	0,12	0,19

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebeye dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V_{S_{A1} \geq S_{A2}} = 1,00$	$V_{S_{A1} \geq S_{A3}} = 1,00$	$V_{S_{A1} \geq S_{A4}} = 1,00$	$V_{S_{A1} \geq S_{A5}} = 1,00$
$V_{S_{A2} \geq S_{A3}} = 1,00$	$V_{S_{A2} \geq S_{A4}} = 1,00$	$V_{S_{A2} \geq S_{A5}} = 1,00$	$V_{S_{A2} \geq S_{A1}} = 0,27$
$V_{S_{A3} \geq S_{A4}} = 1,00$	$V_{S_{A3} \geq S_{A5}} = 1,00$	$V_{S_{A3} \geq S_{A1}} = 0,06$	$V_{S_{A3} \geq S_{A2}} = 0,76$
$V_{S_{A4} \geq S_{A5}} = 1,00$	$V_{S_{A4} \geq S_{A1}} = 0,00$	$V_{S_{A4} \geq S_{A2}} = 0,70$	$V_{S_{A4} \geq S_{A3}} = 0,95$
$V_{S_{A5} \geq S_{A1}} = 0,00$	$V_{S_{A5} \geq S_{A2}} = 0,60$	$V_{S_{A5} \geq S_{A3}} = 0,86$	$V_{S_{A5} \geq S_{A4}} = 0,91$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$D_{(A1)} = 1,00$
$D_{(A2)} = 0,27$
$D_{(A3)} = 0,06$
$D_{(A4)} = 0,00$
$D_{(A5)} = 0,00$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1.00, 0.27, 0.06, 0.00, 0.00)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0.76, 0.20, 0.04, 0.00, 0.00)^T$  elde edilir.

**Dördüncü** alt kriter “*Finansal Olmayan Hazır Olma (ÖK<sub>4</sub>)*”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	7,43	10,67	15,31	x	0,0258	0,0341	0,0441	=	0,19	0,36	0,68
$S_{A2}$	4,84	6,16	8,21	x	0,0258	0,0341	0,0441	=	0,13	0,21	0,36
$S_{A3}$	3,45	4,24	5,36	x	0,0258	0,0341	0,0441	=	0,09	0,14	0,24
$S_{A4}$	3,55	4,21	5,07	x	0,0258	0,0341	0,0441	=	0,09	0,14	0,22
$S_{A5}$	3,38	4,01	4,77	x	0,0258	0,0341	0,0441	=	0,09	0,14	0,21

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebeye dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A2}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A3}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A4}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A5}$	1,00
<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A3}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A4}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A5}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A1}$	0,53
<b>V</b>	$S_{A3} \geq S_{A4}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A3} \geq S_{A5}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A3} \geq S_{A1}$	0,17	<b>V</b>	$S_{A3} \geq S_{A2}$	0,63
<b>V</b>	$S_{A4} \geq S_{A5}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A4} \geq S_{A1}$	0,13	<b>V</b>	$S_{A4} \geq S_{A2}$	0,60	<b>V</b>	$S_{A4} \geq S_{A3}$	0,99
<b>V</b>	$S_{A5} \geq S_{A1}$	0,08	<b>V</b>	$S_{A5} \geq S_{A2}$	0,54	<b>V</b>	$S_{A5} \geq S_{A3}$	0,94	<b>V</b>	$S_{A5} \geq S_{A4}$	0,95

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$D(A_1) = 1,00$$

$$D(A_2) = 0,53$$

$$D(A_3) = 0,17$$

$$D(A_4) = 0,13$$

$$D(A_5) = 0,08$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (1,00, 0,53, 0,17, 0,13, 0,08)

ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

**$W$  (0,53, 0,28, 0,09, 0,07, 0,04)<sup>T</sup>** elde edilir.

**Beşinci** alt kriter “Çalışanların Direnci (ÖK<sub>5</sub>)”ne göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$S_{A1}$	5,39	6,43	7,43	x	0,0331	0,0385	0,0451	=	0,18	0,25	0,34
$S_{A2}$	4,91	5,81	6,74	x	0,0331	0,0385	0,0451	=	0,16	0,22	0,30
$S_{A3}$	4,44	5,19	6,04	x	0,0331	0,0385	0,0451	=	0,15	0,20	0,27
$S_{A4}$	3,96	4,57	5,34	x	0,0331	0,0385	0,0451	=	0,13	0,18	0,24
$S_{A5}$	3,49	3,95	4,64	x	0,0331	0,0385	0,0451	=	0,12	0,15	0,21

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebeye dereceleri kullanılarak olabilirlik dereceleri bulunur.

<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A2}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A3}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A4}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A1} \geq S_{A5}$	1,00
<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A3}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A4}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A5}$	1,00	<b>V</b>	$S_{A2} \geq S_{A1}$	0,84

$$\begin{array}{llll}
\mathbf{V} & S_{A3} \geq S_{A4} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{A3} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{A3} \geq S_{A1} & 0,66 & \mathbf{V} & S_{A3} \geq S_{A2} & 0,82 \\
\mathbf{V} & S_{A4} \geq S_{A5} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{A4} \geq S_{A1} & 0,46 & \mathbf{V} & S_{A4} \geq S_{A2} & 0,62 & \mathbf{V} & S_{A4} \geq S_{A3} & 0,80 \\
\mathbf{V} & S_{A5} \geq S_{A1} & 0,24 & \mathbf{V} & S_{A5} \geq S_{A2} & 0,39 & \mathbf{V} & S_{A5} \geq S_{A3} & 0,57 & \mathbf{V} & S_{A5} \geq S_{A4} & 0,77
\end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{array}{l}
D(A_1) = 1,00 \\
D(A_2) = 0,84 \\
D(A_3) = 0,66 \\
D(A_4) = 0,46 \\
D(A_5) = 0,24
\end{array}$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,84, 0,66, 0,46, 0,24)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,31, 0,26, 0,21, 0,14, 0,08)^T$  elde edilir.

Alt kriterlerinin hesaplama işlemleri tamamlandıktan sonra Örgütsel Koşullar ana kriterinin hesaplama aşamasına geçilecektir.

Beşinci ana kriter “Örgütsel Koşullar (ÖK)” ya göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$\begin{array}{llllllllll}
S_{ÖK1} & 4,80 & 5,95 & 7,16 & x & 0,0297 & 0,0362 & 0,0445 & = & 0,14 & 0,22 & 0,32 \\
S_{ÖK2} & 4,66 & 5,71 & 6,98 & x & 0,0297 & 0,0362 & 0,0445 & = & 0,14 & 0,21 & 0,31 \\
S_{ÖK3} & 5,55 & 6,91 & 8,47 & x & 0,0297 & 0,0362 & 0,0445 & = & 0,17 & 0,25 & 0,38 \\
S_{ÖK4} & 4,91 & 6,12 & 7,48 & x & 0,0297 & 0,0362 & 0,0445 & = & 0,15 & 0,22 & 0,33 \\
S_{ÖK5} & 2,53 & 2,90 & 3,54 & x & 0,0297 & 0,0362 & 0,0445 & = & 0,08 & 0,11 & 0,16
\end{array}$$

Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebeye dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$$\begin{array}{llll}
\mathbf{V} & S_{ÖK1} \geq S_{ÖK2} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK1} \geq S_{ÖK3} & 0,82 & \mathbf{V} & S_{ÖK1} \geq S_{ÖK4} & 0,97 & \mathbf{V} & S_{ÖK1} \geq S_{ÖK5} & 1,00 \\
\mathbf{V} & S_{ÖK2} \geq S_{ÖK3} & 0,77 & \mathbf{V} & S_{ÖK2} \geq S_{ÖK4} & 0,92 & \mathbf{V} & S_{ÖK2} \geq S_{ÖK5} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK2} \geq S_{ÖK1} & 0,95 \\
\mathbf{V} & S_{ÖK3} \geq S_{ÖK4} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK3} \geq S_{ÖK5} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK3} \geq S_{ÖK1} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK3} \geq S_{ÖK2} & 1,00 \\
\mathbf{V} & S_{ÖK4} \geq S_{ÖK5} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK4} \geq S_{ÖK1} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK4} \geq S_{ÖK2} & 1,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK4} \geq S_{ÖK3} & 0,85 \\
\mathbf{V} & S_{ÖK5} \geq S_{ÖK1} & 0,12 & \mathbf{V} & S_{ÖK5} \geq S_{ÖK2} & 0,16 & \mathbf{V} & S_{ÖK5} \geq S_{ÖK3} & 0,00 & \mathbf{V} & S_{ÖK5} \geq S_{ÖK4} & 0,09
\end{array}$$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$$\begin{array}{l}
D(ÖK1) = 0,82 \\
D(ÖK2) = 0,77
\end{array}$$

$$D(\text{ÖK}_3) = 1,00$$

$$D(\text{ÖK}_4) = 0,85$$

$$D(\text{ÖK}_5) = 0,00$$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W'$  (0.82, 0.77, 1.00, 0.85, 0.00) ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W$  (0.24, 0.22, 0.29, 0.25, 0.00)<sup>T</sup> elde edilir.

Ağırlık vektörünün bulunmasıyla birlikte Örgütsel Koşullar'a ait her bir alt kriter değerleri ile seçeneklerin değerleri çarpılıp toplanır. Bu sonuçla birlikte seçenek ve alt kriterlerin Örgütsel Koşullar'a ne derece etki ettiği bulunur.

**Tablo 4.8:** Örgütsel Koşullar Alt Kriterlerinin Ağırlıkları.

W	0,24	0,22	0,29	0,25	0,00	
	ÖK <sub>1</sub>	ÖK <sub>2</sub>	ÖK <sub>3</sub>	ÖK <sub>4</sub>	ÖK <sub>5</sub>	
A <sub>1</sub>	0,50	0,51	0,76	0,53	0,31	0,58
A <sub>2</sub>	0,23	0,25	0,20	0,28	0,26	0,24
A <sub>3</sub>	0,09	0,15	0,04	0,09	0,21	0,09
A <sub>4</sub>	0,16	0,09	0,00	0,07	0,14	0,07
A <sub>5</sub>	0,01	0,00	0,00	0,04	0,08	0,01

### 4.3. SONUÇ SKORU

Tüm bu kriterlerin hesaplamaları yapıldıktan sonra son olarak seçeneklerin kriterleri ne derece etkilediği ve Türk konteyner terminallerine en uygun RFID uygulaması seçimi probleminde hangi seçeneğin tercih edilmesi gerektiği bulunur.

En uygun RFID uygulaması seçimi için bulunan ikili karşılaştırmalar matrisinden aşağıdaki sentetik değer vektörleri hesaplanır.

$$S_M \quad 4,76 \quad 6,17 \quad 7,92 \quad x \quad 0,0304 \quad 0,0392 \quad 0,0498 = 0,14 \quad 0,24 \quad 0,39$$

$$S_{BF} \quad 4,03 \quad 5,17 \quad 6,75 \quad x \quad 0,0304 \quad 0,0392 \quad 0,0498 = 0,12 \quad 0,20 \quad 0,34$$

$$S_{TRU} \quad 3,71 \quad 4,65 \quad 5,77 \quad x \quad 0,0304 \quad 0,0392 \quad 0,0498 = 0,11 \quad 0,18 \quad 0,29$$

$$S_{ÇK} \quad 3,43 \quad 4,19 \quad 5,37 \quad x \quad 0,0304 \quad 0,0392 \quad 0,0498 = 0,10 \quad 0,16 \quad 0,27$$

$$S_{ÖK} \quad 4,15 \quad 5,33 \quad 7,08 \quad x \quad 0,0304 \quad 0,0392 \quad 0,0498 = 0,13 \quad 0,21 \quad 0,35$$



Bu değerler yardımıyla bulanık sentetik mertebe dereceleri kullanılarak olabirlik dereceleri bulunur.

$V_{S_M \geq S_{BF}} = 1,00$	$V_{S_M \geq S_{TRU}} = 1,00$	$V_{S_M \geq S_{CK}} = 1,00$	$V_{S_M \geq S_{OK}} = 1,00$
$V_{S_{BF} \geq S_{TRU}} = 1,00$	$V_{S_{BF} \geq S_{CK}} = 1,00$	$V_{S_{BF} \geq S_{OK}} = 0,97$	$V_{S_{BF} \geq S_M} = 0,83$
$V_{S_{TRU} \geq S_{CK}} = 1,00$	$V_{S_{TRU} \geq S_{OK}} = 0,86$	$V_{S_{TRU} \geq S_M} = 0,71$	$V_{S_{TRU} \geq S_{BF}} = 0,89$
$V_{S_{CK} \geq S_{OK}} = 0,76$	$V_{S_{CK} \geq S_M} = 0,61$	$V_{S_{CK} \geq S_{BF}} = 0,79$	$V_{S_{CK} \geq S_{TRU}} = 0,89$
$V_{S_{OK} \geq S_M} = 0,86$	$V_{S_{OK} \geq S_{BF}} = 1,00$	$V_{S_{OK} \geq S_{TRU}} = 1,00$	$V_{S_{OK} \geq S_{CK}} = 1,00$

Bu değerlere göre oluşan ağırlık vektörü;

$D_{(M)} = 1,00$
$D_{(BF)} = 0,83$
$D_{(TRU)} = 0,71$
$D_{(CK)} = 0,61$
$D_{(OK)} = 0,86$

şeklindedir.

Min D değerlerinin hesaplanmasıyla bulunan  $W' = (1,00, 0,83, 0,71, 0,61, 0,86)$  ağırlıklar vektörünün normalizasyonu sonucu

$W = (0,25, 0,21, 0,18, 0,15, 0,22)^T$  elde edilir.

Ağırlık vektörünün bulunmasıyla birlikte daha önceki aşamalarda bulunan değerler aşağıda yerine konulur ve en uygun alternatifin seçimi için her bir alt kriter değerleri ile seçeneklerin değerleri çarpılıp toplanır. Bu sonuçla birlikte seçeneklerin kriterleri ne derece etkilediği ve hangi seçeneğin tercih edilmesi gerektiği aşağıdaki gibi belirlenir.

