

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RADYO FREKANSIYLA TANIMLAMA TEKNOLOJİSİNİN
UYGULANMASI KARARININ BULANIK ANALİTİK
HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ:
BANKACILIK SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gülçin ORANLI**

Anabilim Dalı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

Programı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Bu tez kapsamında, otomatik tanıma ve veri toplama teknolojilerinin en yenilerinden biri olan ve son zamanlarda oldukça yaygınlaşan Radyo Frekansıyla Tanımlama teknolojisinin bir bankanın para taşıma operasyonuna uyarlanması kararı değerlendirilmektedir.

Kullanılan modelin ve ulaşılan sonucun firmanın konuyla ilgili karar verme sürecine fayda sağlayacağını düşünüyorum; çalışmamın hem Radyo Frekansıyla Tanımlama hem de bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile ilgilenenlere yardımcı bir kaynak olmasını umuyorum.

Tezimin hazırlanmasındaki katkılarından dolayı, Sayın Hocam Prof. Dr. Demet BAYRAKTAR`a,

Uygulama aşamasında, fikirleriyle bana yol gösteren Gürkan Sel, Seyfettin Umur ve Hasan Hüseyin Polat`a,

Benimle aynı dönemde, benzer sıkıntıları yaşayarak tezlerini tamamlamaya çalışan ve bana her zaman yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Deniz Özçomak ve Ebru Bayar`a,

Bu uzun süreçte, onları ne kadar ihmal etsem de beni anlayışla karşılayan sevgili aileme,

Her konuda olduğu gibi, bu zorlu ve uzun çalışma dönemim boyunca, anlayışını ve desteğini benden esirgemeyen Gökhan Özer`e,

teşekkürü bir borç bilirim...

Haziran 2007

Gülçin ORANLI

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama Teknolojileri	1
1.1.1. Barkod Teknolojisi	1
1.1.2. Akıllı Kartlar	2
1.1.3. Biyometrik Sistemler	2
1.1.4. Optik Karakter Tanımlama (Optical Character Recognition - OCR)	3
1.1.5. Radyo Frekansıyla Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID)	3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
2. RADYO FREKANSIYLA TANIMLAMA TEKNOLOJİSİ	5
2.1. Genel Bakış	5
2.2. Radyo Frekansıyla Tanımlamanın Tarihçesi	6
2.3. Radyo Frekansıyla Tanımlama Nedir?	7
2.4. Radyo Frekansıyla Tanımlama Sisteminin Bileşenleri	8
2.4.1. Etiket	8
2.4.1.1. Etiketlerin Güç Kaynağı	9
2.4.1.2. Hafıza Tipi	10
2.4.1.3. Frekans	11
2.4.1.4. Maliyet	13
2.4.1.5. Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code – EPC)	13
2.4.2. Okuyucu	14
2.4.3. Savant (Ara Katman Yazılımı – Middleware)	15
2.4.4. Nesne İsimlendirme Servisi (Object Name Service – ONS)	16
2.4.5. Fiziksel İşaretleme Dili (Physical Markup Language – PML)	16
2.4.6. Radyo Frekansıyla Tanımlama Sistem Bileşenlerinin Gösterimi	17
2.5. Radyo Frekansıyla Tanımlama Sisteminin Türleri	17
2.6. Radyo Frekansıyla Tanımlama ve Barkod Teknolojilerinin Karşılaştırması	18
2.7. Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Kullanım Alanları	20

2.7.1. Pazar Hacmi	20
2.7.2. Radyo Frekansıyla Tanımlama Uygulamaları	21
2.7.2.1. Tedarik Zinciri Uygulamaları	22
2.7.2.2. Ödeme Sistemleri Uygulamaları	23
2.7.2.3. Sağlık Alanındaki Uygulamaları	27
2.7.2.4. Giriş-Çıkış Kontrolü Uygulamaları	28
2.7.2.5. İlaç Sektörü Uygulamaları	30
2.7.2.6. Üretimdeki Uygulamaları	30
2.7.2.7. Depolardaki Uygulamaları	30
2.7.2.8. Kütüphane Uygulamaları	31
2.7.2.9. Lojistikteki Uygulamaları	31
2.7.2.10. Otel Uygulaması	32
2.7.2.11. Akıllı Temizlik Süpürgesi	32
2.7.2.12. Intermec – NASA Ortaklığı	32
2.7.2.13. Geleceğin Mağazası (Future-Store)	33
2.7.2.14. Mali Takipteki Uygulamaları	35
2.7.2.15. Diğer Uygulamalar	36
2.8. Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Avantajları	37
2.9. Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Taşıdığı Belirsizlikler	37
2.10. Türkiye’de Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisine Yaklaşım	40
2.11. Radyo Frekansıyla Tanımlamanın Geleceği	41
3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME	43
3.1. Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması	44
3.1.1. Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırma	44
3.1.1.1. Tutarlılık Amaçlı Yöntemler	44
3.1.1.2. Optimizasyon Amaçlı Yöntemler	45
3.1.1.3. Veri İndirgeme Yöntemleri	45
3.1.1.4. Sınıflama Yöntemleri	45
3.1.2. Bilginin Türüne Göre Sınıflandırma	45
3.1.2.1. Baskınlık Yöntemi	45
3.1.2.2. MaxiMin Yöntemi	45
3.1.2.3. MaxiMax Yöntemi	46
3.1.2.4. Birleştiren Yöntem	46
3.1.2.5. Ayıran Yöntem	46
3.1.2.6. Ardışık Sırasal Yöntem	46
3.1.2.7. Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi	46
3.1.2.8. Basit Toplam Ağırlıklı Yöntem	47
3.1.2.9. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi	47
3.1.2.10. Analitik Hiyerarşi Yöntemi	47

4. BULANIK KÜMELER VE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ	51
4.1. Bulanıklık Nedir?	51
4.2. Bulanık Kümeler	52
4.2.1. Kavramlar	54
4.2.2. Bulanık Kümelerde İşlemler	56
4.2.2.1. Kesişim	56
4.2.2.2. Birleşim	57
4.2.2.3. Tümleme	58
4.2.3. Bulanık Kümelerde Bağlıntılar	58
4.3. Bulanık Sayılar	63
4.3.1. Özel Bulanık Sayılar	63
4.3.1.1. Üçgen Bulanık Sayılar	63
4.3.1.2. Yamuk Bulanık Sayılar	67
4.3.2. Bulanık Sayıların Sıralanması	68
4.3.2.1. Kaufmann ve Gupta'nın Yöntemi	68
4.3.2.2. Liou ve Wang'ın Yöntemi	69
4.3.2.3. Abdel Kader ve Dugdale'in Yöntemi	70
4.4. Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi	71
4.4.1. Laarhoven ve Pedrycz Yöntemi	73
4.4.2. Buckley Yöntemi	76
4.4.3. Chang'ın Mertebe Analizi Yöntemi	78
5. RADYO FREKANSIYLA TANIMLAMA TEKNOLOJİSİNİN UYGULANMASI KARARININ BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ KONULU ÇALIŞMA	81
5.1. Problemin Tanımı	81
5.2. Kullanılan Yöntem	81
5.3. Uygulamada Kullanılan Hiyerarşik Yapı ve Ölçütler	84
5.3.1. TU - Teknik Unsurlar	84
5.3.1.1. TU1 - Ürün Tanımlama Özellikleri	84
5.3.1.2. TU2 - Verilerin Güncellenebilmesi	84
5.3.1.3. TU3 - Bellek Kapasitesi	84
5.3.1.4. TU4 - Etiketlerin Dayanıklılığı	85
5.3.1.5. TU5 - Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı İzleme	85
5.3.2. OK - Okunabilirlik	85
5.3.2.1. OK1 - Okunabilen Etiket Sayısı	85
5.3.2.2. OK2 - Etiketlerin Görünür Olması	85
5.3.2.3. OK3 - Okuma/Yazma Alanı	85
5.3.2.4. OK4 - Çevresel Koşulların Etkisi	86
5.3.2.5. OK5 - Okuma Hızı	86
5.3.2.6. OK6 - İnsan Müdahalesi Gerekliliği	86

5.3.3. M - Maliyet	86
5.3.3.1. M1 - Etiket	86
5.3.3.2. M2 - Donanım/Yazılım	86
5.3.3.3. M3 - Sistem Tasarımı	86
5.3.3.4. M4 - Test	87
5.3.3.5. M5 - Sistem Entegrasyonu	87
5.3.3.6. M6 - Bakım / Destek	87
5.3.4. OR - Organizasyonel Unsurlar	87
5.3.4.1. OR1 - Mevcut Uygulamaların / Süreçlerin Uygunluğu	87
5.3.4.2. OR2 - Operasyon Maliyetlerine Etkisi	87
5.3.4.3. OR3 - Operasyon Etkinliğine Katkısı	87
5.3.4.4. OR4 - İnsangücü Gereksinimi	88
5.3.4.5. OR5 - Rekabet Avantajı Sağlama	88
5.3.5. R - Risk Unsurları	88
5.3.5.1. R1 - Veri Güvenliği	88
5.3.5.2. R2 - Veri Gizliliği	88
5.3.5.3. R3 - Sağlığa Etkisi	88
5.3.5.4. R4 - Standartlar	88
5.3.5.5. R5 - Sistem Sağlayıcılar	89
5.4. Uygulamadan Örnek Bir İkili Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlıklandırma	89
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	91
KAYNAKLAR	93
EKLER	97
ÖZGEÇMİŞ	123

KISALTMALAR

RFT	: Radyo Frekansıyla Tanımlama
RFID	: Radio Frequency Identification
EPC	: Electronic Product Code
LF	: Low Frequency
HF	: High Frequency
UHF	: Ultra High Frequency
SHF	: Super High Frequency
ONS	: Object Name Service
DNS	: Domain Name Service
PML	: Physical Markup Language
EAS	: Electronic Article Surveillance
OGS	: Otomatik Geçiş Sistemi
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1	AHY Değerlendirme Ölçeği..... 46
Tablo 5.1	Uygulamada kullanılan bulanık önem dereceleri 82
Tablo 5.2	Ana amaca göre bulanık ikili karşılaştırma matrisi..... 89
Tablo B.1	Ana ölçütlerin birbirine göre karşılaştırması..... 113
Tablo B.2	Teknik Unsurlar ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması..... 113
Tablo B.3	Organizasyonel Unsurlar ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması 113
Tablo B.4	Risk Unsurları ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması..... 114
Tablo B.5	Okunabilirlik ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması..... 115
Tablo B.6	Maliyet ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması..... 115
Tablo B.7	Alternatiflerin "Ürün tanımlama özellikleri"ne göre değerlendirilmesi..... 116
Tablo B.8	Alternatiflerin "Verilerin güncellenebilmesi"ne göre değerlendirilmesi..... 116
Tablo B.9	Alternatiflerin "Bellek kapasitesi"ne göre değerlendirilmesi..... 116
Tablo B.10	Alternatiflerin "Etiketlerin dayanıklılığı"na göre değerlendirilmesi... 116
Tablo B.11	Alternatiflerin "Gerçek zamanlı bilgi akışı izleme"ne göre değerlendirilmesi..... 116
Tablo B.12	Alternatiflerin "Okunabilen etiket sayısı"na göre değerlendirilmesi 117
Tablo B.13	Alternatiflerin "Etiketlerin görünür olması"na göre değerlendirilmesi..... 117
Tablo B.14	Alternatiflerin "Okuma/Yazma alanı"na göre değerlendirilmesi 117
Tablo B.15	Alternatiflerin "Çevresel koşulların etkisi"ne göre değerlendirilmesi..... 117
Tablo B.16	Alternatiflerin "Okuma hızı"na göre değerlendirilmesi 117
Tablo B.17	Alternatiflerin "İnsan müdahalesi gerekliliği"ne göre değerlendirilmesi..... 118
Tablo B.18	Alternatiflerin "Etiket Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi..... 118
Tablo B.19	Alternatiflerin "Donanım/Yazılım Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi..... 118
Tablo B.20	Alternatiflerin "Sistem Tasarımı Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi 118
Tablo B.21	Alternatiflerin "Test Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi..... 118
Tablo B.22	Alternatiflerin "Sistem Entegrasyonu Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi..... 119
Tablo B.23	Alternatiflerin "Bakım / Destek Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi 119
Tablo B.24	Alternatiflerin "Mevcut uygulamaların / süreçlerin uygunluğu"na göre değerlendirilmesi..... 119
Tablo B.25	Alternatiflerin "Operasyon maliyetlerine etkisi"ne göre değerlendirilmesi..... 119
Tablo B.26	Alternatiflerin "Operasyon etkinliğine katkısı"na göre değerlendirilmesi..... 119
Tablo B.27	Alternatiflerin "İnsangücü gereksinimi"ne göre değerlendirilmesi... 120
Tablo B.28	Alternatiflerin "Rekabet avantajı sağlama"ya göre değerlendirilmesi..... 120
Tablo B.29	Alternatiflerin "Veri güvenliği"ne göre değerlendirilmesi..... 120
Tablo B.30	Alternatiflerin "Veri gizliliği"ne göre değerlendirilmesi..... 120

Tablo B.31	Alternatiflerin "Sağlığa etkisi"ne göre değerlendirilmesi.....	120
Tablo B.32	Alternatiflerin "Standartlar"a göre değerlendirilmesi.....	121
Tablo B.33	Alternatiflerin "Sistem sağlayıcılar"a göre değerlendirilmesi.....	121
Tablo B.34	"Teknik unsurlar"ın alt kriterleri.....	121
Tablo B.35	"Okunabilirlik"ın alt kriterleri.....	121
Tablo B.36	"Maliyet"ın alt kriterleri.....	122
Tablo B.37	"Organizasyonel unsurların alt kriterleri.....	122
Tablo B.38	"Risk unsurları"nın alt kriterleri.....	122
Tablo B.39	Amacın ana kriterleri.....	122

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : RFT etiketinin bileşenleri	6
Şekil 2.2 : RFT etiketi örnekleri	6
Şekil 2.3 : Aktif ve Pasif RFT Etiketleri	7
Şekil 2.4 : RFT Frekans aralıkları	9
Şekil 2.5 : Elektronik Ürün Kodunun içeriği	11
Şekil 2.6 : Elektronik Ürün Kodu ve Barkod karşılaştırması	11
Şekil 2.7 : Okuyucu örnekleri	12
Şekil 2.8 : RFT Sisteminin Bileşenleri	14
Şekil 2.9 : Önümüzdeki yıllarda RFT pazarının beklentisi	18
Şekil 2.10 : SpeedPass anahtarlığı ve SpeedPass kullanarak benzin alımı ..	21
Şekil 2.11 : PayPass Ödeme Cihazı ve kartı	21
Şekil 2.12 : E-ZPass etiketi ve otoyoldaki okuyucular	22
Şekil 2.13 : Otomatik Geçiş Sistemi Etiketleri	22
Şekil 2.14 : Kentkart okuma cihazı (validatör)	23
Şekil 2.15 : Hastalara yerleştirilen çipin okunması	25
Şekil 2.16 : Taranan çipteki hasta bilgilerinin doktora iletilmesi	25
Şekil 2.17 : Akıllı Raf Monitörü	31
Şekil 2.18 : RFT ile Kişisel Ödeme Kasası	32
Şekil 2.19 : Etiket okuma yöntemleri	34
Şekil 3.1 : Analitik Hiyerarşi Sürecinde kullanılan hiyerarşik yapı örneği	45
Şekil 4.1 : “Uzun süre beklemek” üyelik fonksiyonları (a) klasik (b) bulanık küme	50
Şekil 4.2 : A ve B bulanık kümelerinin yükseklikleri	52
Şekil 4.3 : \tilde{A} bulanık kümesinin α kesiti	52
Şekil 4.4 : İki bulanık kümenin kesişimi	54
Şekil 4.5 : İki bulanık kümenin birleşimi	54
Şekil 4.6 : Bir bulanık kümenin tümleyeni	55
Şekil 4.7 : Üçgen bulanık sayıların üyelik fonksiyonu	61
Şekil 4.8 : A ve B bulanık sayıları	62
Şekil 4.9 : Yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonu	64
Şekil 4.10 : M_1 ve M_2 'nin kesişimi	77
Şekil 5.1 : Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Uygulanması Kararının Değerlendirilmesine İlişkin Hiyerarşik Yapı	81

SEMBOL LİSTESİ

W	: Ağırlık vektörü
w_1, w_2, \dots, w_N	: Kriterlerin önem ağırlıkları
μ	: Bir elemanın bir bulanık kümeye üyelik derecesi
\tilde{A}	: Bulanık küme / sayı
α	: Bir kesitteki elemanların sahip olduğu üyelik derecesi
$X \times Y$: X ile Y'nin kartezyen çarpımı
$R (X, Y)$: X ile Y arasındaki bağıntı
(a, b, c)	: Üçgen bulanık sayı
(a, b, c, d)	: Yamuk bulanık sayı
\oplus	: Bulanık toplama
\ominus	: Bulanık çıkarma
\otimes	: Bulanık çarpma
\oslash	: Bulanık bölme
a_{ij}	: Karar vericinin belirlediği ikili karşılaştırma değeri
r_{ij}	: Bulanık performans puanları
U_i	: Bulanık fayda
$M_{g_i}^m$: Mertebe analizi değeri
S_i	: Sentetik mertebe değeri
$V(M_i \geq M_j)$: M_i 'nin M_j 'den büyük olma olasılığı

ÖZET

Radyo Frekansıyla Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID), özellikle son yıllarda çok ilgi gören ve değişik sektörlerde uygulamaları bulunan bir otomatik tanıma ve veri toplama (OT/VT) teknolojisidir. Bu teknolojiye olan ilginin artmasındaki en önemli sebeplerden biri, firmaların sahip oldukları ürünleri, tedarik zinciri boyunca gerçek zamanlı olarak izlemelerine ve ürün bilgilerini yönetmelerine olanak sağlamasıdır. Ayrıca, Wal-Mart, Metro ve Amerikan Savunma Bakanlığı gibi alanlarında söz sahibi olan kuruluşların, tedarikçilerini bu teknolojiyi kullanmaları yönünde zorlamaları da oldukça etkili olmuştur.