**Tablo 4.9:** Ana-Alt Kriterler-Alternatiflerin Ağırlıkları Ve Sonuç Skoru.

<b>W</b>	<b>0,25</b>	<b>0,21</b>	<b>0,18</b>	<b>0,15</b>	<b>0,22</b>	
	<b>M</b>	<b>BF</b>	<b>TRU</b>	<b>CK</b>	<b>OK</b>	
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>0,71</b>	<b>0,05</b>	<b>0,55</b>	<b>0,43</b>	<b>0,58</b>	<b>0,48</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>0,23</b>	<b>0,28</b>	<b>0,24</b>	<b>0,21</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	<b>0,03</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	<b>0,02</b>	<b>0,26</b>	<b>0,06</b>	<b>0,12</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>
<b>A<sub>5</sub></b>	<b>0,01</b>	<b>0,41</b>	<b>0,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,10</b>

Yukarıdaki hesaplamalar sonucunda en yüksek değeri alan **A<sub>1</sub>** alternatifi 0.48'lik en yüksek değerle terminallerimiz için en uygun RFID uygulaması olmuştur. İkinci olarak

0.21 değeri ile  $A_2$ , diğer alternatifler ise yaklaşık olarak biri birlerine eşit değerleri almışlardır.

#### **4.4. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMINA YÖNELİK FAYDA-MALİYET ANALİZ MODELİ**

Daha önceki bölümlerde açıklanan konteyner terminallerinin RFID sistem seçimi modeline ek olarak ilgili teknolojinin ölçülebilir fayda parametreleri çerçevesinde fayda-maliyet analizinin yapılması önem arz etmektedir. Çünkü bir yatırımın, yatırım dönemi ve ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı faydalar ile ortaya çıkacak maliyetlerin ölçülmesi, belli bir referans yılına indirgenerek karşılaştırılması, başa baş noktasının tespiti ve fayda-maliyet oranlarının bulunarak ekonomikliğinin ortaya konması gerekmektedir. Bu bağlamda aşağıda maddeler halinde sunulan kabuller doğrultusunda, Tsai ve Huang (2012) çalışmasına yeni parametreler eklenmiştir. Oluşturulan bu yeni model ile fayda-maliyet analizi yapılmıştır.

Modelin oluşturulmasında ve çözüm sürecinde uygulanan kabuller aşağıdaki gibidir;

- Tezin konusunu konteyner terminalleri oluşturduğu için fayda ve maliyet parametreleri sadece terminal bazında belirlenmiştir.
- Taşıyıcı araçların, limana giriş yapan konteynerlerin ve liman çalışanlarının aktif RFID etiketine sahip olduğu, sahip olmayanların etiketlendirildikten sonra limana giriş yaptığı kabul edilmiştir.
- Tüm dünya uygulamalarında geçerli olduğu üzere liman dışı taşıyıcı araçların ve konteynerlerin RFID etiketi maliyetlerinin taşıyıcı firmalar tarafından karşılandığı kabul edilmiştir.
- Fayda-maliyet analizinin yapıldığı limanın; yıllık 1.000.000 TEU ve 650.000 konteynerlik elleçleme kapasitesi olduğu varsayılmıştır. Kapı sayısı 2 giriş ve 2 çıkış olmak üzere 4 adet olduğu varsayılmıştır. Kapılardan yılda 450.000 araca işlem yapıldığı kabul edilmiştir. Toplam terminal sahası 200.000 m<sup>2</sup> ve toplam rıhtım sayısı 4 ve uzunluğu 900 metre olarak düşünülmüştür. Ayrıca 3 adet raylı vinç, 7 adet mobil vinç ve 150 adet saha ekipmanı (tekerlekli vinç, istif makinesi, spreader, çekici, forklift vb) olduğu varsayılmıştır.

Bu bilgiler ışığında oluşturduğumuz fayda-maliyet modeli ve sonuçları aşağıdaki gibidir.

$$(F|M) = \frac{\sum_{j=0}^n TF^j}{\sum_{j=0}^n TM^j} \quad (4.1)$$

*F: Fayda*

*M: Maliyet*

*j: Yatırım yılı*

$$TF^j = TK\dot{I}MT^j + EMT^j + DMT^j \quad (4.2)$$

$$TK\dot{I}MT^j = \sum_{j=1}^n ((TK\dot{I}M_{RFID'siz})^j - (TK\dot{I}M_{RFID'li})^j) \quad (4.3)$$

$$EMT^j = \sum_{j=1}^n ((EM_{RFID'siz})^j - (EM_{RFID'li})^j) \quad (4.4)$$

$$DMT^j = \sum_{j=1}^n ((DM_{RFID'siz})^j - (DM_{RFID'li})^j) \quad (4.5)$$

*TF: j. yıldaki Toplam Fayda*

*TK\dot{I}MT: j. yıldaki Terminal Kapısı İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf*

*EMT: j. yıldaki Elleçleme Maliyetlerinden Tasarruf*

*DMT: j. yıldaki Dokümantasyon Maliyetlerinden Tasarruf*

$$TM^j = KM + \sum_{j=1}^n \dot{I}M^j \quad (4.6)$$

*TM<sup>j</sup> : j. yıldaki toplam maliyet*

*KM : kurulum maliyeti*

*\dot{I}M<sup>j</sup> : j. yıldaki işletim (bakım, eğitim, entegrasyon vb) maliyeti*

Terminal Kapısı İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf (TKİMT): RFID teknolojisini adapte eden limanlar özellikle kapı girişlerinde çalıştırdığı elemanlarından ciddi miktarda tasarruf edebilmektedir. Analizimizde konteyner terminalinde giriş-çıkış kapıları 2’şer adet olarak düşünülmüştür. Her bir kapıda süreçleri hızlandırmak ve zaman kayıplarını engellemek için 2’şer kişi çalıştırılmaktadır. Günde 3 vardiya ve 8’er saatten çalıştırıldığı kabul edilmiştir. Bu bağlamda bu görev için istihdam edilen toplam 32 kişi olduğu, aylık net 1.157 TL maaş ödendiği ve her yıl % 5 oranında zam aldıkları varsayılmıştır. Bu kişiler, araç ve yük kontrollerinin (plaka, konteyner no, yük tipi vb) yanı sıra belge ve bilgi kontrollerini yapmaktadırlar. Kontrollerin manuel yapıldığı ve kontrol esnasında bir çalışanın sistemsel kontrolleri, diğer çalışanın ise fiziksel kontrolleri yaptığı kabul edilmiştir. RFID’li bir sistemde bu kontroller otomatik olarak yapıldığından her bir kapı ve vardiya için 2’şer eleman yerine 1’er eleman çalıştırılması yeterli olmaktadır. Başka bir deyişle RFID’li sistem kullanıldığında, işçilik maliyetleri yarı yarıya azalmaktadır. Ortalama çalışan sayısının değişmeyeceği kabul edilerek Tablo 4.10 oluşturulmuştur.

**Tablo 4.10 : RFID’siz ve RFID’li Sistemlere Göre Terminal Kapısı İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf Miktarları.**

Zaman (Yıl)	Yıllık Maaş Artış Oranı (%)	RFID’siz Sistem			RFID’li Sistem			İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf Toplamı (TL)	İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf Toplamı (TL) - Kümülatif
		Toplam Çalışan Sayısı (kişi)	Aylık Net Maaş (TL/kişi)	Yıllık Toplam Net Maaş (TL)	Toplam Çalışan Sayısı (kişi)	Aylık Net Maaş (TL/kişi)	Yıllık Toplam Net Maaş (TL)		
1	5	32	1.157	444.288	16	1.157	222.144	222.144	222.144
2		32	1.215	466.502	16	1.215	233.251	233.251	455.395
3		32	1.276	489.828	16	1.276	244.914	244.914	700.309
4		32	1.339	514.319	16	1.339	257.159	257.159	957.468
5		32	1.406	540.035	16	1.406	270.017	270.017	1.227.486
6		32	1.477	567.037	16	1.477	283.518	283.518	1.511.004
7		32	1.550	595.388	16	1.550	297.694	297.694	1.808.698
8		32	1.628	625.158	16	1.628	312.579	312.579	2.121.277
9		32	1.709	656.416	16	1.709	328.208	328.208	2.449.485
10		32	1.795	689.237	16	1.795	344.618	344.618	2.794.103

Elleçleme Maliyetlerinden Tasarruf (EMT): RFID tabanlı bir konteyner terminalinde giriş çıkış kapılarından elde edilen tasarrufa ek olarak terminal sahalarında (yükleme/boşaltma sahaları, istif alanı, depolar vb.) icra edilen elleçleme faaliyetlerine yönelik ciddi tasarruflar (işçilik, enerji, zaman vb) elde edilebilmektedir. Bu alanlarda liman yöneticilerinden beklenen; alanların, çalışanların ve ekipmanların optimum verimlilikte kullanımının sağlanması ve buna bağlı olarak, konteyner başına elleçleme maliyetlerinden tasarruf edilmesidir. RFID teknolojisine sahip bir liman ve etiketlendirilmiş yük, araç, ekipman kombinasyonuna bağlı olarak okuyuculardan alınacak veriler, terminal ana işletim sistemindeki bilgilerle anında ve hatasız olarak karşılaştırılabilmektedir. Olası bir eşleşme problemine anında müdahale edilebilmekte, gereksiz iş kayıpları önlenilmekte ve sağlanacak anlık verilerle daha etkin bir elleçleme planlaması yapılabilmektedir. Miragliotta ve diğ. (2007) çalışmasına göre RFID tabanlı yönetilen bir limanda elleçleme maliyetleri %4.3 oranında düşmektedir.

IBIGROUP, (2006) raporundaki temel elleçleme maliyeti türleri baz alınarak; yukarıdaki kabullerde belirttiğimiz ölçekteki bir konteyner terminali için Türkiye şartlarına göre revize edilmiş giderler aşağıdaki gibidir;

Terminal Sahası İşçilik Giderleri	3.225.625-TL
Terminal Sahası Ekipman Giderleri (Bakım, enerji vb.)	1.191.000-TL
Terminal Sahası Tesis ve Yol Giderleri (Bakım, aydınlatma vb)	2.084.250-TL
<b>Toplam</b>	<b>6.500.875 –TL</b>
Bu tutarlara göre yapılacak tasarruf toplamı	279.538 -TL
Elleçlenen Ortalama Konteyner Sayısı	700.000 –Ad.
Konteyner Başına Tasarruf Miktarı	0,399 -TL

Yıllık konteyner üretimi artışı % 5,5 olarak alınmıştır (Esmer ve Oral, 2008). Bu bilgiler ışığında Tablo 4.11 hazırlanmıştır.

**Tablo 4.11 : RFID’li Sistem İle Elleçleme Maliyetlerinden Tasarruf Miktarları.**

Zaman (Yıl)	Yıllık Konteyner Artış Oranı Tahmini (%)	Konteyner Başına Tasarruf Miktarı (TL)	Yıllık Konteyner Üretimi (Adet)	Elde Edilen Toplam Tasarruf Miktarı (TL)	Elde Edilen Toplam Tasarruf Miktarı (TL)-Kümülatif
1	5,5	0,399	650.000	259.350	259.350
2			685.750	273.614	532.964
3			723.466	288.663	821.627
4			763.257	304.540	1.126.167
5			805.236	321.289	1.447.456
6			849.524	338.960	1.786.416
7			896.248	357.603	2.144.019
8			945.542	377.271	2.521.290
9			997.546	398.021	2.919.311
10			1.052.411	419.912	3.339.223

Dokümantasyon Maliyetlerinden Tasarruf (DMT): Limanlar, her yük ve araç için çeşitli süreçlere (kontrol, yükleme, boşaltma, konsolidasyon vb) yönelik olarak farklı departmanların (gümrük, muhasebe, operasyon vb) bilgilendirilmesi amacı ile irsaliye onay formu, konsolidasyon formu, araç onay formu vb belgeler düzenlemektedir. RFID tabanlı bir liman sisteminde; etiketlenmiş objeler, el terminalleri ve saha okuyucuları vasıtasıyla tanınacağından, bu tarz belgelerin düzenlenmesi minimize edilebilecektir. Çünkü bu teknolojinin kullanılması, ilgili belge ve bilgilere ihtiyaç duyan departmanların bunları sistemden güncel hali ile görebilmesini sağlayacak ve bürokratik ihtiyaçlar azalacaktır. Limana giriş yapan her bir araç ve konteyner için 1’er belgenin hazırlanma ihtiyacının ortadan kalkacağı ve belge başına maliyetin 0,01 TL olduğu senaryosu doğrultusunda Tablo 4.12 hazırlanmıştır. Yıllık konteyner üretimi artışı ve buna bağlı olarak yıllık araç sayısı artışı % 5,5 olarak kabul edilmiştir (Esmer ve Oral, 2008).

**Tablo 4.12 :** RFID'siz ve RFID'li Sistemlere Göre Dokümantasyon Maliyetlerinden Tasarruf Miktarları.

Zaman (Yıl)	Birim Dokümantasyon Maliyeti (TL/adet)	Yıllık Konteyner Artış Oranı Tahmini (%)	Yıllık Araç Artış Oranı Tahmini (%)	Yıllık Araç Sayısı (Yıllık)	Yıllık Konteyner Sayısı (Adet/Yıl)	RFID'li Sistem		Yıllık Tasarruf Edilen Min. Dokümantasyon Maliyeti (TL/Yıl)-Kümülatif
						Tasarruf Edilen Min. Doküman Sayısı Toplamı	Yıllık Min. Tasarrufu (TL/Yıl)	
1	0,01	5,5	5,5	450.000	650.000	1.100.000	11.000	11.000
2				474.750	685.750	1.160.500	11.605	22.605
3				500.861	723.466	1.224.328	12.243	34.848
4				528.409	763.257	1.291.666	12.917	47.765
5				557.471	805.236	1.362.707	13.627	61.392
6				588.132	849.524	1.437.656	14.377	75.769
7				620.479	896.248	1.516.727	15.167	90.936
8				654.606	945.541	1.600.147	16.001	106.937
9				690.609	997.546	1.688.155	16.882	123.819
10				728.592	1.052.411	1.781.004	17.810	141.629

**Kurulum Maliyeti:** RFID teknolojisini konteyner terminallerine adapte edecek yöneticiler yüksek maliyetler ile karşılaşmaktadır. Bunların en önemlisi kurulum maliyetidir. Bu maliyet genel olarak etiketler, okuyucular, antenler, bilgisayarlar ve ağ ekipmanlarına ait maliyetler ile ara yazılım (middleware) ve diğer uygulama yazılımlarının oluşturulması ya da satın alınmasına ait maliyetler olarak düşünülmüştür. Buna göre limanın RFID teknolojisine yönelik olarak yapacağı bir yatırımda kurulum maliyetini oluşturan kalemler aşağıdaki gibidir. Modelin maliyet parametrelerini oluşturan tüm veriler; tedarikçi firmalar tarafından sağlanan verilerin ortalamalarından oluşmaktadır.