Yapılan çalışma kapsamında, bankacılık sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın, para nakil işlemlerinde, bu teknolojiyi uygulama kararı, bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile değerlendirilmektedir.

İlk bölümde, çalışmaya giriş yapılmakta, ele alınacak konular ve çalışmanın kapsamı hakkında ön bilgi sunulmaktadır.

İkinci bölümde, radyo frekansıyla tanımlama teknolojisi hakkında bilgi verilmektedir. Teknolojinin tanımı, tarihçesi, kullanılması için hazırlanan sistemin bileşenleri ve bunların çalışma prensibi incelenmektedir. Daha sonra, bu teknolojinin sahip olduğu pazar hacmi verilerine, uygulama alanlarına ve bazı uygulama örneklerine değinilmektedir.

Üçüncü bölümde ise, çok ölçütlü karar verme tekniklerine yer verilmektedir. Bu teknikler iki şekilde sınıflandırılmakta ve örneklendirilmektedir. Çok ölçütlü karar verme tekniklerinin en çok tercih edilenlerinden biri olan ve çalışmada bulanık sayılar kullanılarak uygulanan Analitik Hiyerarşi Yöntemi detaylı olarak açıklanmaktadır.

Dördüncü bölümde, bulanık kümeler, bulanık sayılar ve literatürde kullanılan çeşitli Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi uygulamaları hakkında bilgi sunulmaktadır.

Son olarak, teorisi verilen bu konular ile ilgili bankacılık sektöründe bir çalışma gerçekleştirilmektedir. Öncelikle, literatür araştırması sonucunda, RFT teknolojisinin firmaya uygulanması kararının verilmesinde etkili olan ölçütler belirlenmiş ve bunlar kullanılarak çalışmada temel alınacak hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.

Karar vericilerin hiyerarşik yapıyı oluşturan ölçütlerin ikili karşılaştırmalarını yapabilmeleri için bir anket hazırlanmıştır. Bu anket, firmada RFT'nin uygulanıp uygulanmaması konusunda karar vermeye yetkili olan kişiler tarafından cevaplandırılmıştır.

Anketlere alınan cevaplar kullanılarak karar problemindeki üç alternatif arasında değerlendirme yapılmıştır. Bu alternatifler, "Radyo frekansı teknolojisi uygulansın", "Radyo frekansı teknolojisi pilot olarak uygulansın" ve "Radyo frekansı teknolojisi uygulanmasın"dır. Alternatiflerin incelenmesinde, Chang`in "Mertebe Analizi Yöntemi"nden yararlanılmıştır. Bu yöntem temel alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, firmanın para nakil işlemleri operasyonunda radyo frekansı ile tanımlama teknolojisini uygulaması alternatifi seçilmiştir.

EVALUATING THE DECISION TO ADOPT RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION TECHNOLOGY USING FUZZY AHP : A STUDY AT BANKING INDUSTRY

SUMMARY

Radio frequency identification (RFID) is an “Automatic Recognition and Data Acquisition” technology, which has gained so much interest especially for the last few years and has been applied in different fields. One reason why this technology has become more popular is that it provides real time tracking of goods within the supply chain and gives the ability to manage product information to firms. Besides, Wal-Mart, Metro, which are leading firms in retail industry, and American Defense Department forced their suppliers to adopt themselves to use this technology and this was so important for radio frequency identification to be widely known.

In this study, the decision to adopt this technology in a firm operating at banking industry is evaluated by using Fuzzy Analytical Hierarchy Process.

The first chapter gives advance information about the subject of this study.

In the second chapter, comprehensive information about radio frequency identification is given. Definition of the technology, its history, system components required to use this technology and their working principle are explained. Then, market volume data of this technology, its application fields and examples of different type of applications are presented.

Third chapter is about multi-criteria decision making techniques. These techniques are classified in two and some examples are given. After that, Analytical Hierarchy Process, one of the most preferred multi-criteria decision making techniques, which is applied with fuzzy numbers in this study, is explained in detail.

In the fourth chapter, information about fuzzy sets, fuzzy numbers and some Fuzzy Analytical Hierarchy Process applications from the literature are presented.

Finally, a practical study, covering all this theoretical information given, is made. First, the criteria for evaluating the decision to adopt this technology to the firm operating in the banking industry are set and by using these criteria, the hierarchical structure is formed.

Then, a questionnaire is designed for the decision makers to make pairwise comparisons. This questionnaire is answered by the personnel who are in charge with giving the decision to either adopt this technology or not.

By using the answers given to the questionnaire, the three alternatives are evaluated. These alternatives are, "Adopt RFID", " Adopt RFID in a pilot study" and "Don`t adopt RFID". Chang`s "Extent Analysis Method" is used for this evaluation. As a result of the calculations, adopting Radio Frequency Identification is selected.

1. GİRİŞ

Bilgi teknolojilerinde sürekli bir değişim ve gelişim yaşanmaktadır. Rekabet avantajını korumaya çalışan ve geri kalmak istemeyen firmaların, bunları takip etmesi ve mevcut yapılarında gerekli gördükleri değişiklikleri yapması gerekmektedir. Günümüzde, operasyonları kolaylaştıran ve hem günlük hayatta hem de iş dünyasında önemli yenilikler sağlayan bu teknolojilerin en sık karşılaştıklarımızdan birisi "Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama (OT/VT)" dir.

Otomatik tanımlama, nesnelere belirlemeyi sağlayan teknolojilerin genel adıdır ve genellikle veri toplama ile birlikte kullanılır. Önce varlıkları tanımlamak, ardından onlar hakkında bilgi toplamak ve bu bilgiyi otomatik olarak bilgisayar sistemine aktarmak şeklinde çalışır.

OT/VT sistemlerinin amacı verimliliği arttırmak, veri girişleri sırasında yapılan hataları azaltmak, manuel işlerin sayısını düşürmek ve personelin daha etkin çalışmasını sağlamaktır. Otomatik tanımlama sistemleri arasında en çok kullanılanlar aşağıda özetlenmektedir: [1, 2]

1.1. Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama Teknolojileri

1.1.1. Barkod Teknolojisi

Barkod, değişik kalınlıktaki dik çizgi ve boşluklardan oluşan numaralandırma ve bu numaraların ürünlere basılması işlemidir. Verinin otomatik olarak ve hatasız bir biçimde aktarılması için kullanılan bir yöntemdir.

Barkodlar, ürünle ilgili açıklamaları değil sadece bir referans numarasını içerir. Barkod ile ürünün detaylarına ulaşılabilmesi için öncelikle, mevcuttaki ürünlere ait gerekli bilgilerin bir veritabanına girilmiş olması gerekmektedir. Referans numaraları ile ürünler ilişkilendirilir ve barkod okutulduğunda, bu referans no ile bilgisayarda tutulan bilgilere erişilir.

Barkodlar, barkod alfabesi denilen ve barkodun içerdiği çizgi ve boşlukların ne şekilde basılacağını belirleyen kurallara göre basılmaktadır. Birçok farklı barkod alfabesi bulunmaktadır. Bunlarda, 0-9 arası rakamlar, alfabedeki karakterler ve bazı özel karakterler (*, -, / vb.) kullanılabilir. İçerdikleri rakam ya da karakter bilgisinin farklı olması dolayısıyla, değişik barkod standartları bulunmaktadır.

1.1.2. Akıllı Kartlar

Uluslararası standartlarla belirlenmiş ölçülere sahip plastik gövdeli, üzerine mikroişlemci ya da hafıza çiplerinin yerleştirilmesiyle oluşturulan kartlardır. Mikroişlemci modelleri en üst düzeyde güvenlik sağlar. Kartlar bir işletim sistemine ve bu sistemin sağladığı sistematik programlama ve izin altyapısına sahiptir. Kartın üzerine bilgiler yazılıp okunabilir. Karşılıklı şifre mekanizmaları çalıştırılıp sistemin de kart tarafından kontrol edilmesi sağlanabilir.

Hafıza çipli kartlardaki güvenlik mekanizması mikroişlemcili kartlara göre daha düşük düzeydedir. Ancak, manyetik kartlarla kıyaslama yapılamayacak büyüklükte bilgiyi taşıyabilir, taşıdığı bilgiye ek olarak yeni bilgiler yazıp siler ve şifre mekanizmaları kullanabilir.

Akıllı kart sayesinde, birden fazla işlem için tek kartı kullanmak mümkün olmaktadır. Mesela, bir akıllı kart aynı anda banka kartı, kütüphane kartı, kimlik kartı, bina giriş çıkış kartı vb. olarak kullanılabilir.

Akıllı kart uygulamaları ilk önce bankacılık sektöründe, daha sonra, otelcilik, perakendecilik, toplu taşıma ve kampüslerde kullanım alanı bulmuştur.

1.1.3. Biyometrik Sistemler

Biyometrik, bireyin ölçülebilir fiziksel ve davranışsal karakteristiklerini tanıyarak kimlik saptamak üzere geliştirilmiş otomatik sistemlerdir. İnsan beyninin kişiyi tanıma ve diğerlerinden ayırt etme yöntemleriyle aynı şekilde çalışmaktadır. Biyometriklere örnek olarak yüz tanıma, iris tanıma, parmak izi tanıma, retina tanıma, el izi ve damar tanıma, ses tanıma, imza tanıma verilebilir.

Biyometrik sistemler, bireyin belli biyolojik karakteristiklerini sadece o kişiye özel tek ve benzersiz bir koda dönüştürür. Bu kod elektronik ortama kaydedilir ve aktif kimlik saptanmasında kayıtlar, ilgili kişiyle anında karşılaştırılır ve sonuca varılır. Biyometrik sistemler kişilerin kontrollü geçişini veya erişimini sağlamayı amaçlar.

Kart ya da şifre kullanılan sistemlerin aksine biyometrik sistemlerde, bireyin özelliklerinin kopyalanması, taklit edilmesi neredeyse imkansızdır. Ayrıca, kimlik saptama, kişinin fiziksel veya davranışsal özelliği ile yapıldığı için kartlı veya şifreli sistemlerde yaşanan kaybetme, unutma ve çalınma gibi problemler yaşanmaz.

Kriminal amaçlı teşhis ve tespit, ATM'lerde kullanıcı tanımlarında, kredi kartı işlemlerinde, ağ ve veri güvenliğinde, e-ticaret, elektronik imza ve bunlar gibi birçok farklı alanda uygulama örnekleri bulunmaktadır.

1.1.4. Optik Karakter Tanımlama (Optical Character Recognition - OCR)

Elektronik görüntüler üzerindeki karakterlerin ya da metinlerin ASCII koduna dönüştürülmesidir. Optik karakter tanımlama teknikleri kullanılarak makineler tarafından yazılmış karakterler, el yazısı karakterler ve işaretler kolaylıkla okunup ASCII koduna çevrilebilirler.

Topolojik tabanlı, yapay sinir ağlarına dayanan, matris eşleme ile gerçekleşen, öznitelik analizi ile çalışan ve eğrileri izleyerek karakter tanıma işlemini gerçekleştiren farklı metodolojiler kullanılmaktadır. Karakterlerin daha doğru tanınabilmesi için, okunan verilere ön işleme ve son işleme algoritmaları uygulanmaktadır. Bu algoritmalar, formların belirlenmesinde, formlar üzerindeki belirli alanların silinmesinde, form ve karakterlerin düzeltilmesinde ve görüntünün iyileştirilmesinde kullanılırlar.

Bankalarda çeklerin sisteme kaydedilmesi, postanelerde zarf üzerindeki adreslerin tanınarak mektupların gideceği bölgelerin saptanması, bu teknolojinin en bilinen uygulama örnekleridir.

1.1.5. Radyo Frekansıyla Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID)

Radyo Frekansıyla Tanımlama, radyo dalgalarını kullanarak insan ya da cisimleri otomatik tanıyan teknolojilerin genel adıdır. Üzerinde mikroçip ile donanmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı kimlik yapısı ile hareketlerinin izlenebilmesine imkan veren radyo frekansları ile çalışmaktadır.

Cisimleri tanıyan seri numaraları ve bazen ek bilgilerin bir antene bağlı olan mikroçipe kaydedilmesi ve bu bilgilerin okuyucuya iletilmesi prensibine dayanır. Okuyucu aldığı bu bilgileri dijital hale çevirip ilgili uygulamaya göndermektedir. Barkodlardan en büyük farkı, etiketlerin görüş mesafesi içinde bulunması zorunluluğu olmamasıdır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen OT/VT teknolojilerinden “Radyo Frekansıyla Tanımlama” ele alınmaktadır. Bankacılık sektöründe çalışan bir firmanın RFT`yi uygulama bakımından hazır olup olmadığı, bu teknoloji hakkındaki genel fikrinin ne olduğu araştırılmaktadır. Firmanın, günlük operasyonlarından biri olan para nakil işlemleri için RFT`nin uygulanıp uygulanmaması kararı değerlendirilmektedir.

Bu karar probleminin çözülmesi için birçok ölçüt bulunmaktadır. Doğru sonuca, hızlı ve düşük maliyetle varılabilmesi için bu ölçütlerin göreceli önemlerinin karşılaştırılması ve dikkatli bir şekilde yorumlanması gerekmektedir. Bunun için, çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biri olan ve son zamanlarda oldukça yaygınlaşan Analitik Hiyerarşi Yöntemi tercih edilmektedir. Karar verme sürecinin içerdiği belirsizlikleri azaltabilmek için, yöntem bulanık sayılar kullanılarak uygulanmaktadır.

Çalışma kapsamında, önce Radyo Frekansıyla Tanımlama hakkında bilgi verilmekte; daha sonra, çok ölçütlü karar verme kriterleri, bulanık kümeler ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemleri açıklanmaktadır.

Teorik kısmın tamamlanmasının ardından, firmada yapılan uygulamanın detayları sunulmaktadır. Yetkililerle yapılan görüşmeler sonucunda son halini alan hiyerarşik yapı ve bu yapıyı oluşturan kriterler anlatılmaktadır.

Kriterlerin karşılaştırılması için hazırlanan anket ve yetkililer tarafından bu ankete verilen cevaplar kullanılarak uygulanan Chang`in “Mertebe Analizi Yöntemi”nden elde edilen sonuçlar eklerde yer almaktadır.

2. RADYO FREKANSIYLA TANIMLAMA TEKNOLOJİSİ

2.1. Genel Bakış

Radyo Frekansıyla Tanımlama-RFT (Radio Frequency Identification-RFID), son zamanlarda özellikle perakendecilik ve lojistik sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan, aslında ortaya çıkışı oldukça eskiye dayanan bir teknolojidir. İlk olarak savunma sanayinde, İkinci Dünya Savaşı sırasında, savaşan tarafların uçaklarını birbirinden ayırt edebilmek amacıyla uygulanmıştır. Uçaklarda kanatların altına yerleştirilen bir çip ile onun dost ya da düşman uçak olduğu sinyali göndermesi prensibine dayanmaktadır.

1940`larda RFT teknolojisi 10 kg. civarındaki aygıtlar ile uygulanırken, günümüzde 1 gr. civarında, oldukça küçük ve ince yapılar bulunmaktadır. Ayrıca, kullanım alanına ve uygulandığı cisme göre değişik özellikte cihaz çeşitleri bulunmaktadır.

RFT sistemi, temel olarak, çevresinde anten sarılı bir mikroçip ve bir okuyucudan oluşan bir otomatik tanıma sistemidir. Veri ve enerji transferi mikroçip ve okuyucu arasında herhangi bir fiziksel temas olmadan sağlanmaktadır. [3]

Radyo frekanslı (RF) sistemler, veri toplanan yerin değişken ve ana bilgisayardan uzak olduğu durumlar için ideal bir çözüm oluşturmaktadır. RF sistemler, gerçek zamanlı işlem yapabilme olanağı sağladığından, özellikle depolama, sipariş toplama, yükleme, boşaltma gibi lojistik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. RF sistemler ile operasyonel verimlilik artarken çalışanların kontrolü ve yönetimi son derece kolaylaşmakta; işlemleri kağıt ve formlar yardımıyla yürütmeye gerek kalmamaktadır.

RFT`nin günümüzde bu kadar yaygınlaşmasının ve popülerleşmesinin önemli nedenleri, sağladığı kullanım kolaylıkları, ürün takibi, performansı, global ürün ve sistem sağlayıcıların bu teknolojinin standartlarının oluşturulması üzerine gösterdikleri işbirliği ve ağ teknolojileri ile entegrasyon noktasındaki gelişmelerdir.

Perakendecilik, üretim ve ilaç sektörleri başta olmak üzere, kullanım alanı her geçen gün genişlemeye devam etmektedir. Geçiş güvenliği, mal sayımı, insan, hayvan veya malzeme takibi, elektronik bilet, tedarik zinciri gibi ürünlerin tanınması, dağıtılması ve depolanmasını gerektiren her yerde uygulamaları görülmektedir.