**Tablo 4.13:** Fayda-Maliyet Analizinde Kullanılan Kurulum Maliyet Tutarını Oluşturan Kalemler.

İÇERİK	MİKTAR
Okuyucu Arakatman Ekipmanı	5 Set
Monitör Sistemi	1 Set
Kapı Sistemi Arayüz Ekipmanı	8 Set
PDA	1 Set
RFID Etiketi	7 Set
Yük İzleme Sistemi Arayüz Ekipmanı	1 Set
Server	2 Set
PC	3 Set
Taşınabilir Okuyucu	18 Parça
UHF RFID Okuyucu (Anten Dahil)	18 Set
Kablo ve Tel Aksamı	11 Set

İşletim (bakım, eğitim vb) maliyeti: Adapte edilen teknolojiyi iş görür durumda tutmaya yönelik maliyetlerdir. Bunların en önemlileri eğitim, bakım ve süreç yenileme maliyetleridir. Sistem 6.yılında çok kapsamlı olarak yenilenmektedir.

**Tablo 4.14** : Fayda Maliyet Analizinde Kullanılan Maliyet Tutarlarının Yıllar Bazındaki Dağılımı.

Zaman (Yıl)	Kurulum Maliyeti(TL)	İşletim Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)	Kümülatif Toplam Maliyet (TL)
0	- 794.945	-	<b>-794.945</b>	<b>- 794.945</b>
1	-	- 151.836	<b>-151.836</b>	<b>- 946.781</b>
2	-	- 113.213	<b>-113.213</b>	<b>-1.059.994</b>
3	-	- 92.665	<b>- 92.665</b>	<b>-1.152.659</b>
4	-	- 80.712	<b>- 80.712</b>	<b>-1.233.371</b>
5	-	- 65.380	<b>- 65.380</b>	<b>-1.298.751</b>
6	-	- 316.035	<b>-316.035</b>	<b>-1.614.786</b>
7	-	- 104.500	<b>-104.500</b>	<b>-1.719.286</b>
8	-	- 85.988	<b>- 85.988</b>	<b>-1.805.274</b>
9	-	- 70.900	<b>- 70.900</b>	<b>-1.876.174</b>
10	-	- 60.480	<b>- 60.480</b>	<b>-1.936.654</b>

Tüm bu maliyet ve fayda verileri doğrultusunda oluşturduğumuz genel tablo Tablo 4.15’de verilmiştir.

**Tablo 4.15:** Yatırım Yıllarına Göre Kümülatif Fayda Maliyet Farkı Tablosu.

Zaman (Yıl)	Kurulum Maliyeti(TL)	İşletim Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)	Kümülatif Toplam Maliyet (TL)	Term. Kap. İşçilik Maliyetlerinden Tasarruf (TL)	Elleçleme Maliyetlerinden Tasarruf (TL)	Min. Dokümantasyon Tasarrufu (TL/Yıl)	Toplam Fayda (TL)	Kümülatif Toplam Fayda (TL)	KÜMÜLATİF FAYDA MALİYET FARKI (TL)
0	- 794.945	-	<b>-794.945</b>	<b>- 794.945</b>	-	-	-	-	-	<b>- 794.945</b>
1	-	- 151.836	<b>-151.836</b>	<b>- 946.781</b>	222.144	259.350	11.000	<b>492.494</b>	<b>492.494</b>	<b>- 454.287</b>
2	-	- 113.213	<b>-113.213</b>	<b>-1.059.994</b>	233.251	273.614	11.605	<b>518.470</b>	<b>1.010.964</b>	<b>- 49.030</b>
3	-	- 92.665	<b>- 92.665</b>	<b>-1.152.659</b>	244.914	288.663	12.243	<b>545.820</b>	<b>1.556.784</b>	<b>404.125</b>
4	-	- 80.712	<b>- 80.712</b>	<b>-1.233.371</b>	257.159	304.540	12.917	<b>574.616</b>	<b>2.131.400</b>	<b>898.029</b>
5	-	- 65.380	<b>- 65.380</b>	<b>-1.298.751</b>	270.017	321.289	13.627	<b>604.934</b>	<b>2.736.334</b>	<b>1.437.583</b>
6	-	- 316.035	<b>-316.035</b>	<b>-1.614.786</b>	283.518	338.960	14.377	<b>636.855</b>	<b>3.373.189</b>	<b>1.758.403</b>
7	-	- 104.500	<b>-104.500</b>	<b>-1.719.286</b>	297.694	357.603	15.167	<b>670.464</b>	<b>4.043.653</b>	<b>2.324.367</b>
8	-	- 85.988	<b>- 85.988</b>	<b>-1.805.274</b>	312.579	377.271	16.001	<b>705.852</b>	<b>4.749.505</b>	<b>2.944.231</b>
9	-	- 70.900	<b>- 70.900</b>	<b>-1.876.174</b>	328.208	398.021	16.882	<b>743.110</b>	<b>5.492.615</b>	<b>3.616.441</b>
10	-	- 60.480	<b>- 60.480</b>	<b>-1.936.654</b>	344.618	419.912	17.810	<b>782.340</b>	<b>6.274.955</b>	<b>4.338.301</b>

Bir projenin belli bir zaman aralığında sağlayacağı tasarruf miktarları ile yatırım giderlerinin, gelecekteki değeri ile bugünkü değerinin farklı olduğu ve paranın zaman içerisinde değer kaybettiği ekonominin bir gerçeğidir. Bu gerçekten yola çıkılarak Formül 4.8’de gösterilen “Net Bugünkü Değer (NBD)” kavramı ortaya atılmıştır.  $M_t$  ve



$F_t$  olarak belirtilen ifadeler maliyet ve tasarrufları,  $i$  olarak ifade edilen kavram ise indirgenme oranıdır. İndirgenme oranı, kullanılacağı alana göre farklılıklar gösterse de genellikle sermaye piyasasındaki ortalama mevduat faiz oranı olarak alınmaktadır.

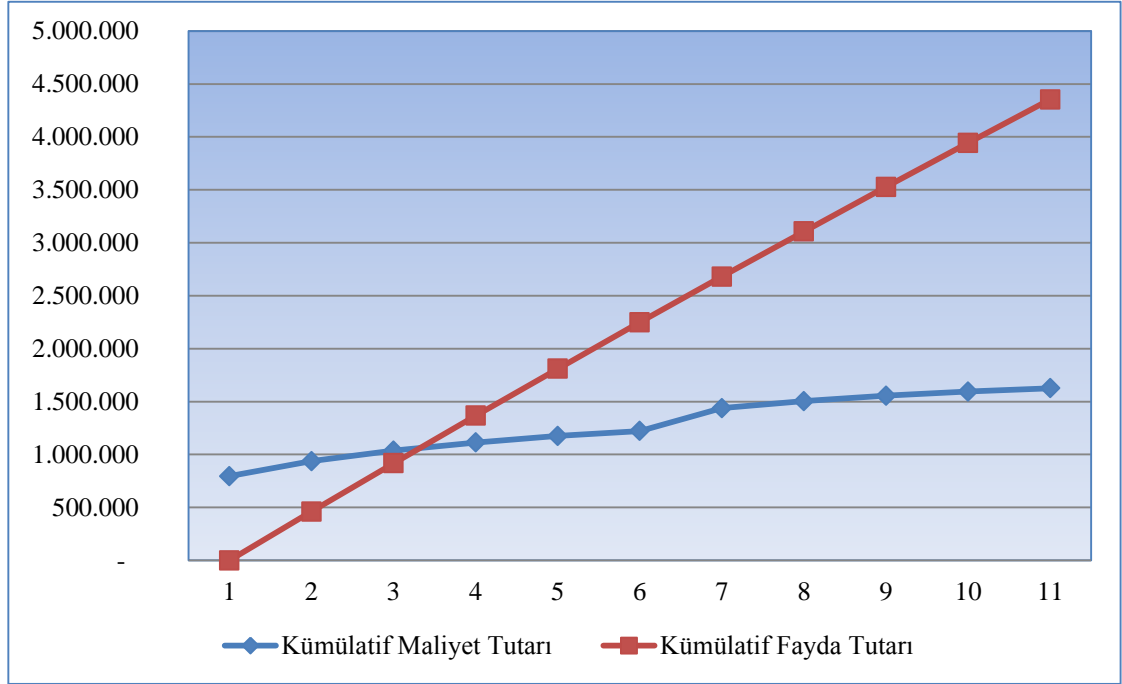
$$(F/M)_{NBD} = \frac{\sum_{t=0}^n F_t(1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{-t}} = \frac{F_0 + (F_1/(1+i_1)^1) + (F_2/(1+i_2)^2) + \dots + (F_n/(1+i_n)^n)}{M_0 + (M_1/(1+i_1)^1) + (M_2/(1+i_2)^2) + \dots + (M_n/(1+i_n)^n)} \quad (4.8)$$

Bu formül doğrultusunda Tablo 4.16'daki değerleri, TCMB (2013)'e göre % 6,68 (2012 yılı sonu itibariyle sermaye piyasasındaki ortalama mevduat faiz oranı) indirgenme oranı ile bugünkü değerlerine taşıdığımızda oluşan veriler Tablo 4.16'da verilmiştir.

**Tablo 4.16:** Yatırım Yıllarına Göre Kümülatif Fayda Maliyet Farkı Tablosu (NBD %6,68 için).

Zaman (Yıl)	Kurulum Maliyeti(TL)	İşletim Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)	Kümülatif Toplam Maliyet (TL)	Term. Kap. İşçilik Maliyetlerinden Tasaruf (TL)	Elleçleme Maliyetlerinden Tasaruf (TL)	Min. Dokümantasyon Tasarufu (TL/Yıl)	Toplam Fayda (TL)	Kümülatif Toplam Fayda (TL)	KÜMÜLATİF FAYDA MALİYET FARKI (TL)
0	- 794.945	-	-794.945	- 794.945	-	-	-	-	-	- 794.945
1	-	- 142.328	-142.328	- 937.273	208.234	243.110	10.311	461.655	461.655	- 475.618
2	-	- 99.479	- 99.479	-1.036.752	204.955	240.421	10.197	455.573	917.228	- 119.524
3	-	- 76.325	- 76.325	-1.113.077	201.727	237.762	10.084	449.573	1.366.802	253.724
4	-	- 62.317	- 62.317	-1.175.394	198.550	235.132	9.973	443.655	1.810.457	635.063
5	-	- 47.318	- 47.318	-1.222.712	195.423	232.531	9.863	437.817	2.248.274	1.025.561
6	-	- 214.406	-214.406	-1.437.119	192.346	229.959	9.753	432.058	2.680.332	1.243.214
7	-	- 66.456	- 66.456	-1.503.575	189.317	227.415	9.646	426.378	3.106.710	1.603.135
8	-	- 51.259	- 51.259	-1.554.834	186.336	224.900	9.539	420.774	3.527.485	1.972.650
9	-	- 39.619	- 39.619	-1.594.453	183.401	222.412	9.433	415.247	3.942.731	2.348.278
10	-	- 31.680	- 31.680	-1.626.133	180.513	219.952	9.329	409.794	4.352.525	2.726.393

Tablo 4.16 doğrultusunda hazırlanan, kümülatif maliyet ve fayda tutarları grafiği Şekil 4.2'de ve yıllar bazında fayda-maliyet oranları tablosu ise Tablo 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Yatırım Yılları Bazında Kümülatif Maliyet ve Fayda Tutarları.

Tablo 4.17: Yatırım Yıllarına Göre Fayda-Maliyet Oranı Tablosu (NBD %6,68 için).

Zaman (Yıl)	F/M Oranı
0	-
1	0,49
2	0,88
3	<b>1,23</b>
4	1,54
5	1,84
6	1,87
7	2,07
8	2,27
9	2,47
10	<b>2,68</b>

Yukarıda yapılan hesaplamalar ile ortaya çıkan değerler “Tartışma ve Sonuç” bölümünde irdelenecektir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Konteyner taşımacılığında ve özellikle terminallerde, RFID teknolojisi muhtelif süreçlerde uygulanabilmektedir. Terminaller bu teknolojiyi satın alırken bütçesinin önemli bir kısmını ayırmak mecburiyetinde kalmaktadır. Bu bağlamda terminal yöneticileri, ilgili teknolojinin uygulanacağı alanı belirlerken pek çok kriteri ve alternatifini göz önünde bulundurmaktadır.

Bu çalışmada konteyner terminallerinde RFID sistem seçimine yönelik olarak ilk kez bir model ortaya konmuş ve oluşturulan model çerçevesinde limanlarımıza en uygun RFID sistemi belirlenmiştir. Bu bağlamda büyük dünya limanlarında kullanılan veya kullanılması düşünülen uygulamalar belirlenmiş ve bunlardan beş tanesi oluşturduğumuz modele göre değerlendirilmiştir.