2.2. Radyo Frekansıyla Tanımlamanın Tarihçesi

RFT'nin ilk ortaya çıkışı, İkinci Dünya Savaşı dönemine dayanmaktadır. Alman, Japon, Amerikan ve İngiliz orduları 1935 yılında keşfedilmiş olan radarı kullanmakta ve yaklaşmakta olan uçakları daha millerce uzaktayken fark edebilmekteydi. Ancak, buradaki sorun hangi uçağın düşmana ait hangisinin ise görevden dönen ordu mensubu uçak olduğunun ayırt edilememesiydi.

Almanlar, pilotların üsse dönerken uçağı yalpaladıklarında yayılan radyo sinyallerinin değiştiğini fark etti. Bu yöntem, yer ekibine, gelenlerin Alman uçakları olduğu uyarısını yapıyordu ki buna ilk pasif RFT sistemi denilebilir.

İngilizler, ilk aktif "dost veya düşman tanımlama sistemi"ni geliştirmiştir. Bu sistemde, her uçağa bir verici yerleştirilmiş ve yerdeki radar istasyonlarından sinyal alındığında, uçağın dost olarak nitelendirildiğine dair bir sinyal yayımlanmıştır. RFT de aynı mantıkla çalışmaktadır. Uydu alıcısı/vericisine sinyal gönderilmekte; bu bir sinyali uyandırıp ya geri yansıtmakta (pasif sistem) ya da sinyal yayımlamaktadır (aktif sistem).

Radar ve RF iletişim sistemlerindeki gelişmeler 1950li ve 1960li yıllar boyunca devam etmiştir. RF enerjisinin cisimleri uzaktan tanımlamada nasıl kullanılacağı hakkında araştırmalar yapılmıştır. 1990'lara gelindiğinde, bu teknoloji ticari amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır.

RFT'nin ilk kullanılmaya başlanmasından bu yana yaşanan gelişmelerden bazıları şöyle sıralanabilir [4] :

- **1970** – Amerikan Enerji Departmanı tarafından Los Alamos ulusal laboratuvarından nükleer maddeleri izlemek amacıyla bir sistem geliştirmeleri istendi. Bilim adamları, nükleer maddeleri taşıyan tırların içine bir verici ve tesislerin kapılarına da okuyucular yerleştirilmesi şeklinde bir çözüm buldular. Kapıdaki anten tır içindeki vericiyi tetikliyor ve ID ya da diğer potansiyel bilgileri (mesela; sürücünün kimlik bilgileri vb.) geri yolluyordu. Bu sistem, 1980'lerin ortalarında ticarileşmiştir.
- **1973** - Kaliforniya'lı bir girişimci olan Charles Walton, anahtar olmadan kapı kilidini açmakta kullanılan pasif vericinin patentini aldı. Kartın içine gömülü olan bir verici ile kapının yanındaki bir okuyucuya sinyal iletilmekte, okuyucu RFT etiketinde yüklü olan geçerli kimlik numarasını tanıdığı anda kapı açılmaktaydı.
- **23 Ocak 1973** - Mario W. Cardullo, Amerika'da, tekrar yazılabilir RFT etiketinin patentini alan ilk kişi olarak bilinmektedir.

- Şirketler, uzun süre 125 kHz frekansındaki RFT sistemlerini yaygın olarak kullandı ve daha sonraları bu frekans 13,56 MHz`e yükseltildi. Bu, daha geniş bant aralığı ve daha hızlı veri transferini beraberinde getirdi. Özellikle, Avrupa`daki şirketler bunu tekrar kullanılabilen taşıyıcılar ve malzemeler için uyguladılar.
- **1990`lar** – IBM, ultra yüksek frekans (Ultra High Frequency-UHF) RFT sistemlerini geliştirdi ve patentini aldı. İlk pilot çalışmaları Wal-Mart ile yapıldı.
- **1999** RFT`nin barkodun önüne geçme potansiyelini gören bir grup perakendeci ve üretici, küresel standart eksikliğinin, RFT çözümlerinin kapalı sistemler olarak geliştirilmesine neden olacağını ve bu durumun, sistemlerin yüksek maliyeti ve birbirlerine uyumsuzlukları sebebiyle RFT`nin yaygınlaşmasını kısıtlayacağını farkına vardılar. Bunu önlemek amacıyla, MIT`de konuyla ilgili araştırma yapılmasını desteklemeye karar verdiler. Daha sonra ikisi Avrupa`da (Cambridge ve St Gallen), biri Avustralya`da (Adelaide) ve üçü Asya`da (Fudan-Çin, Keio-Japonya, ICU-Kore) olmak üzere, altı üniversite daha RFT konusundaki araştırmaları desteklemeye başladı. Bu üniversiteler toplu olarak Otomatik Tanımlama Merkezi (Auto-ID Center) adını aldı. Bu merkezdeki üniversitelerin görevi, tedarik zincirinde RFT kullanımı için küresel olarak uygulanabilecek standartlar geliştirmek olarak belirlenmişti. Sonunda, bu araştırma, üretim, perakende, mühendislik, telekomünikasyon, bilişim teknolojileri, yazılım ve donanım sektörlerinden 103 Avrupa, A.B.D. ve Asya şirketi ile standart geliştirme organizasyonları GS1 ve GS1 US tarafından desteklenmeye başlandı.
- **2003** Otomatik Tanımlama Merkezi`nin araştırmaları, tekil olarak numaralandırılmış düşük maliyetli bir etiket ve ilgili tedarik zinciri verisinin bulunduğu bir ağı temel alan bir dizi çözüm ortaya koymuştur. Bu etiketler, sadece seri numaralarını saklıyor ve diğer bilgiler bu seri no aracılığıyla başka bir veritabanından, internet kullanılarak çekiliyor. Elektronik Ürün Kodu (EPC – Electronic Product Code) numaralandırma biçimi, bu çalışmanın en önemli çıktısı sayılmaktadır. Bu uygulama ile, RFT bir ağ teknolojisi haline dönüştürüldü ve önemli bir değişim yarattı.

2.3. Radyo Frekansıyla Tanımlama Nedir?

Radyo Frekansıyla Tanımlama, radyo dalgalarını kullanarak insan ya da cisimleri otomatik tanıyan teknolojilerin genel adıdır. Üzerinde mikroçip ile donanmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı kimlik yapısı ile hareketlerinin izlenebilmesine imkan veren radyo frekansları ile çalışmaktadır.

Çok düşük enerji ihtiyacı olan mikroçipler, havadaki güney kutbu ve kuzey kutbu arasındaki manyetik alandan faydalanarak elektrik üretirler. Böylece, üzerinde bulunan bilgileri bir radyo frekansından sürekli yayarlar. Bir de bunları algılayabilecek bir antene, hatta bazı durumlarda birden fazla antene ihtiyaç duyulur. Bu antenler, radyo frekanslarını yakalayıp ürünün üzerindeki bilgilere ulaşarak bunlarla işlem yaparlar. [5]

RFT'nin çalışma prensibi basitçe şu şekildedir: Bir cisim belirten seri numarası veya başka bilgiler bir antene bağlı bulunan bir mikroçipe kaydedilir. Bu anten, çipin tanıma bilgilerinin bir okuyucuya iletilmesini sağlar. Okuyucu da RFT etiketinden yansıyan radyo dalgalarını dijital bilgi haline getirir ve bu bilgileri kullanacak olan bilgisayara aktarır.

RFT etiketi bir tarayıcıdan uyarı alması durumunda etkin hale gelir. Etiketten gönderilen sinyaller bir anten vasıtasıyla algılanır ve buradan veritabanına gönderilirken veritabanı gelen sinyalleri kontrol ederek etiket sahibini tanımlar. Bu çalışma mantığının barkodlarınkinden farkı, RFT etiketlerinde kullanılan tanımlama bilgilerinin (Elektronik Ürün Kodu bilgisinin), etiketin üzerinde bulunan anten sayesinde, hava arayüzü aracılığıyla, görüş mesafesi olmadan doğrudan iletebilmesidir. [5]

Bazı firmalar, RFT etiketlerini sensörlerle birleştirmekte; böylece ısı, hareket ve hatta radyasyon değerlerini ölçmeyi ve kaydetmeyi sağlamaktadır. Bu sayede, tedarik zinciri içindeki malların takibini sağlayan etiketler, ürünlerin doğru sıcaklıkta saklanıp saklanmadığı, etin bozulup bozulmadığı veya yiyeceklerin içerisine bir madde enjekte edilip edilmediği gibi bilgiler de verebilmektedir.

2.4. Radyo Frekansıyla Tanımlama Sisteminin Bileşenleri

2.4.1. Etiket

Son derece küçük olan RFT etiketleri içinde bilgi barındıran (ürün numarası, üretici kodu, üretim tarihi, ürünün adı, vb.) birer mikro yonga ve antenden oluşmaktadır. Uygulamaya ve kullanıcının isteklerine göre taşınan bilginin miktarı değişkenlik göstermekle birlikte, RFT etiketleri en çok 2 KB'lık datayı taşıyabilmektedir.

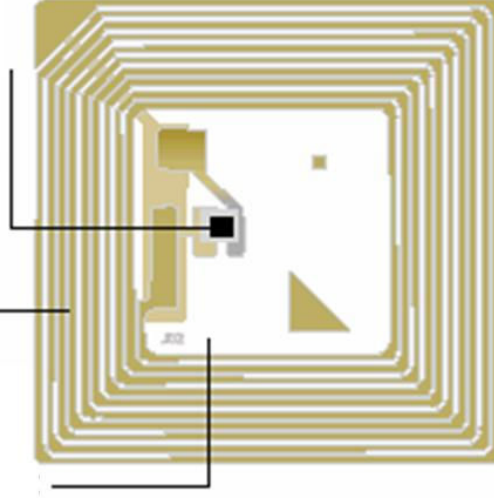
Her tür ürüne gömülebilmeleri ya da yapıştırılabilmeleri amacıyla, farklı şekilleri ve boyutları mevcuttur. Genelde kağıt, plastik veya seramik içine yerleştirilmiş, boyutları 1,5 cm²'den küçük ve sadece 0,3 mm kalınlığında bir çip taşımaktadır.

RFID etiketleri üç bölümden meydana gelir:

1.) **Yonga:** etiketin üzerinde bulunduğu nesne hakkında bilgi taşır.

2.) **Anten:** radyo dalgaları kullanarak okuyucuya bilgi gönderir.

3.) **Kaplama:** etiketin nesne üzerine yerleştirilebilmesi için yonga ve anteni çevreler.



Şekil 2.1: RFT etiketinin bileşenleri [4]



Şekil 2.2: RFT etiketi örnekleri [6]

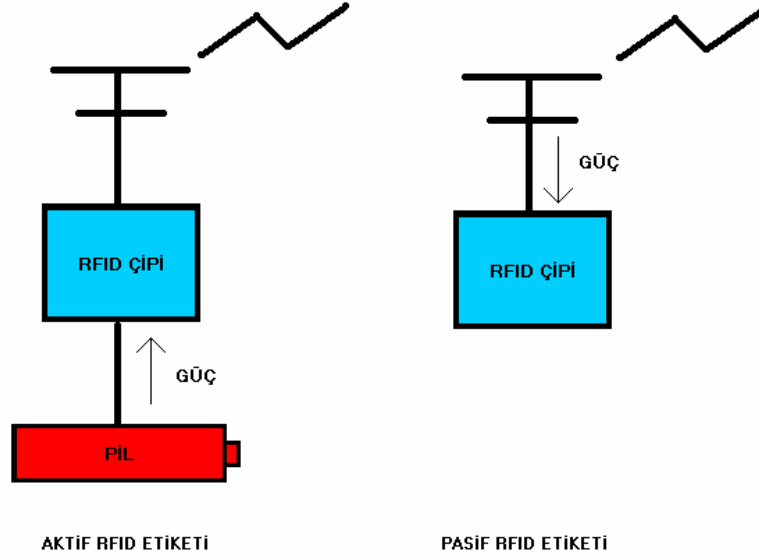
2.4.1.1. Etiketlerin Güç Kaynağı

Etiket, taşıdığı veri düzeyine bağlı olmaksızın çalışmak için güce ihtiyaç duyar. Gücü yaratması bakımından iki tür etiket bulunur: [7,8]

1. **Aktif RFT** etiketinde küçük bir pil bulunur. Kendi içinde yüksek bir enerjiye sahiptir. -50 ile +70 °C arasında çalışabilir. Uygun bir güç kaynağının kullanılmasıyla, etiketin ömrü 10 yıla kadar uzatılabilmektedir.

2. **Pasif RFT** etiketi üzerinde pil bulunmamaktadır. Bulunduğu alandaki RFT okuyucusunun oluşturduğu elektromanyetik alana girdiğinde, bu alanın enerjisiyle etkinleşir ve sinyal üretir. Okuyucu bu sinyali alır ve bağlı olduğu bilgisayar sistemine iletir. Örneğin, hastane eczanesinde bulunan bir okuyucu, kapıdan çıkan her serum şişesini satın alma ve depo programlarına bildirebilir.

Aktif etiketler pasif olanlara göre daha büyük ve pahalıdır. Ancak, pasif olanların okuma aralığı daha dardır ve daha yüksek güçteki okuyuculara ihtiyaç duymaktadırlar.



Şekil 2.3: Aktif ve Pasif RFT Etiketleri

Pasif etiketlerin tetiklenebilmesi için okuyucunun oluşturacağı ne kadarlık bir elektromanyetik alan içerisinde bulunması gerektiği, kullanılan radyo sinyalinin dalga boyuna bağlıdır ve şu şekilde hesaplanır: [7]

$$r = \lambda / 2\pi \quad (2.1)$$

Burada r , etiketin okunabileceği alanı, λ ise dalga boyunu göstermektedir. En sık kullanılan 13.56 MHz frekansı için dalga boyu 22 metredir. Bu frekans için (2.1)'deki formül kullanılacak olursa,

$$r = 22 / 2\pi = 22 / 6.28 = 3,5 \text{ m bulunur.}$$

Yani etiket, okuyucunun oluşturduğu 3,5 m.'lik alan içine girdiğinde okunabilecektir.

2.4.1.2. Hafıza Tipi

RFT etiketleri sahip oldukları hafıza tipine göre şöyle gruplandırılabilir: [3]

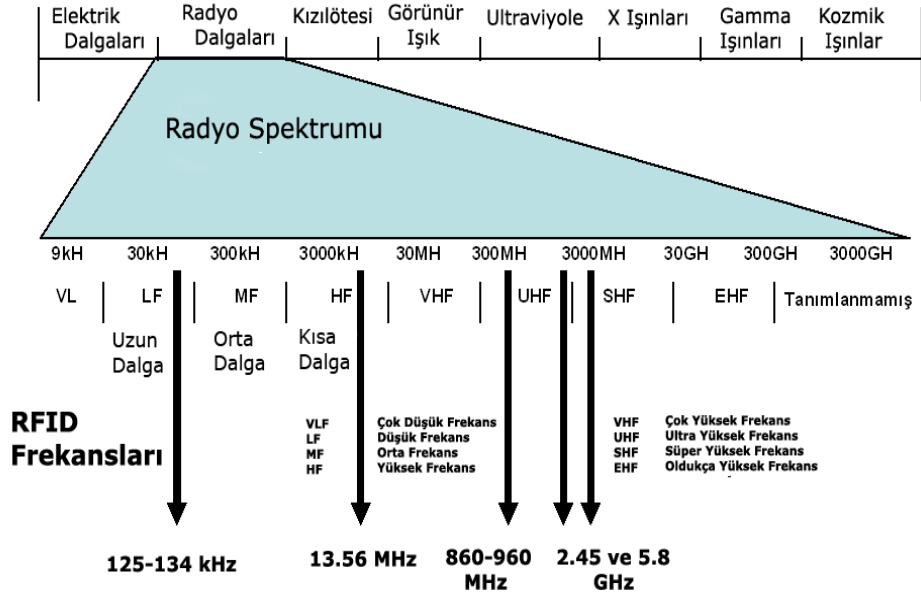
- **Sadece Okunabilir:** Sadece okunabilen etiketlerdir. Üretim sırasında üzerlerine depolanan bilgiyi saklarlar ve bu bilgi değiştirilemez. Genellikle, pasif etiketlerdir ve tanıtıcı amaçlı kullanılır. Bilgi depolama kapasiteleri düşüktür.
- **Hem Okunabilir Hem Yazılabilir:** Hem okunabilir hem de yazılabilir etiketlerdir. Yüksek miktarda bilgi depolayabilirler. Hem pasif hem de aktif etiket tipinde olabilirler. Mobil veritabanı gibi davranırlar. Sadece okunabilen etiketlere göre daha pahalıdırlar.
- **Bir Kere Yazılabilir:** Bir defa yazılıp birçok kez okunabilen etiketlerdir. Talep edilen bilgi üretici tarafından etiketlere yüklenir ve bir daha değiştirilemez.

2.4.1.3. Frekans

RFT etiketlerinin ayırt edici bir diğer özelliği de çalıştıkları frekans aralıklarıdır. RFT sistemlerinin okuma menzili, veri transfer hızı gibi temel bazı özellikleri, çalışılan frekans değerine bağlıdır.