Karar vericilerin dikkate alacağı veya alması muhtemel olan kriterlerin neler olabileceği araştırılmış, nitel veya nicel olan tüm kriterlerin değerlendirmeye tabi tutulmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla RFID teknolojisini incelemiş ve bu teknolojiyi bilen Türkiye'deki 3 büyük konteyner terminali saptanmıştır. Bu limanlarda ilgili konu ile direkt alakalı departmanlarda karar verici olarak görev ve sorumluluk alan 24 uzman ile yüz yüze görüşülmüştür.

Bu görüşmeler neticesinde belirlenen kriterler ile akademik literatürde farklı sektörlere uygulanan araştırmalarda kullanılmış ve konteyner terminalciliğine uygun kriterler bir arada düşünülerek özgün bir model oluşturulmuştur. Bu bağlamda uzman görüşlerine dayanılarak 5 ana kriter başlığı ve onların altında 25 alt kriter belirlenmiştir.

Tablo 5.1'de belirtilen ana kriterler ve alt kriterlerden oluşturulan seçim modeli, geniş kapsamlı ve spesifik olması sebebiyle ileride yapılacak araştırmalara çok ciddi katkıda bulunacaktır. Model için tüm girdiler, uzmanlara uygulanmış anketlerin sonucunda elde edilen verilerden oluşturulmuştur.

**Tablo 5.1:** Ana ve Alt Kriterler Tablosu.

Maliyet	Beklenen Fayda	Teknik Risk Unsurları	Çevresel Koşullar	Örgütsel Koşullar
Donanım Maliyeti	Artan Liman Güvenliği	Güvenlik	Paydaşların İşbirliği Seviyesi	Limn Sistemleriyle Uyumluluk
Yazılım Maliyeti	Artan Yük Güvenliği	Sağlığa Etki	Sektörel Uyumluluk	Üst Yönetim Desteği
Entegrasyon Maliyeti	Artan Operasyonel Verimlilik	Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı)	Tedarikçi Seviyesi	Finansal Hazır Olma
Eğitim Maliyeti	Artan Prestij	Güvenilirlik Ve Performans	Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı	Finansal Olmayan Hazır Olma
Bakım Maliyeti			Standartizasyon	Çalışanların Direnci
Süreç Yenileme Maliyeti			Rekabet Baskısı	

Elde edilen veriler ile en uygun alternatifin belirlenmesinde Chang'ın mertbe analizine dayalı Bulanık AHP metodu kullanılmıştır. Bu yöntemde, problem için her bir amaç, kriter, alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanılmakta ve problemi sistem yaklaşımı ile bir bütün olarak ele alarak her kriterin amaca olan katkısını bulanık sayılar yardımıyla ayrı-ayrı değerlendirilmektedir. Bulanık AHP metodu, karar verme süreci karmaşık ve belirsizlikler içeren bu tip bir problemin çözümü için en uygun metottur. Bu metot subjektif değerlendirmeleri belirli matematiksel sınırlar içine alarak daha gerçekçi bir çözüm sunup ortaya daha somut alternatifler çıkarmaktadır. Problem, kriter, alt kriter ve alternatif sayılarına göre spesifik olarak oluşturulan Excel yardımı ile çözülmüştür.

Bulanık AHP metodunun modele uygulanması sonucunda; ana kriterlerin göreceli önem dereceleri incelendiğinde en uygun RFID sisteminin seçimini etkileyen ana kriterlerin önem sırası; maliyet (0,25), örgütsel koşullar (0,22), beklenen fayda (0,21), teknik risk unsurları (0,18) ve çevresel koşullar (0,15) olmuştur. Bu bağlamda seçilecek alternatif belirlenirken yöneticiler tarafından teknolojinin yüklediği ağır maliyetler, limanın spesifik koşulları ve beklenen fayda öncelikli olarak göz önünde tutulmaktadır.

Ana kriterlere göre alternatifler değerlendirildiğinde; beklenen fayda ana kriteri dışındaki tüm kriterlerde 1.alternatifin açık ara önde olduğu görülmüştür. Beklenen fayda ana kriterine göre ise 0.41 önem derecesi ile 5. alternatifin önde olduğu saptanmıştır. Tüm bu kriterler bazında alternatiflerin aldığı ağırlıklar ise Tablo 5.2'de belirtildiği gibidir.

**Tablo 5.2:** Ana kriterler-Alternatiflerin Ağırlıkları.

	M	BF	TRU	ÇK	ÖK
A1	0,71	0,05	0,55	0,43	0,58
A2	0,23	0,09	0,23	0,28	0,24
A3	0,03	0,20	0,13	0,10	0,09
A4	0,02	0,26	0,06	0,12	0,07
A5	0,01	0,41	0,03	0,07	0,01

Maliyet'in alt kriterleri incelendiğinde; kuruluş aşamasındaki donanım (0,31) ve yazılım (0,22) maliyetlerinin, liman yöneticilerinin karar sürecinde toplam 0,53 ağırlık değeri ile en büyük önemi taşıdıkları saptanmıştır. Diğer kalemler sırası ile; süreç yenileme (0,21), bakım (0,15), entegrasyon (0,10) ve eğitim (0,01) maliyetleridir.

Beklenen faydalardan; operasyonel verimlilik artışı 0,35 ağırlık değeri ile ilk sırayı alırken, artan yük güvenliği 0,30 ve artan liman güvenliği 0,29 ağırlık değerleriyle birbirlerine çok yakın önemlerde çıkmıştır. Kurulacak RFID sisteminin terminale sağlayacağı prestij artışı'nın 0,06 ağırlık değeri ile son sırada olduğu saptanmıştır.

Limanlarda uygulanacak RFID sisteminin seçiminde teknik risk unsurları'nın alt kriterlerinden güvenilirlik ve performans (0,31), güvenlik (0,30), ile karmaşıklık (0,30) ağırlık değerleri ile biri birine yakın derecede önemli çıkarken, sağlığa etki (0,09) diğer üçüne nazaran fazla önemsenmemiştir.

Çevresel koşullar ana kriterini oluşturan alt kriterlerden en önemlisi; 0,24 ağırlık değeri ile kurulacak sistemin sektörel uyumluluğudur. Bu kritere çok yakın önemdeki diğer kriterler ise; ulusal ve uluslararası kanuni baskı (0,23), paydaşların işbirliği seviyesi (0,21) ve standartizasyondur (0,21). Tedarikçi seviyesi (0,06) ve rekabet baskısı (0,05) ise diğerlerine nazaran çok gerilerde kalmaktadırlar.

Örgütsel koşullar ana kriteri altındaki en önemli alt kriter; 0,29 ağırlık oranı ile limanın kurulacak sistem açısından finansal hazır olma durumudur. Bu kritere çok yakın olan diğer kriterler ise; finansal olmayan hazır olma (0,25), kurulacak yeni sistemin mevcut liman sistemleri ile uyumluluğu (0,24) ve üst yönetimin verdiği destektir (0,22).

Kurulacak yeni sisteme karşı çalışanlarca gösterilebilecek direnç ise ihmal edilebilecek kadar düşük önem seviyesindedir.

Tüm ana ve alt kriterler bazında yapılan sonuç skoruna bakıldığında; ilk iki alternatif ( $A_1$  ve  $A_2$ ) diğer alternatiflere üstünlük kurmuştur. 1. alternatifin ağırlığı 0,48, ikincisinin 0,21, üçüncü, dördüncü ve beşinci alternatiflerin ağırlıkları ise 0,10 olarak hesaplanmıştır. Bu ağırlık değerlerine göre; Türk konteyner terminaleri için en uygun alternatifin; taşıyıcı araç ve şoförünün RFID ile etiketlendirilerek, sadece liman kapılarına konacak okuyuculardan faydalanmak olduğu saptanmıştır. İkinci alternatifte konteynerin de etiketlendirilecek olmasının yaratacağı maliyetler sıralamada geriye düşmesinde en göze çarpan nedendir. Diğer alternatiflerin ( $A_3$ ,  $A_4$  ve  $A_5$ ), E-mühür uygulaması içermeleri nedeniyle Türk konteynerciliğine ilk iki alternatife göre çok daha az uygun olduğu düşünülmektedir. Bunun en büyük sebepleri; bu üç uygulamanın içerdiği çok yüksek maliyetler, sektörde yaratacağı karmaşık süreçler vb.dir.

Bulanık AHP yöntemini kullanarak konteyner terminalerinin RFID sistem seçimi modeline ek olarak ilgili teknolojinin ölçülebilir fayda parametreleri çerçevesinde fayda-maliyet analizinin yapılması da büyük önem arz etmektedir. Çünkü bir yatırımın yatırım dönemi ve ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı faydalar ile ortaya çıkacak maliyetlerin ölçülmesi ve belli bir referans yılına indirgenerek karşılaştırılması önemlidir.

Bu bağlamda; her alanında ideal olarak RFID teknolojisinin kullanıldığı, orta ölçekli (yıllık 1.000.000 TEU ve 650.000 konteynerlik elleçleme kapasiteli) bir konteyner terminalinin var olduğunu kabul ederek yaptığımız ve 10 yıllık süreyi kapsayan, fayda-maliyet analizine göre;

- Bu tip bir konteyner terminalinde yapılacak RFID teknolojisi yatırımı; öngörülebilir maliyet ve ölçülebilir tasarruf parametrelerine göre ilk yılki kurulum aşamasından sonraki 3. yılda başabaş noktasına ulaşabilmektedir.

- Bu tip bir yatırımın 10 yıldaki toplam maliyeti NBD %6,68'e göre 1.626.133-TL'dir. Bu büyüklükte bir yatırımdan sağlanacak ölçülebilir tasarruf miktarı ise 4.352.525 -TL'dir.
- On yılın sonunda oluşan fayda-maliyet oranı 2,68'dir. Bu veri, terminaldeki RFID teknolojisi yatırımının uzun vadede faydalı olabilecek bir yatırım olduğunu göstermektedir.
- Günümüzde bu teknolojiye dönük AR-GE çalışmaları hızla devam etmektedir. Bu bağlamda önümüzdeki 2 ila 5 yılda, özellikle kurulum maliyetlerinde ciddi düşüşler beklenmektedir. Bu tip bir durumda proje çok daha kısa sürede başa baş noktasına ulaşabilecek ve fayda-maliyet oranı yükselecektir. Örneğin ilk yatırımın ve diğer yıllardaki maliyetlerin 1/3 oranında düşmesi başabaş noktasını 1 yıl öne çekmekte, 10. yılın sonundaki fayda-maliyet oranını 4'e çıkarmaktadır.

Perakende, lojistik ve sağlık sektörlerinde RFID teknolojisine yönelik birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, ne dünya ne de Türkiye için konteyner terminallerinde RFID uygulaması seçim problemine yönelik araştırma ve analiz çalışması yoktur. Bu bağlamda bu tez çalışmasında oluşturduğumuz model; ilgili probleme yönelik olarak ortaya konan ilk modeldir. Ayrıca bu çalışma; Türkiye konteyner terminalleri için mevcut şartlarda seçilecek en uygun RFID uygulamasını ortaya koymasından da önem arz etmektedir.

Bu çalışma, Türk konteyner terminal yöneticilerinin -RFID özelinde- teknolojik yatırımlara yönelik karar verirken göz önünde bulundukları kriterleri göstermesi açısından da önemlidir. Aynı zamanda, potansiyel RFID teknolojisi kullanıcılarını tanımlaması yönüyle de teknoloji şirketlerine faydalı bilgiler sunmaktadır. Çalışma bulguları, bu potansiyel kullanıcılara erişmek için uygun pazarlama stratejileri oluşturulmasında yararlı olacaktır.

Pek çok lider liman işletmesi RFID teknolojisini yavaş yavaş kullanmaya başlamıştır. Bu bağlamda; kullanımı hızla artan bu teknolojiye yönelik yapılacak araştırmalar pek çok liman işletmesi için önemlidir çünkü RFID'nin pazar potansiyeli çok yüksektir.

Ayrıca başlangıç periyodunda, RFID'ye karşı endüstri daha mesafeli ve kuşkucu olmasına rağmen, deneme çalışmaları kanıtlamıştır ki RFID teknolojisi operasyonel açıdan harcanan zamanı düşürmekte ve her açıdan güvenlik seviyelerini arttırmaktadır. Bu açılardan yakın gelecekte sektördeki küçük oyuncuların da bu sürecin takipçileri olması beklenmelidir.

Fakat unutulmamalıdır ki; ancak geniş ölçekli bir yaygınlığa ulaştığında bu teknoloji den maksimum fayda sağlanabilecektir. Bu bağlamda RFID teknolojisinin konteyner taşımacılığında ve terminallerinde kullanımı hem dünyada hem de ülkemizde henüz emekleme dönemindedir. Maliyetler azalıp, donanımsal ve yazılımsal kabiliyetler yapılacak çalışmalar ile arttıkça RFID'nin kullanımı da artacaktır.

Bunun yanı sıra terminallerde RFID uygulanmasına geçilmeden önce elektronik mühendislerinin, terminal sahasındaki frekans ve parazit kirliliği tespitlerini ve hangi noktalara hangi tip ekipman koyacaklarını tespit etmek amacıyla pilot çalışmalarda bulunmaları zorunluluğu vardır ve tüm bu süreçler dikkatle planlanmalıdır. Ayrıca ülkeler koordinasyon içinde çalışarak standart prosedürler üretebilirlerse kullanımdaki pek çok zorluk aşılabilecektir.

Sektörde yapılacak RFID yatırımlarının artmasına bağlı olarak, araştırmacıların bilgisine sunulacak yeni bilgiler doğrultusunda;

- Standartizasyon,
- Sektördeki, limanların dışında kalan aktörlerin sürece katılımları sonucu göğüsleyecekleri maliyetler ve sağlayacağı faydaların analizleri,
- Teknik süreçlerin (frekanslar, sinyallerin ayrıştırılması, okuma zorlukları vb) iyileştirilmesi,
- Konteyner taşıma zincirleri için fayda maliyet analizi,
- Denizcilik güvenliği ve özellikle terörizmi engelleyebilecek özgün bir RFID sistem mimarisinin tasarlanması vb.

konular geleceğin araştırma konuları olacaktır. Bu bağlamda yaptığımız tez çalışması ileride yapılacak çalışmalar için faydalı bir başlangıç noktası olacaktır.



## KAYNAKLAR

- ABAJO, V.O., 2009, *Analysis of ICT solutions integration for tracking purposes in container terminal management and operation*, Thesis(Master), l'Escola d'Enginyeria de Telecomunicació, Universitat Politècnica de Catalunya.
- ABERDEEN GROUP, 2005, *The RFID Benchmark Report: Finding the Technology's Tipping Point*, [online], Aberdeen Group, BOSTON, [http://www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/2466/RA\\_RFID\\_JF\\_2466.aspx](http://www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/2466/RA_RFID_JF_2466.aspx) [Ziyaret Tarihi: 2 Mart 2010]
- ACER, A., 2009, *Bulanık AHP yöntemi ile lojistik yönetimine çözüm yaklaşımı ve bir uygulama*, Tez (Y.Lisans), Sosyal Bilimler Enstitüsü, Marmara Üniversitesi.
- AKCAYOL, M.A. ve ELMAS,Ç. 2005, Sağlık Sistemi İçin Bir Akıllı Kart Yazılım Uygulaması Geliştirme, *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 120-125.
- ANAND,A. and KULSHRESHTHA, S., 2007, The B2C Adoption in Retail Firms in India, *2nd International Conference on Systems, ICONS*, April 22-28, Martinique, 0-7695-2807-4, 46-56.
- ANUPAMA, T., MURTH, I.K. and DEEPPA, K., 2011, A Paper on Automation in Leading Container Terminal Units, *10th International Conference on Operations and Quantitative Management*, June 28-30, Nashik, India, 1219-1228.
- ATİLA, Ü., TOPALOĞLU, N., 2008, RFID Teknolojisi Kullanılarak Kimyasal Malzeme Stok Takibinin İnternet Tabanlı Olarak Gerçekleştirilmesi, *TEKNOLOJİ*, 11(3), 153-166.
- BALİ, Ö. ve GENCER, C., 2005, AHP, Bulanık AHP ve Bulanık Mantık'la Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 1(4), 24-43.
- BALOG A., LIM J.J. and NETTLETON K., 2005, Riding the wave on ship container seal and tracking systems, *Symposium on the Global Commercialization of Environmental Technologies*, University of Washington, USA.
- BANKS, J., HANNY, D., PACHANO,A.M. and THOMPSON, L.G., 2007, *RFID Applied*, 1st ed., John Wiley & Sons, USA, 978-0471793656.
- BARTAN, D., 2007, *Konteyner Terminallerinde Performans Değerlendirmesi Ve İzmir Alsancak Limanı Örneği*, Tez(Y.Lisans), Fen Bilimleri Enst., Yıldız Teknik Üniversitesi
- BAYAR, N., 2010, *İstanbul Boğazı'nda deniz trafik güvenliğinin risk tabanlı bulanık-AHP ve FMEA yöntemleri ile incelenmesi*, Tez (PhD), Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- BENIN, J., 2004, Radio Frequency Identification (RFID) Tags and Their Implication to Container Security, *International Security*, Sam Nunn Security Program, (1-28).

- BHUPTANI, M. and MORADPOUR, S., 2005, *RFID Field Guide Deploying Radio Frequency Identification Systems*, 1st ed., SUN, USA, 978-0131853553.
- BİNGÖL, K., 2007, RFID @ KOÇSİSTEM, *1st RFID Eurasia Conference*, Istanbul, Turkey, 5-6 September, 2007.
- BOCCA, E., VIAZZO, S., LONGO, F. and MIRABELLI, G., 2005, Developing Data Fusion Systems Devoted To Security Control In Port Facilities, *WSC '05 Proceedings of the 37th conference on Winter simulation*, 4-7 Dec., (445-449), 0-7803-9519-0.
- BOTTERWECK, G., HAMPE, F. and WESTENBERG, S., 2007, Mobile RFID Management – An Application Scenario on the Handling of Industrial Liquid Containers, 20th Blede Conference, June 3- 6, Bled, Slovenia, 978-961-232-204-5, (114-124).
- BOWERSOX, D., CLOSS, D. and COOPER, B., 2012, *Supply Chain Logistics Management*, 4th ed., McGraw-Hill, USA, 978-0078024054.
- BÜYÜKÖZKAN, G, ARSENYAN, J. and RUAN, D., 2012, Logistics tool selection with two-phase fuzzy multi criteria decision making: A case study for personal digital assistant selection, *Expert Systems with Applications*, Volume 39(1), 142–153.
- BÜYÜKÖZKAN, G., KAHRAMAN, C. and RUAN, D., 2004, A fuzzy multicriteria decision approach for software development strategy selection, *International Journal of General Systems*, 33(2-3), 259-280.
- CEBECİ, U. and KILINÇ, S., 2007, Selecting RFID Systems for Glass Industry by Using Fuzzy AHP Approach, 1st Annual RFID Eurasia Conference, 5-6 September, İSTANBUL, 978-1-60566-298-5, 1-4.
- CHACRA, V., 2003, Experiences in Implementing the VTLs RFID Solution in a Multi- vendor Environment, *World Library and Information Congress: 69th IFLA General Conference and Council*, (1-9) August, 2003. Berlin.
- CHANG, N-B. CHANG, Y-H. and CHEN, H-W., 2009, Fair Fund Distribution For A Municipal Incinerator Using GIS-Based Fuzzy Analytic Hierarchy Process, *Journal Of Environmental Management*, 90(1), 441-454.
- CHANG, P., 2008, Analysis of RFID Technology Implementation in Container Terminal, *Business And Information 2008*, 7-9 July, Seoul, Korea.
- CHAO, S-L, LIN, P-S, 2009, Critical factors affecting the adoption of container security service: The shippers' perspective, *International Journal of Production Economics*, 122(1), 67-77.
- CHAO, S-L. and LIN, Y-L., 2010, Applying fuzzy AHP to select an automatic container number identification system in port terminals”, *8th International Conference of Supply Chain Management and Information Systems (SCMIS)*, 6-9 October, HONG-KONG, 978-962-367-696-0, 1-7.

- CHEN, T.C., 2005, RFID and sensor-based container content visibility and seaport security monitoring system, *International Society for Optical Engineering (SPIE)*, 5778(1), 151-159.
- CHENG, C-H., 1999, Evaluating Weapon Systems Using Ranking Fuzzy Numbers, *Fuzzy Sets And Systems* 107(1), 25-35.
- CHIN, L-P and WU, C-L., 2004, The Role of Electronic Container Seal (E-Seal) with RFID Technology in the Container Security Initiatives, *ICMENS '04 International Conference on MEMS, NANO and Smart Systems*, Washington, USA, 0-7695-2189-4, 116-120.
- CHINOS, 2009, *Container Handling In Intermodal Nodes – Optimal And Secure*, [online], [http://www.isl.org/sites/default/files/projects/chinos/CHINOS\\_Final\\_Report.pdf](http://www.isl.org/sites/default/files/projects/chinos/CHINOS_Final_Report.pdf) [Ziyaret Tarihi: 11 Nisan 2010]
- CHO, H. and CHOI, H., 2006, LITeTag: Design and Implementation of an RFID System for IT-based Port Logistics, *Journal Of Communications*, 1(4), 48-57.
- CHOI, H.R., PARK, B.J., SHIN, J.J., KECELI, Y. and PARK, N.K., 2007, Non-stop Automated Gate System based on a Digital Media with Wireless Communication Function, *International Journal of Circuits, Systems, and Signal Processing*, 1(3), 224-231.
- CHOI, H.R., PARK, J.P. and DONG, H.Y., 2007, A study on system dynamics modeling to strengthen the competitiveness of a container terminal, *WSEAS International Conference on Computer Engineering and Applications*, Gold Coast, Australia, January 17-19, 978-960-8457-58-4, (372-376).
- CHOI, H.R., PARK, N.K., PARK, B.J., YOO, D.H. and KWON, H.K., 2006, A Study On The Technology Development For Nonstop Automated Gate System, *2nd International Intelligent Logistics Systems Conference*, 22-23 February, Port of Brisbane, Australia, 121-129.
- CHOI, H.R., PARK, N.K., PARK, B.J., YOO, D.H., KWON, H.K. and SHIN, J.J., 2006, Design of RFID technology-based automated gate system in a container terminal, *5th WSEAS Int. Conf. on Software Engineering*, February 15-17, Madrid, Spain, 1109-2777, 2155-2163.
- CHOI, H.R., PARK, N.K., PARK, B.J., YOO, D.H., KWON, H.K. and SHIN, J.J., 2006, An Automated Gate System Based On RFID Technology In A Container Terminal, *Marine Policy Research*, 21(1), 83-108.
- CHONG, Y-L. and CHAN, T-S., 2012, Structural equation modeling for multi-stage analysis on Radio Frequency Identification (RFID) diffusion in the health care industry, *Expert Systems with Applications*, 39(10), 8645–8654.

- CHUNG, K., 2005, *Secure Cargo Container and Supply Chain Management Based on Real-Time End-to-End Visibility and Intrusion Monitoring*, [online], Avante International Technology, [www.avantetech.com/white%20paper%20on%20container-real-time-locating-monitoring%20system.pdf](http://www.avantetech.com/white%20paper%20on%20container-real-time-locating-monitoring%20system.pdf) [Ziyaret Tarihi: 17 Mart 2010]
- CHWELOS, P., BENBASAT, I. and DEXTER, A.S., 2001, Research Report: Empirical Test of an EDI Adoption Model, *Information Systems Research*, 12(3), 304-321.
- CISCO SYSTEMS, 2005, *Intelligent Networked Seaport*, [online], CISCO GROUP, [http://www.portstrategy.com/news101/port-operations/port-services/wi-fi-on-dock/the\\_intelligent\\_networked\\_seaport](http://www.portstrategy.com/news101/port-operations/port-services/wi-fi-on-dock/the_intelligent_networked_seaport) [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2010]
- COŞKUN, H., 2010, *ABD İle İngiltere Arasındaki Ticarete Güvenli Bir Yol Oluşturma Çabası: CSI Projesi*, [online], <http://www.kayad.org.tr/yayingoster.php?idyayinlar=11> [Ziyaret Tarihi: 3 Haziran 2010]
- COYLE, K., 2005, Management of RFID in Libraries, *Journal of Academic Librarianship*, 31(5), 486-489.
- CRUM, M.R., PREMKUMAR, G. and RAMAMURTHY, K., 1996, An assessment of motor carrier adoption, use, and satisfaction with EDI, *Transportation Journal*, 35(4), 44-57.
- DASCHKOVSKA, K. and SCHOLZ-REİTER, B., 2008, *Electronic Seals for Efficient Container Logistics*, Dynamics in Logistics, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Germany, (305-312)
- DASCHKOVSKA, K., 2007, *Electronic Seals in Container Logistics*, [online], [http://www.logistics-gs.uni-bremen.de/fileadmin/StudentenPDFs/Flyer\\_Kateryna\\_Daschkovska.pdf](http://www.logistics-gs.uni-bremen.de/fileadmin/StudentenPDFs/Flyer_Kateryna_Daschkovska.pdf) [Ziyaret Tarihi: 11 Şubat 2011]
- DEMPSEY, M., 2011, *RFID in ports and terminals: moving towards global acceptance*, [online], [http://cdn.identecsolutions.com/wp-content/uploads/2011/09/rfid\\_in\\_ports\\_porttechnology.pdf](http://cdn.identecsolutions.com/wp-content/uploads/2011/09/rfid_in_ports_porttechnology.pdf) [Ziyaret Tarihi: 5 Şubat 2012]
- DENİZ TİCARET ODASI, 2011, *Deniz Ticaret Odası 2010 Deniz Sektörü Raporu*, [online], <http://www.denizticaretodasi.org.tr/Sayfalar/Anasayfa.aspx#> [Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2011]
- DURDİDİLER, M., 2006, *Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlemesinde AHP Ve Bulanık AHP Uygulaması*, Tez(Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- DUTTA, A., LEE, H. and WHANG, S., 2009, RFID and Operations Management\_Technology, Value, and Incentives, *Production and Operations Management*, 16(5), 646-655.

ENGLERT, B., BYAMBAJAV, D. and PARMAR, A., 2007, Evaluating and improving the security of RFID tags in eSeals at the L.A. and L.B. Ports, *2nd National Urban Freight Conference*, October 12-14, California, USA.

ERDAL, M., 2008, *Konteyner Deniz ve Liman İşletmeciliği*, 1bsm., Beta Yayınları, İSTANBUL, 978-975-295933-0.

ERDEM, M., 2012, Türkiye'de kombine taşımacılık için liman yerinin bulanık AHP ile seçimi, Tez (Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.

ERDEM, O.,A., 2007, RFID Taşıyıcı Yongaları Kullanılarak Büyükbaş Hayvanların İnternet Üzerinden Kimliklendirilmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 22(1), 175-180.

ERZENGİN E., UYAR M., ALNIPAK S., APAK S., 2007, The Usage Of RFID (Radio Frequency Identification) In Supply Chain Management, *Beykent University, 5th International Strategic Management Conference*, 2-4 July 2007, Stellenbosch, South Africa, 1(1), 986-1000.

ESMER, S. ve ORAL, E.Z., 2008, Türkiye'de Konteyner Limanlarının Geleceği, 7. *Ulusal Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları Kongresi*, 27-30 Mayıs, Ankara, 978-605-4073-02-3, 551-558.

Falken Secure, 2010, *RFID for Managed Parking Lots*, [online], [http://www.falkensecurenetworks.com/PDFs/0804\\_RFID\\_for\\_Managed\\_Parking\\_Lots.pdf](http://www.falkensecurenetworks.com/PDFs/0804_RFID_for_Managed_Parking_Lots.pdf), [Ziyaret Tarihi: 14 Aralık 2012].

FINKENZELLER, K., 2010, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*, 3rd ed., John Wiley & Sons, USA, 978-0470695067.