RFT, düşük frekans (LF) 125–134 kHz, yüksek frekans (HF) 13.56 MHz, ultra yüksek frekans (UHF) 860–960 MHz, 2.45 GHz ve süper yüksek frekans (SHF) 5.8 GHz frekanslarında kullanılabilir. Şekil 2.4`te, radyo frekansıyla tanımlama için kullanılan frekans aralıkları gösterilmektedir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan etiketlerin frekansları daha çok HF (High Frequency) aralığındadır. Ancak bazı uygulamalarda, UHF frekans aralığı kullanılması performans adına daha iyi sonuçlar vermektedir. Çoğu ülke düşük frekans (LF) için 125 kHz veya 134 kHz spektrumlarını, yüksek frekans (HF) için 13.56 MHz`i tercih etmektedir. Ancak, ultra yüksek frekans (UHF) için üzerinde anlaşılan bir değer şu an için yoktur. Avrupa`da 868 MHz, Amerika`da 915 MHz ve Japonya`da 960 MHz kullanılmaktadır. Etiket ve okuyucu üreticileri, ürettikleri malların değişik frekanslarla uyumlu şekilde çalışması konusunda uğraşmaktadır.[4]



Şekil 2.4: RFT Frekans aralıkları [4]

Frekansın seçilmesi, veri transfer hızını belirleyen en önemli unsurdur. Veri transfer hızı, etiket ve okuyucu arasındaki taşıyıcı dalga frekansına bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak, frekans düştükçe, veri transfer hızı da düşmektedir. 2,5 GHz frekansında, saniyede 2 Megabit transfer hızına erişilebilmektedir.

Okuma mesafesi de frekans değerine göre değişkenlik göstermektedir. Frekansın artması daha uzun menzilde okuma sağlamaktadır. Öte yandan, okuma menzilin genişlemesi daha fazla güç gerektirir ve aynı zamanda etiketin maliyetini de artırır. Günümüzde aktif etiketlerin menzili 100 m.'ye kadar, pasif etiketlerin menzili ise 5-6 m.'ye kadar ulaşmıştır.

Eğer yüksek hızlarda okuma ihtiyacı varsa, banknot ve makbuzlarda olduğu gibi, ürüne gömülü RFT etiketinin okuma mesafesi birkaç milimetreye kadar düşürülebilmektedir. Lojistikte, genelde 3 metre ve gerekli durumlarda daha uzun mesafelerde okuma sağlanmaktadır. Otoyollardaki ödemeli geçişlerde, araç takibi yüzlerce metreye varan okuma mesafesi sayesinde kolayca yapılabilmektedir. İstanbul ve diğer birçok ildeki otoyol ve köprülerde (Boğaz köprüsü, TEM otoyolu, vb.) kullanılan OGS (Otomatik Geçiş sistemi), bu şekilde uzun mesafeli takip gerektiren sistemlere bir örnektir.

2.4.1.4. Maliyet

Etiketlerin maliyeti, tipine, özelliğine ve miktarına göre değişmektedir. Yapısının karmaşıklaşması ve bellek kapasitesi maliyeti etkilemektedir. Genellikle, düşük frekanslı etiketler yüksek frekanslılara, pasif etiketler aktif olanlara göre daha ucuz olmaktadır.

İlk kullanılmaya başlandıklarında, 4-5 dolar civarı olan etiket maliyetleri, şimdilerde 0,50 dolara kadar düşmüştür. RFT kullanımının yaygınlaşmasıyla, daha büyük miktarlarda etiket üretiminin yapılacağı ve bu sayede, maliyetlerin daha da düşeceği beklenmektedir.

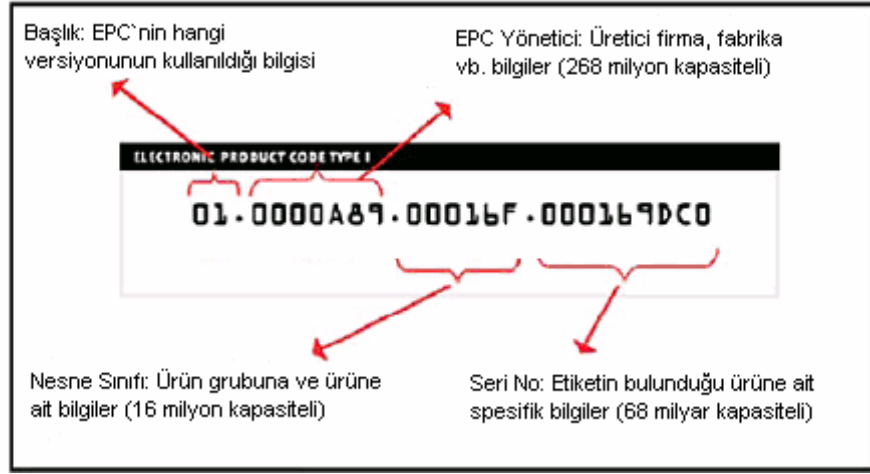
Uzun vadede kullanılan etiket miktarına bakınca, toplam etiket maliyeti firmalar için büyük önem taşımaktadır. Çünkü etiket maliyeti, RFT sisteminin toplam maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Etiketlerin daha basit yapıda tasarlanması ve ek işlevlerden arındırılmasının maliyet azaltıcı olacağı ve beraberinde birçok alanda daha fazla kullanım sağlayacağı düşünülmektedir. Çipsiz RFT etiketlerinin, çipli olanlarına göre daha uygun fiyatlı olmalarından dolayı, oldukça fazla tercih edilmeleri buna bir örnek olarak verilebilir.

2.4.1.5. Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code – EPC)

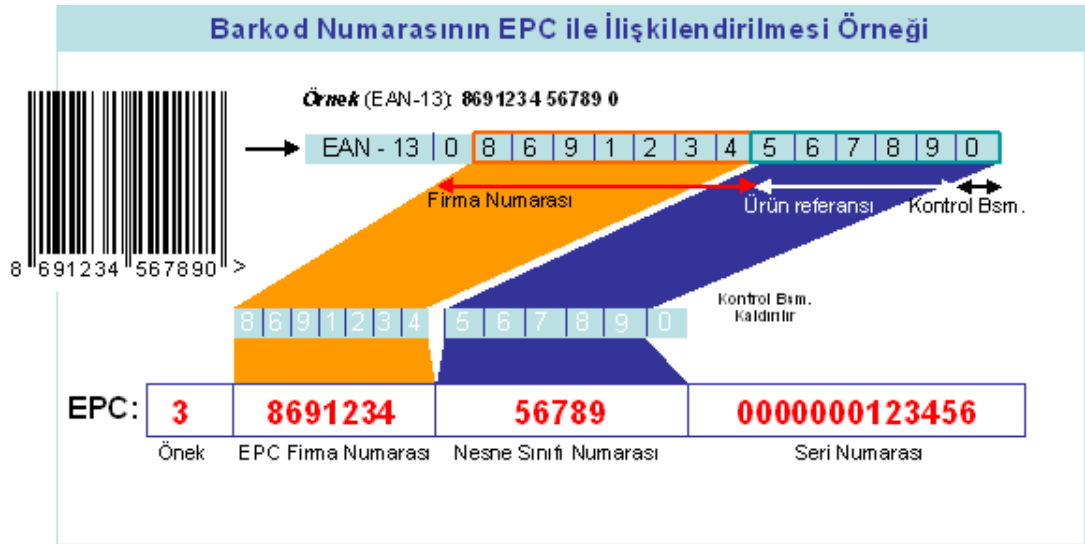
Elektronik ürün kodu, nesnelere tekil olarak tanımlamakta kullanılan koddur. Bir EPC numarası, dört ana bölümden meydana gelir: [4]

- İlk 2 hane versiyonu belirleyen başlık kısmıdır.
- Sonraki 7 hane üretici firma ve hatta fabrikasını içerir (268 milyon kapasitesi vardır).
- Ardından ürün ailesini ve ürünü tanımlayan 6 hanelik kısım yer alır (16 milyon kapasiteli).
- Son kısımda da 9 hanelik seri numarası alanı bulunur. Burada okunmakta olan ürüne ait bilgiler vardır. (68 milyar kapasitelidir)

Şekil 2.5`te 96 bitlik bir etiketin içeriği görülmekte, Şekil 2.6`da ise, barkod ve RFT etiketlerinin içerdiği alanlar karşılaştırılmaktadır.



Şekil 2.5: Elektronik Ürün Kodunun içeriği [4]



Şekil 2.6: Elektronik Ürün Kodu ve Barkod karşılaştırması [4]

2.4.2. Okuyucu

Hem RFT etiketine bilgi kaydetmek, hem de kayıtlı bilgiyi okumak ve host bilgisayara bilgi aktarmak ile görevlidir. Tavan veya duvar tipi sabit okuyuculara ek olarak portatif el tipi modelleri de mevcuttur. Okuyucu sistem altyapısı, bir kontrol birimi ile gereksinime göre sayısı değişen antenden (erişim noktası) oluşmaktadır. Antenler yardımıyla operasyon yürütülecek alanda (depo, liman, süpermarket kasası vb.) manyetik kapsama alanı yaratılır.

Etiketler bu kapsama alanı içerisinde buldukları sürece, sinyali en güçlü olan antenle radyo dalgaları yardımıyla bağlantı kurarlar. Şekil 2.7`de çeşitli okuyucu modelleri verilmektedir.