GAMBON, B., 2006, *RFID Contains Solution to Chinese Shipping Problems*, [online], *RFIDJOURNAL*, <http://www.rfidjournal.com/article/view/3412/1> [Ziyaret Tarihi: 11 Mayıs 2011]

GEHRKE, J.D., BEHRENS, C., JEDERMANN, R. and KLUGE, E.M., 2006, The Intelligent Container Toward Autonomous Logistic Processes, *KI 2006 Demo Presentations*, Universität Bremen, Bremen, 15-18.

GÖKSU, A., 2008, *Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses Ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması*, Tez (Y.Lisans), Sosyal Bilimler Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.

GÖKSU, A. ve GÜNGÖR, İ., 2008, Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses Ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1-26.

GREENEMEIER, L., 2004, *Seaports Struggle With Cargo Security*, [online], <http://www.darkreading.com/security/news/51200198/seaports-struggle-with-cargo-security.html> [Ziyaret Tarihi: 4 Aralık 2010]

GUAN, C. and LIU, R., 2009, Container Terminal Gate Appointment System Optimization, *Maritime Economics&Logistics*, 11(4), 378-398.

GÜLTAŞ, İ., 2007, *Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesine Bulanık Ahp Yöntemi İle Çözüm Önerisi*, Tez (Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

HEINRICH, C., 2005, *RFID and Beyond*, 1st.ed., Wiley Publishing, Indianapolis, 0-7645-8335-2.

HOROWITZ, Z., 2005, *Applications of Radio Frequency Identification Technology to Container Security and Tracking*, [online], [http://web.cecs.pdx.edu/~monserec/courses/freight/classprojects/PDF%20-%20rfid\\_in\\_container\\_security\\_paper.pdf](http://web.cecs.pdx.edu/~monserec/courses/freight/classprojects/PDF%20-%20rfid_in_container_security_paper.pdf) [Ziyaret Tarihi: 22 Şubat 2011]

HU, L., SHI, X., VOSS, S. and ZHANG, W., 2011, Application of RFID technology at the entrance gate of container terminals, *Computational Logistics*, 6971(1), 209-220.

IACOVOU, C. L., BENBASAT, I., and DEXTER, A. S., 1995, Electronic data interchange and small organizations: Adoption and impact of technology, *MIS Quarterly*, 19(4), 465-485.

IAPH, 2010, *World Container Traffic Data*, [online], <http://www.iaphworldports.org/Statistics.aspx> [Ziyaret Tarihi: 1 Haziran 2012]

IBIGROUP, 2006, *Inland Container Terminal Analysis-Final Report*, [online], IBIGROUP, [http://www.th.gov.bc.ca/PacificGateway/documents/061215\\_Inland\\_Container\\_Terminal\\_Analysis.pdf](http://www.th.gov.bc.ca/PacificGateway/documents/061215_Inland_Container_Terminal_Analysis.pdf) [Ziyaret Tarihi: 15 Haziran 2012]

IDTECHEX, 2010, *RFID in 2010: The New Dawn*, [online], IDTECHEX RESEARCH GROUP, [http://www.idtechex.com/research/articles/rfid\\_in\\_2010\\_the\\_new\\_dawn\\_00002437.asp](http://www.idtechex.com/research/articles/rfid_in_2010_the_new_dawn_00002437.asp) [Ziyaret Tarihi: 9 Aralık 2011]

ISO, 2009, *Parameters for active air interface communications at 433 MHz*, [online], ISO/IEC, [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=50368](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50368) [Ziyaret Tarihi: 21 Ocak 2010]

İZMİR DTO, 2007, *Gemi Acenteliği Eğitimleri-Konteyner Bilgi Notu*, [online], <http://www.dtoizmir.org/raporlar/Gemiacenteligi.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2012]

JINGUI, J. and YICONG, L., 2007, Searching Algorithm of Container Monitoring Based on RFID, *Anti-counterfeiting, Security, Identification, 2007 IEEE International Workshop*, 16-18 April, Xiamen, 1-4244-1035-5, 453 - 456.

KAHRAMAN, C., CEBEÇİ, U. and RUAN, D., 2004, Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, 87(2), 171-184.

KAHRAMAN, C., CEBECİ, U. and RUAN D., 2004, Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, 87(2), 171-184

KARAKAŞOĞLU, N., 2008, *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama*, Tez(Y.Lisans), Sosyal Bilimler Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi.

KARKKAINEN, M. and HOLMSTROM, J., 2002, Wireless product identification: enabler for handling efficiency, customization and information sharing, *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(4), 242-252.

KARYGIANNIS, T., EYDT, B., BARBER, G., BUNN, L. and PHILLIPS, T., 2007, Guidelines for securing radio frequency identification (RFID) Systems, National Institute of Standards and Technology(NIST) Report, 1(1),145-154.

KAVAS, A., 2007, Radyo Frekans Tanımlama (RFID) Sistemleri, [online], Elektrik Mühendisliği Dergisi, [http://www.emo.org.tr/ekler/ec9ec4937546363\\_ek.pdf?dergi=457](http://www.emo.org.tr/ekler/ec9ec4937546363_ek.pdf?dergi=457) [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2011]

KECELİ, Y., CHOİ, H.R., PARK, N.K., YUN, S-J, KIM, J.J. and KIM, H.Y., 2008, A Study on Commercialization of R&D Projects in Port and Logistics Industry - Case of Non-Stop Automated Gate System, The Second International Forum on Shipping, Ports and Airports, 25-28 May, Hong Kong, 9789623676328, 137-146.

KIM, S-J., DENG, G. and GUPTA, E., 2008, Enhancing cargo container security during transportation: A mesh networking based approach, IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security, 12-13 May, 978-1-4244-1977-7, 90-95.

KIM, S-S., KWAK, K-S. And NAM, K-C., 2004, *A Study on the Application of RFID to Container Terminals*, [online] [www.esd.nankai.edu.cn/bbs/attachment.aspx](http://www.esd.nankai.edu.cn/bbs/attachment.aspx) [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2010]

KIM, Y., YOO, J-W. And PARK, N., 2008, *RFID Based Business Process Automation for Harbor Operations in Container Depot*, RFID Handbook Applications, Technology, Security, and Privacy, CRC Press, New York, USA, 978-1-4200-5499-6, 213-226.

KIŞ, M. ve KALAYCI, T.E., 2008, RFID Altyapıları Ve Denizcilik Sektörü İçin Bir Açık Kaynak Uygulama, *Akademik Bilişim Konferansı*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 30 Ocak - 1 Şubat, Çanakkale, Türkiye.

KLEIST R. A., CHAPMAN T. A., SAKAI D.A. and JARVIS, B.S., 2005, *RFID Labeling: Smart Labeling Concepts & Applications for the Consumer Packaged Goods Supply Chain*, 1st. ed., Irvine Banta Book Group, USA, 978-0976008606.

LANDT, J., 2001, *Shrouds of Time, The history of RFID*, [online], AIM Publication, <https://www.aimglobal.org/estore/ProductDetails.aspx?ProductID=529> [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2010]

LARSEN, N.M. and MULLER, R., 2008, *RFID supports SCEM in container transport networks, Management in logistics networks and nodes : concepts, technology and*

*applications*, Schmidt, Berlin, Germany, 978-3-503-11227-2, 377-385.

LEE, H. and OZER, O., 2007, Unlocking the value of RFID, *Production and Operations Management*, 16(1), 40–64.

LEE, C-P. and SHIM, J-P., 2007, An exploratory study of radio frequency identification (RFID) adoption in the healthcare industry, *European Journal of Information Systems*, 16(1), 712–724.

LI, J., WANG, Y-F., ZHANG, Z-M. and CHU, C-H., 2010, Investigating Acceptance of RFID in Chinese Firms the TOE Framework, *RFID Technology and Applications RFIDTA 2010 IEEE International Conference*, 17-19 June, Guangzhou, China, 9781424466986, 263-280.

LI, T-S and HUANG, H-H., 2009, Applying TRIZ and Fuzzy AHP to develop innovative design for automated manufacturing systems”, *Expert Systems with Applications*, 36(4), 8302–8312.

LIESHOUT, M.V., GROSSI, L., SPINELLI, G., 2007, *RFID Technologies\_Emerging Issues, Challenges and Policy Options* [online], European Commission's Joint Research Centre, <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=1476>, [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2011]

LIN, C., 2009, An Empirical Study on Organizational Determinants of RFID Adoption In the Logistics Industry, *Journal of Technology Management & Innovation*, 4(1),1-7.

LOUIS, T., 2007, *Container Tracking with RFID and Port Security*, Thesis(Master), Mechanical And Aerospace Engineering, University Of California.

LUDVIGSSON, M., 2006, *Investigation Of The RFID Technology*, Thesis (Master), Department of technology, Orebro University.

MATTA, V. and MOBERG,C., 2006, The Development of a Research Agenda for RFID Adoption and Effectiveness in Supply Chains, *Issues in Information Systems*, 7(2), 246-251.

MCFARLANE, D. and SHEFFI, Y.,2003, The impact of automatic identification on supply chain operations, *The International Journal of Logistics Management*,14(1),1-17.

MIRAGLIOTTA, G., PEREGO, A. and TUMINO, A., 2007, *RFID Technology In A Container Port: An Activity-Based Model To Assess Costs And Benefits*, [online], <http://www.niinivirta.it/upl/modules/article/attachs/20090910172125033.pdf> [Ziyaret Tarihi: 02 Ocak 2012]

MONSON, G., 2006, *Evaluation and Estimation of Port Security Measures and Impacts Due to Catastrophic Events*, [online], [http://www.sfta.wsu.edu/research/reports/pdf/Rpt\\_17\\_Port\\_Security\\_Study.pdf](http://www.sfta.wsu.edu/research/reports/pdf/Rpt_17_Port_Security_Study.pdf) [Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2012]



- MOREAU, C-E., 2003, *Radio Frequency Identification: The Technology And Supply Chain Application*, Thesis(Master), Lund University.
- MULLEN, D., 2005, The application of RFID technology in a port, *Port Technology International*, 1(1), 181-182.
- NAJERA, P., LOPEZ, J. and ROMAN, R., 2011, Real-time location and inpatient care systems based on passive RFID, *Journal of Network and Computer Applications*, 34(3), 980-989.
- NARSOO, J. and SUNHALOO, M.S., 2009, A Radio Frequency Identification (RFID) Container Tracking System for Port Louis Harbor: The Case of Mauritius, *Issues in Informing Science and Information Technology*, X(2009), 127-142.
- NGAI, E., MOON, K., RIGGINS, F. and CANDACE, Y., 2008, RFID research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions, *International Journal of Production Economics*, 112(2), 510-520.
- NGAI, E.W.T., CHENG, T.C.E., AU, S. and LAI, K., 2007, Mobile commerce integrated with RFID technology in a contained depot, *Decision Support Systems*, 43 (1), 62–76.
- ORANLI, G., 2007, *Radyo frekansıyla tanımlama teknolojisinin uygulanması kararının bulanık a nalistik hiyerarşi yöntemi ile değerlendirilmesi: Bankacılık sektöründe bir uygulama*, Tez (Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- OZTEKİN, A., PAJOUH, F.M., DELEN, D. and SWIM, L., 2010, RFID network design methodology for asset tracking in healthcare, *Decision Support Systems*, 49(1), 100-109.
- ÖZ, A.H., 2007, *Yük Helikopteri Seçiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli*, Tez (PhD), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
- ÖZDEMİR, A.İ. ve DOĞAN, N.Ö., 2010, Tedarik Zinciri Entegrasyonu Ve Bilgi Teknolojileri, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(2010/1), 19-41.
- ÖZMEN, A.G. ve BİRGÜN, S., 2011, Radyo Frekansı İle Tanımlama Sistemi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulaması, *Havacılık Ve Uzak Teknolojileri Dergisi*, 5(1), 81-88.
- ÖZMEN, S., 2012, *Bulanık Karar Verme Yöntemleri İle Denizel Ortamlar İçin Malzeme Seçimi*, Tez(Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi.
- ÖZTÜRK, A., 2010, *Factors Affecting Individual And Organizational RFID Technology Adoption In The Hospitality Industry*, Thesis(PhD), Oklahoma State University.
- PALA, Z., 2007, *RFID Teknolojisi İle Otomasyon-Bir Uygulama Olarak Otopark Takibi*, Tez (Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

- PANAYIDES, P.M., 2007, *Global Supply Chain Integration and Competitiveness of Port Terminals*, Ports, Cities, and Global Supply Chains, Ashgate Publishing, Hampshire, England, (18-19)
- PARK, D-J, CHOI, Y-B, and NAM, K-C, 2006, RFID-Based RTLS for Improvement of Operation System in Container Terminals, *Asia-Pacific Conference on Communications*, Aug. 31 2006-Sept. 1, Busan, 1-4244-0574-2, (1-6)
- PARK, J-S., OH, S., CHEONG, T. and LEE, Y., 2006, Freight Container Yard Management System with Electronic Seal Technology, *IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 16-1 Aug., 0-7803-9700-2, 67-72.
- PERERA, S., MCKINNON, J.L. and HARISON, G.L., 2003, Diffusion of transfer pricing innovation in the context of commercialization—a longitudinal case study of a government trading enterprise, *Management Accounting Research*, 14(2), 140–164.
- POWANGA, M. and POWANGA, L., 2008, Deploying RFID in Logistics Criteria and Best Practices and Issues, *The Business Review*, 9(2), 1-10.
- PSION TEKLOGIX, 2004, *Understanding RFID and Associated Applications*, [online], PSION TEKLOGIX RFID REPORT, [http://www.meritalk.com/uploads\\_legacy/whitepapers/Understanding\\_RFID\\_and\\_Associated\\_Applications\\_WhitePaper.pdf](http://www.meritalk.com/uploads_legacy/whitepapers/Understanding_RFID_and_Associated_Applications_WhitePaper.pdf), [Ziyaret Tarihi:10 Kasim 2010]
- PUNDIR, A., 2010, *Security Issues in RFID*, Thesis(Master Thesis), [online], University Graduate Centre at Kjeller (UNIK), Center for Wireless Innovation Norway (CWI Norway), [http://cwi.unik.no/images/Introduction\\_to\\_RFID.pdf](http://cwi.unik.no/images/Introduction_to_RFID.pdf), [Ziyaret Tarihi:10 Kasim 2010]
- RFIDJOURNAL, 2011, *How to Choose the Right RFID System*, [online], RFIDJOURNAL REPORT, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/8100/1/628/> [Ziyaret Tarihi:17 Ekim 2012]
- RIZZO, F., BARBONI, M., FAGGION, L., AZZALIN, G. and SIRONI, M., 2011, Improved security for commercial container transports using an Innovative Active RFID system, *Journal of Network and Computer Applications*, 34(3), 846-852.
- ROBERTS, C.M., 2006, Radio frequency identification (RFID), *Computers & Security - COMPSEC*, 25(1), 18-26.
- ROGERS, E.M., 2003, *Diffusion of Innovations*, 5th ed., Free Press, New York, USA, 978-0743222099.
- ROH, J.J, KUNNATHUR, A. and TARAFDAR, M., 2009, Classification of RFID adoption: An expected benefits approach, *Information & Management*, 46(2009), 357-363.

- ROH, J.J., KUNNATHUR, A. and TARAFDAR, M., 2009, Classification of RFID adoption: An expected benefits approach, *Information & Management*, 46(6), 357–363.
- RTLS Türkiye, 2011, RFID ile Deponuzun Kontrolü Sizde Olsun Zamanınız Size Kalsın, [online], <http://www.rtlsturkiye.com/Cozum/12/rfid-ile-deponuzun-kontrolu-sizde-olsun-zamaniniz-size-kalsin>, [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2012]
- RUTNER, S., WALLER, M.A., and MENTZER, J.T., 2004, A Practical Look at RFID, *Supply Chain Management Review*, 8(1), 36-41.
- SAATÇIOĞLU, Y.Ö., 2006, RFID Teknolojisi: Firsatlar, Engeller Ve Örnek Uygulamalar, *Ege Academic Review*, 6(1), 27-35.
- SAGAHYROON, A., AL-ALİ, A., SAJWANİ, F., ALMEHRİ, A. and SHAHİN, I., 2007, Assessing Feasibility of Using RFID Technology in Airports, *Proceedings of the 1st RFID Eurasia Conference*, Istanbul, Turkey, 5-6 September, 27-31.
- Savi Technology, 2003, *Case Study: Operation Enduring Freedom/Operation Iraqi Freedom (OEF/OIF)*, [online], SAVITECHNOLOGY, [www.savi.com/products/casestudies/cs.oif.pdf](http://www.savi.com/products/casestudies/cs.oif.pdf) [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2010]
- SCHLESINGER, A.I., 2005, *Mitigating container security risk using real-time monitoring with active Radio Frequency Identification and sensors*, Thesis(Phd), Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology.
- SCHMITT VE MICHAHELLES, 2009, *Status of RFID/EPC Adoption*, [online], <http://www.autoidlabs.org/uploads/media/AUTOIDLABS-WP-BIZAPP-048.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2012]
- SCHMITT,P., THIESSE, F. and FLEISCH, E., 2007, Adoption and diffusion of RFID technology in the automotive industry, *15th European Conference on Information Systems*, St. Gallen, Switzerland, 90-8548-014-0, 1041-1051.
- SEYMOUR, L., LAMBERT-PORTER, E., WILLUWEIT, L., 2007, RFID Adoption into the Container Supply Chain: Proposing a framework, *6th ISOneWorld Conference*, 11-13 April, Las Vegas, USA, ISBN: 0-9772107-6-6, 224-240.
- SEYMOUR, L.F., PORTER, E.L., and WILLUWEIT, L., 2008, An RFID Adoption Framework: A Container Supply Chain Analysis, *Advances in Information Systems Research*, 274(1), 175-188.
- SHARMA, A. and CITURS, A., 2005, Radio Frequency Identification (RFID) Adoption Drivers:A Radical Innovation Adoption Perspective, 11th Americas Conference on Information Systems, Omaha, NE, USA August 11-14, 9781604235531, 1213-1218.
- SHI, X., TAO, D., and VOSS, S., 2011, RFID Technology and its Application to Port-Based Container Logistics, *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 21(4), 332-347.

SHIH, D-H., CHIU, Y-W., CHANG, S-I. and YEN, D-C., 2008, An Empirical Study of factors Affecting Rfid's Adoption in Taiwan, *Journal of Global Information Management*, 16(2), 58-80.

SMITH H. A. and KONSZYNSKI, B., 2003, Developments in practice X: radio frequency identification (RFID)—an Internet for physical objects, *Communications of the Association for Information Systems*, 12(1), 301-311.

SMITH, H. and KONSZYNSKI, B., 2003, Developments in practice X: Radio frequency identification (RFID) – An Internet for physical objects, *Communication of the Association for Information Systems*, 12(19), 301-311

SUTTON, B., 2007, *Automate With Active RFID*, [online], Field Technologies Magazine, <http://www.logisticsonline.com/doc.mvc/Automate-With-Active-RFID-briFeaturing-Bill-S-0001> [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2010]

SYAMSUDDINA, I., DILLON, T., CHANG, E. and HAN.S., 2008, A Survey of RFID Authentication Protocols Based on Hash-Chain Method, 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, Volume:2, 559-564.

ŞEN, Z., 2001, *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*, 1.bsm, Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul, 9789758509232.

ŞİMŞEK, K., 2011, *BAHP İle Hastane Yer Seçimi Ve Örnek Bir Uygulaması*, Tez(Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi.

TAJIMA,M., 2007, Strategic value of RFID in supply chain management, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 13(4), 261-273.

TAN, O., KORKMAZ,İ., GİDİŞ,O. ve UYGUN, S.,2009, Hasta Takip Sistemlerinde RFID Uygulaması, *11. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Harran Üniversitesi, Ş.Urfa*, 99-105.

TCMB, 2013, *Ortalama Faiz Oranları*, [online], Türk Lirası Üzerinden Açılan Mevduata Uygulanacağı Bildirilen Azami Faiz Oranları, [http://www.tcmb.gov.tr/yeni/bgm/yfaagrmev/agrmev\\_TRL.html](http://www.tcmb.gov.tr/yeni/bgm/yfaagrmev/agrmev_TRL.html) [Ziyaret Tarihi: 5 Haziran 2013]

THOMAS,W., 2009, *RFID in Maritime Container Logistics: A Delphi Study on Participant Specific Benefits*, Hamburger Logistik Institut GmbH, Hamburg, Germany, 978-3-86850-542-9.

TING, S.L., WANG, L.X. and IP, W.H., 2012, A study of RFID adoption for vehicle tracking in a container terminal, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1), 22-52.

TOLGA, A.Ç., 2009, *Araştırma geliştirme projelerinin değerlendirilmesine bulanık gerçek opsiyon yaklaşımı*, Tez (PhD), Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.

- TOPEL, A., 2006, *Analitik Hiyerarsi Prosesinin Bulanık Mantık Ortamındaki Uygulamaları-Bulanık Analitik Hiyerarsi Prosesi*, Tez(Y.Lisans), Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
- TORNATZKY, L. G., FLEISCHER, M., 1990, *The process of technological innovation*, 1st ed., Lexington, MA: Lexington Books, Norfolk, USA, 9780669203486.
- TORRES-BARRO, S.J., FERNANDES, T.M., LOPEZ, G. And ESCUDERO, C.J., 2010, Maritime Freight Container Management System Using RFID, *The Third International EURASIP Workshop on RFID Technology*, 93-96.
- TSAI, F-M and HUANG, C-M., 2012, Cost-Benefit Analysis of Implementing RFID System in Port of Kaohsiung, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 57(2012), 40-46.
- TSILINGIRIS P. S., PSARAFTIS H. N. and LYRIDIS D. V., 2007, Radio Frequency Identification Technology In Ocean Container Transport, *Annual Conference of the International Association of Maritime Economists, IAME*, Greece, Athens.
- TSILINGIRIS, P.S., PSARAFTIS, H.N. and LYRIDIS, D.V., 2006, *RFID-enabled Innovative Solutions Promote Container Security*, [online], <http://www.martrans.org/docs/publ/REFEREED%20CONFERENCES/SSE07%20tsilingiris%20et%20al%202007.pdf> [Ziyaret Tarihi: 11Nisan 2011]
- TUĞAÇ, B., 2007, *Radyo Frekans Kimlik Tanıma Sistemleri ile Elektronik Para Uygulamasının Gerçeklenmesi*, Tez (Y. Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- TUSIAD, 2007, *TUSIAD Ulaştırma Raporu 2007*, [online] <http://www.utikad.org.tr/srapor.asp>, [Ziyaret Tarihi: 16 Nisan 2011]
- TÜYSÜZ, F. and KAHRAMAN, C., 2006, Project risk evaluation using a fuzzy analytic hierarchy process: An application to information technology projects, *International Journal of Intelligent Systems*, 21(6), 559-584.
- ULAŞTIRMA BAKANLIĞI, 2011, *ISPS KOD UYGULAMALARI*, [online] <http://www.denizcilik.gov.tr/dm/isps/ispsKodUygulamalar%C4%B1.aspx> [Ziyaret Tarihi:11 Kasım 2011]
- ULUCAN, A., 2004, *Yöneylem Araştırması İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme*, 1.bsm, Siyasal Kitabevi, Ankara, Türkiye, 9789756325117.
- UPFOLD, C, and LIU, H., 2010, Radio Frequency Identification (RFID) Adoption in the South African Retail Sector:an Investigation of Perceptions Held by Members of the Retail Sector Regarding the Adoption Constraints, *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 13(1), 87 – 96.
- UPS, 2005, *RFID in Healthcare – A panacea for the regulations and issues affecting the industry?*, [online], UPS, [http://www.ups-scs.com/solutions/white\\_papers/wp\\_RFID\\_in\\_healthcare.pdf](http://www.ups-scs.com/solutions/white_papers/wp_RFID_in_healthcare.pdf) [Ziyaret Tarihi: 3 Ağustos 2011]

- ÜNLÜ, Z., F., 2007, *Tedarik zinciri yönetimi, lojistik ve taşımacılıkta bilişim teknolojileri ve uygulamaları*, Tez (Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- ÜSTÜNDAĞ, A., 2008, *Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri*, Tez(Doktora), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- ÜZGÜN, T., 2006, *Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi*, Tez (Y.Lisans), Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- VAN HECK, E. and RIBBERS, P.M., 1999, The adoption and impact of EDI in Dutch SMEs, 32nd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 5-8 January, Hawaii, USA, 978-0769500010, 150-160.
- WANG, W., WANG, X. and ARCHER, N., 2006, RFID Implementation Issues in China Shanghai Port Case Study, *Journal of Internet Commerce*, 5(4), 89-104.
- WANG, Y., WANG, S. and YANG, Y., 2010, Understanding the determinants of RFID adoption in the manufacturing industry, *Technological Forecasting & Social Change*, 5(77), 803–815.
- WERNER, S., SCHULDT, A. and DASCHKOVSKA, K., 2007, Agent-Based Container Security Systems An Interdisciplinary Perspective, *INFORMATIK 2007 Informatik trifft Logistik Band 1 Beiträge der 37. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V.*, Bremen, Germany, 978-3-88579-206-1, 11-16.
- WHITAKER, J, SUNIL, M. and KRISHAN, M.S., 2007, A Field Study of RFID Deployment and Return Expectations, *Production and Operations Management*, 16(5), 599-612.
- WILDING, R. and DELGADO, T., 2004, RFID - Applications within the supply chain, *Supply Chain Practice*, 6(2), 30-44.
- WORLD BANK, 2012, SCS Technologies for Container Integrity: Container security devices and seals, [online], <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291/seals.pdf> [Ziyaret Tarihi:11 Haziran 2012]
- WU, F., KUO, F. and LIU, L.W., 2005, The application of RFID on drug safety of inpatient nursing healthcare”, Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce, Xian, China, 113, (85-92).
- WYLD, D.C. and JONES, M.A., 2007, RFID is no fake: the adoption of radio frequency identification technology in the pharmaceutical supply chain, *International Journal of Integrated Supply Chain Management*, 3 (2), 156–171.
- WYLD, D.C., 2006, RFID: the next big thing for management, *Management Research News*, 29 (4), 154–173.

YALÇINKAYA, L., 2007, *RFID ve Hazır Giyim Sektörüne Katkıları*, [online], RFIDTURKİYE, <http://www.rfid-turkiye.com/kategori-blogu/141-rfid-ve-hazir-giyim-sektorune-katkilari> [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2011]

YAO, W., CHU, C-H. and ZANG, L., 2012, The Adoption and Implementation of RFID Technologies in Healthcare: A Literature Review, *Journal of Medical Systems*, 36(6), 3507-3525.

ZHANG, C. and WENSHENG, C., 2007, *Study on the Application of RFID to Container Transportation System*, [online], <http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/201002/12650152755oia667x.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2011]

ZHANG, J. and ZHANG, C., 2007, Smart container security-the E-seal with RFID technology, *Modern Applied Science*, 1(3), 16-18.

ZIMMERMAN, H.J., 1994, *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, 4th ed., Kluwer Academic Publisher, Boston, 978-0792374350.

## **EK-1: TÜRK KONTEYNER TERMİNALLERİNE EN UYGUN RFID UYGULAMASININ SEÇİMİNE YÖNELİK ANKET FORMU**

Saygıdeğer Liman Yetkilisi;

Bu anket; İstanbul Üniversitesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği bölümünde, Sn. Prof. Dr. Güler BİLEN ALKAN'ın danışmanlığında, yapmakta olduğum “Konteyner Terminallerinde RFID (Radyo Frekansları İle Tanımlama) Teknolojisinin Kullanımı” konulu doktora tez çalışması için eğitim amaçlı yapılmaktadır. Bu anket ile RFID teknolojisinin konteyner terminallerinde uygulanmasını etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Araştırma bilimsel bir nitelikte olup anketi dolduran kişilerin bilgileri ve cevapları 3.kişilerle paylaşılmayacaktır. Anketimize katıldığınız için teşekkür ederiz.

Endüstri Yüksek Mühendisi SERDAR ALNIPAK

### **LİMAN PROFİLİ**

**LİMAN ADI:**

**TOPLAM CALISAN SAYISI:** 1-100 ( ) 101-250 ( ) 251-500 ( ) 501-1000 ( ) 1001 veya üstü ( )

### **CEVAPLAYANIN PROFİLİ**

**CİNSİYET :** ERKEK ( ) KADIN ( )

**YAŞ:** 18-30 ( ) 31-40 ( ) 41-50 ( ) 51-60 ( ) 61 veya üstü ( )

**EĞİTİM :** LİSE ( ) MYO ( ) LİSANS ( ) Y.LİSANS ( )

**MESLEKİ POZİSYON:**

**LİMAN SEKTÖRÜNDEKİ TECRÜBE SÜRESİ:** 0-1 ( ) 2-5 ( ) 6-10 ( ) 11 veya üstü ( )

**MEVCUT MESLEKİ POZİSYONDAKİ TECRÜBE SÜRESİ:** 0-1 ( ) 2-5 ( ) 6-10 ( ) 11 veya üstü ( )



## SORULAR

### Türk Konteyner terminallerine en uygun RFID uygulamasının seçilmesi bağlamında;

#### A. Ana kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli oldukları belirlenecektir.

- S1. Maliyetler, Beklenen Faydalar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S2. Maliyetler, Teknik Risk Unsurları'na göre ne kadar önemlidir?  
 S3. Maliyetler, Çevresel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S4. Maliyetler, Örgütsel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S5. Beklenen Faydalar, Teknik Risk Unsurları'na göre ne kadar önemlidir?  
 S6. Beklenen Faydalar, Çevresel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S7. Beklenen Faydalar, Örgütsel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S8. Teknik Risk Unsurları, Çevresel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S9. Teknik Risk Unsurları, Örgütsel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?  
 S10. Çevresel Koşullar, Örgütsel Koşullar'a göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası						Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler					
	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli				Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						Maliyetler		Beklenen Faydalar					
S 2						Maliyetler		Teknik Risk Unsurları					
S 3						Maliyetler		Çevresel Koşullar					
S 4						Maliyetler		Örgütsel Koşullar					
S 5						Beklenen Faydalar		Teknik Risk Unsurları					
S 6						Beklenen Faydalar		Çevresel Koşullar					
S 7						Beklenen Faydalar		Örgütsel Koşullar					
S 8						Teknik Risk Unsurları		Çevresel Koşullar					
S 9						Teknik Risk Unsurları		Örgütsel Koşullar					
S 10						Çevresel Koşullar		Örgütsel Koşullar					

#### B. Maliyetler kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.

- S1. Donanım Maliyeti, Yazılım Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S2. Donanım Maliyeti, Entegrasyon Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S3. Donanım Maliyeti, Eğitim Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S4. Donanım Maliyeti, Bakım Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S5. Donanım Maliyeti, Süreç Yenileme Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S6. Yazılım Maliyeti, Entegrasyon Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S7. Yazılım Maliyeti, Eğitim Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S8. Yazılım Maliyeti, Bakım Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S9. Yazılım Maliyeti, Süreç Yenileme Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S10. Entegrasyon Maliyeti, Eğitim Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S11. Entegrasyon Maliyeti, Bakım Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S12. Entegrasyon Maliyeti, Süreç Yenileme Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S13. Eğitim Maliyeti, Bakım Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S14. Eğitim Maliyeti, Süreç Yenileme Maliyetine göre ne kadar önemlidir?  
 S15. Bakım Maliyeti, Süreç Yenileme Maliyetine göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Kriterler					Eşit Derecede Önemli	Kriterler								
	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli		Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli				
S 1						Donanım Maliyeti					Yazılım Maliyeti				
S 2						Donanım Maliyeti					Entegrasyon Maliyeti				
S 3						Donanım Maliyeti					Eğitim Maliyeti				
S 4						Donanım Maliyeti					Bakım Maliyeti				
S 5						Donanım Maliyeti					Süreç Yenileme Maliyeti				
S 6						Yazılım Maliyeti					Entegrasyon Maliyeti				
S 7						Yazılım Maliyeti					Eğitim Maliyeti				
S 8						Yazılım Maliyeti					Bakım Maliyeti				
S 9						Yazılım Maliyeti					Süreç Yenileme Maliyeti				
S 10						Entegrasyon Maliyeti					Eğitim Maliyeti				
S 11						Entegrasyon Maliyeti					Bakım Maliyeti				
S 12						Entegrasyon Maliyeti					Süreç Yenileme Maliyeti				
S 13						Eğitim Maliyeti					Bakım Maliyeti				
S 14						Eğitim Maliyeti					Süreç Yenileme Maliyeti				
S 15						Bakım Maliyeti					Süreç Yenileme Maliyeti				

**C. Beklenen Faydalar kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.**

- S1.Artan Liman Güvenliği, Artan Yük Güvenliğine göre ne kadar önemlidir?  
S2.Artan Liman Güvenliği, Artan Operasyonel Verimliliğe göre ne kadar önemlidir?  
S3.Artan Liman Güvenliği, Artan Prestij'e göre ne kadar önemlidir?  
S4.Artan Yük Güvenliği, Artan Operasyonel Verimliliğe göre ne kadar önemlidir?  
S5.Artan Yük Güvenliği, Artan Prestij'e göre ne kadar önemlidir?  
S6.Artan Operasyonel Verimlilik, Artan Prestij'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Kriterler					Eşit Derecede Önemli	Kriterler								
	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli		Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli				
S 1						Artan Liman Güvenliği					Artan Yük Güvenliği				
S 2						Artan Liman Güvenliği					Artan Operasyonel Verimlilik				
S 3						Artan Liman Güvenliği					Artan Prestij				
S 4						Artan Yük Güvenliği					Artan Operasyonel Verimlilik				
S 5						Artan Yük Güvenliği					Artan Prestij				
S 6						Artan Operasyonel Verimlilik					Artan Prestij				

**D. Teknik Risk Unsurları kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.**

- S1.Güvenlik, Sağlığa Etki'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S2.Güvenlik, Karmaşıklığa göre ne kadar önemlidir?  
 S3.Güvenlik, Güvenilirlik ve Performans'a göre ne kadar önemlidir?  
 S4.Sağlığa Etki, Karmaşıklığa göre ne kadar önemlidir?  
 S5.Sağlığa Etki, Güvenilirlik ve Performans'a göre ne kadar önemlidir?  
 S6.Karmaşıklık, Güvenilirlik ve Performans'a göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						Güvenlik		Sağlığa Etki					
S 2						Güvenlik		Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı)					
S 3						Güvenlik		Güvenilirlik ve Performans					
S 4						Sağlığa Etki		Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı)					
S 5						Sağlığa Etki		Güvenilirlik ve Performans					
S 6						Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı)		Güvenilirlik ve Performans					

**E. Çevresel Koşullar kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.**

- S1.Paydaşların İşbirliği Seviyesi, Sektörel Uyumluluğa göre ne kadar önemlidir?  
 S2.Paydaşların İşbirliği Seviyesi, Tedarikçi Seviyesine göre ne kadar önemlidir?  
 S3.Paydaşların İşbirliği Seviyesi, Ulusal ve U.arası Kanuni Baskı'ya göre ne kadar önemlidir?  
 S4.Paydaşların İşbirliği Seviyesi, Standartizasyon'a göre ne kadar önemlidir?  
 S5.Paydaşların İşbirliği Seviyesi, Rekabet Baskısı'na göre ne kadar önemlidir?  
 S6.Sektörel Uyumluluk, Tedarikçi Seviyesi'ne göre ne kadar önemlidir?  
 S7.Sektörel Uyumluluk, Ulusal ve U.arası Kanuni Baskı'ya göre ne kadar önemlidir?  
 S8. Sektörel Uyumluluk, Standartizasyon'a göre ne kadar önemlidir?  
 S9. Sektörel Uyumluluk Rekabet Baskısı'na göre ne kadar önemlidir?  
 S10.Tedarikçi Seviyesi, Ulusal ve U.arası Kanuni Baskı'ya göre ne kadar önemlidir?  
 S11.Tedarikçi Seviyesi, Standartizasyon'a göre ne kadar önemlidir?  
 S12.Tedarikçi Seviyesi, Rekabet Baskısı'na göre ne kadar önemlidir?  
 S13.Ulusal ve U.arası Kanuni Baskı, Standartizasyon'a göre ne kadar önemlidir?  
 S14. Ulusal ve U.arası Kanuni Baskı, Rekabet Baskısı'na göre ne kadar önemlidir?  
 S15. Standartizasyon, Rekabet Baskısı'na göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Önemlilik					Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Önemlilik					
	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli				Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli	
S 1						Paydaşların İşbirliği Seviyesi		Sektörel Uyumluluk						
S 2						Paydaşların İşbirliği Seviyesi		Tedarikçi Seviyesi						
S 3						Paydaşların İşbirliği Seviyesi		Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı						
S 4						Paydaşların İşbirliği Seviyesi		Standartizasyon						
S 5						Paydaşların İşbirliği Seviyesi		Rekabet Baskısı						
S 6						Sektörel Uyumluluk		Tedarikçi Seviyesi						
S 7						Sektörel Uyumluluk		Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı						
S 8						Sektörel Uyumluluk		Standartizasyon						
S 9						Sektörel Uyumluluk		Rekabet Baskısı						
S 10						Tedarikçi Seviyesi		Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı						
S 11						Tedarikçi Seviyesi		Standartizasyon						
S 12						Tedarikçi Seviyesi		Rekabet Baskısı						
S 13						Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı		Standartizasyon						
S 14						Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı		Rekabet Baskısı						
S 15						Standartizasyon		Rekabet Baskısı						

**F. Örgütsel Koşullar kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.**

- S1.Liman Sistemleriyle Uyumluluk, Üst Yönetim Desteğine göre ne kadar önemlidir?  
S2.Liman Sistemleriyle Uyumluluk, Finansal Hazır Olma'ya göre ne kadar önemlidir?  
S3.Liman Sistemleriyle Uyumluluk, Finansal Olmayan Hazır Olma'ya göre ne kadar önemlidir?  
S4.Liman Sistemleriyle Uyumluluk,Çalışanların Direnci'ne göre ne kadar önemlidir?  
S5.Üst Yönetim Desteği, Finansal Hazır Olma'ya göre ne kadar önemlidir?  
S6.Üst Yönetim Desteği, Finansal Olmayan Hazır Olma'ya göre ne kadar önemlidir?  
S7.Üst Yönetim Desteği, Çalışanların Direnci'ne göre ne kadar önemlidir?  
S8. Finansal Hazır Olma, Finansal Olmayan Hazır Olma'ya göre ne kadar önemlidir?  
S9. Finansal Hazır Olma, Çalışanların Direnci'ne göre ne kadar önemlidir?  
S10.Finansal Olmayan Hazır Olma, Çalışanların Direnci'ne göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Önemlilik					Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Önemlilik					
	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli				Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli	
S 1						Liman Sistemleriyle Uyumluluk		Üst Yönetim Desteği						
S 2						Liman Sistemleriyle Uyumluluk		Finansal Hazır Olma						
S 3						Liman Sistemleriyle Uyumluluk		Finansal Olmayan Hazır Olma						
S 4						Liman Sistemleriyle Uyumluluk		Çalışanların Direnci						
S 5						Üst Yönetim Desteği		Finansal Hazır Olma						
S 6						Üst Yönetim Desteği		Finansal Olmayan Hazır Olma						
S 7						Üst Yönetim Desteği		Çalışanların Direnci						
S 8						Finansal Hazır Olma		Finansal Olmayan Hazır Olma						
S 9						Finansal Hazır Olma		Çalışanların Direnci						
S 10						Finansal Olmayan Hazır Olma		Çalışanların Direnci						

## G. SEÇENEKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

### Donanım Maliyetine Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Donanım Maliyetine Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Entegrasyon Maliyetine Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Eğitim Maliyetine Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Bakım Maliyetine Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Süreç Yenileme Maliyetine Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Artan Liman Güvenliği'ne Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Artan Yük Güvenliği'ne Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					



### Artan Operasyonel Verimliliğe Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Artan Prestij'e Göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

**Güvenliğe göre;**

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

**Sağlığa Etki'ye göre;**

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Karmaşıklık (Kullanım Kolaylığı)'a göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Güvenilirlik Ve Performans'a göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Paydaşların İşbirliği Seviyesi'ne göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Sektörel Uyumluluğa göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Tedarikçi Seviyesi'ne göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Ulusal Ve Uluslararası Kanuni Baskı'ya göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

**Standartizasyon'a göre;**

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

**Rekabet Baskısı'na göre;**

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Liman Sistemleriyle Uyumluluğa göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Üst Yönetim Desteği'ne göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Finansal Hazır Olma'ya göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

### Finansal Olmayan Hazır Olma'ya göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					



### Çalışanların Direnci'ne göre;

- S-1) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>'ye göre ne kadar önemlidir?  
 S-2) A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-3) A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-4) A<sub>1</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-5) A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-6) A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-7) A<sub>2</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-8) A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-9) A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?  
 S-10) A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>'e göre ne kadar önemlidir?

Soru Numarası	Tamamen Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Daha Önemli	Kriterler	Eşit Derecede Önemli	Kriterler	Eşite Yakın Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Daha Önemli
S 1						A1		A2					
S 2						A1		A3					
S 3						A1		A4					
S 4						A1		A5					
S 5						A2		A3					
S 6						A2		A4					
S 7						A2		A5					
S 8						A3		A4					
S 9						A3		A5					
S 10						A4		A5					

Zaman ayırdığınız için teşekkürler...

## **ÖZGEÇMİŞ**

10.12.1976 tarihinde İstanbul'da dünyaya geldi. Orta ve lise öğrenimini Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1999 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu ve 2000 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2003 yılında mezun oldu. 2000 yılından itibaren çeşitli banka ve sigorta şirketlerinde 7 yıl çalıştıktan sonra 2007 yılında Beykent Üniversitesi Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak girdi.