Şekil 2.7: Okuyucu örnekleri [6,9]

RFT anteni yaydığı radyo dalgası ile etikete okunması için gerekli enerjiyi ve okuma mesafesini sağlar. Etiketdeki bilgiyi RFT okuyucusuna kablo bağlantısına ihtiyaç duymadan aktarır. Değişik okuma menzilleri ve açıları için farklı boyda antenler kullanılır. Daha büyük antenlerin daha fazla menzili olacağı genel bir kuraldır ve temel olarak frekans, anten boyuyla değişir. [5,8]

Etiket yerleşimi ve anten konfigürasyonu her uygulamaya göre değişmektedir. Beklenen okuma menzili ile bu menzil içinde bulunan engeller arasındaki dengenin kurulması, okumada doğruluğu getirmektedir. Bu ayarlamalar, sistemler kurulurken, çoğu zaman deneme-yanılma yöntemi ile belirlenmektedir.

2.4.3. Savant (Ara Katman Yazılımı – Middleware)

Okuyucu ile etiketlerden gelen bilgileri yöneten ve bunları uçtaki bilgisayar/yazılıma ileten, ağ içerisinde merkezi sinir sistemi gibi çalışan yazılım teknolojisidir. Auto-ID Merkezi tarafından geliştirilmiştir. Bu teknolojinin, sistem içerisindeki görevleri şunlardır: [3]

1. Okuyucu yönetimi: Kullanıcının bir arayüz sayesinde, okuyucuyu konfigüre etmesini, izlemesini ve komut yayınlamasını sağlamaktadır.

2. Data yönetimi: Veri akışını sağlamanın yanında, filtreleme, okuyucu entegrasyonu ve kontrolünü de sağlar. Bilgiyi, ağı aşırı yüklemekten dağıtır ve yönetir.
3. Uygulama bütünleştirme: Veriyi tedarik zinciri yönetimi, ERP, depo yönetimi ve CRM gibi sistemlerle bütünleştirmek için gerekli mesajlaşma, yönlendirme ve bağlantı özelliklerini içerir.

2.4.4. Nesne İsimlendirme Servisi (Object Name Service – ONS)

Etiketteki elektronik ürün kodunu, daha detaylı ürün bilgisiyle eşleştirebilmek için bir sisteme gerek duyulmaktadır. Bu, Nesne İsimlendirme Servisi (ONS) adlı otomatik bir ağ servisi ile sağlanmaktadır. IP adreslerini bilgisayar adına ya da bilgisayar adlarını IP adresine dönüştüren Domain Name Service (DNS) benzeri bir mantıkla çalışmaktadır.

Okuyucu bir etiketi okuduğunda, elektronik ürün kodu ara katman yazılımına (Savant) iletilir. Savant, yerel ağ üzerindeki ya da internetteki bir ONS`ye ürün hakkında depolanan bilgiyi bulabilmek için gider ve ürün bilgisinin yerini öğrenmeye çalışır. ONS, Savant`a sorguladığı ürün hakkındaki bilginin hangi sunucuda olduğunu gösterir. Ardından, Savant ONS`nin belirttiği adresten, ürün hakkındaki bilgileri içeren dosyayı bulup bunları isteyen uygulamaya (şirketin envanter sistemi ya da tedarik zinciri uygulaması vb.) gönderir. [3,7]

2.4.5. Fiziksel İşaretleme Dili (Physical Markup Language – PML)

RFT`nin kullanıldığı sistemlerde, ürünleri tanımlayan bilgiler, XML (eXtensible Markup Language) temeline dayanan yeni bir bilgisayar dili olan PML ile yazılmaktadır. Nesnelere ve süreçlere hiyerarşik bir yapı kullanarak anlatan bu dilin tüm endüstrilerde kullanılan bir standart haline gelmesi düşünülmektedir.

PML, fiziksel nesnelere tanımlayabilmek için izlediği yöntem şu şekildedir: Bir “tost makinesi”, hiyerarşik yapıda önce “mutfak ürünleri” sınıfında tanımlanır. Mutfak ürünleri, “küçük ev aletleri” sınıfına dahildir. Küçük ev aletleri ise en temelde “ev aletleri” olarak belirtilir.

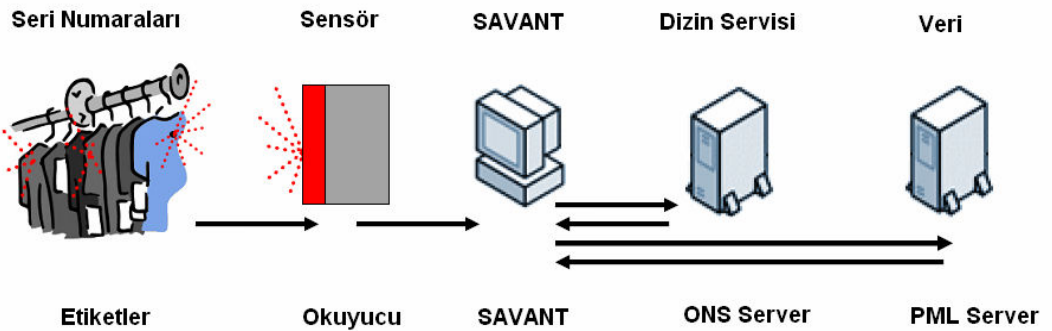
PML sabit bilginin yanı sıra, sürekli değişim gösteren bilgiyi de kullanabilmektedir. Ürünün taşınma sıcaklığı, makinenin titreşimi ya da kargo taşıyıcısının bulunduğu yer bilgilerini kullanışlı hale getirebilmektedir. Firmalar, bu bilgiler aracılığıyla kendilerine daha detaylı ve faydalı çıkarımlar yapabilir. [5, 7]

Örneğin, bir firma, ürünün son kullanma tarihinin yaklaştığını görürse, o ürünün fiyatını azaltarak satışları hızlandırmayı deneyebilir veya ürünün normalden daha yüksek sıcaklıkta taşındığını fark ederse, bunun düzeltilmesini sağlayabilir.

2.4.6. Radyo Frekansıyla Tanımlama Sistem Bileşenlerinin Gösterimi

Yukarıda, ayrıntıları açıklanan RFT sistem bileşenlerini Şekil 2.8`de bir arada görmek mümkündür. Etiket bilgisinin okunması ve ürün detayının bilgisayara aktarılması işlemi aşağıdaki gibi gerçekleşir:

- Üzerinde RFT etiketi bulunduran bir nesne ya da canlı okuyucunun etki alanına girdiğinde, etikette bulunan anten tetiklenir. Anten, etikette taşınan elektronik ürün kodunu (EPC), okuyucuya iletir.
- Okuyucu, RFT etiketinden yansıyan bu radyo dalgalarını algılar ve aldığı elektronik kodu Savant`a gönderir.
- Savant ise kendisine gönderilen bu elektronik kod ile nesnelerin adreslerinin bulunduğu ONS`ye gider. ONS, bu elektronik kod hakkındaki daha detaylı bilginin hangi sunucuda olduğunu Savant`a bildirir.
- Ürün bilgisinin bulunduğu PML sunucusundan gerekli dosya alınıp Savant`a iletilir.
- Savant, son aşama olarak, kendisinden ürün ile ilgili bilgiyi bekleyen uygulamaya, PML sunucusundan aldığı dosyayı yollar.



Şekil 2.8: RFT Sisteminin Bileşenleri

2.5. Radyo Frekansıyla Tanımlama Sisteminin Türleri

RFT sistemleri dört gruba ayrılabilir: [5]

1. Elektronik Nesne Gözetimi (Electronic Article Surveillance – EAS) sistemleri
2. Taşınabilir veri depolama sistemleri

3. Ağa bağılı sistemler
4. Konumlandırma sistemleri

Elektronik nesne gözetimi sistemleri, 1 bitlik bir sistem olup bir şeyin varlığının ya da yokluğunun saptanmasında kullanılır. Her bir malın etkilendiğı ve büyük bir anten okuyucunun her bir çıkışa konulduğı perakende mağazacılığında çalınmalara karşı kullanılmaktadır.

Taşınabilir veri depo sistemlerinde, RFT okuyucularının bütünleştirildiğı taşınabilir veri terminalleri kullanılır ve çeşitli sayıda etiketten veriye gereksinim duyan, yüksek derecede kaynak çeşitliliğine sahip uygulamalarda kullanmak için uygundur. Elle taşınabilir okuyucular bu türe örnek verilebilir.

Ağa bağılı sistemlerde, belli bölgelere yerleştirilen okuyucular doğrudan ağ bilgi yönetim sistemiyle bağlantıya geçerler. Etiketler hareketli elemanları oluşturur. İnsanlar veya hayvanlar üzerine yerleştirilecek etiketler buna örnektir.

Konumlandırma sistemleri, otomatize edilmiş lokasyonları ve otomatik güdümlü araçların (OGA) yönlendirilmesini kolaylaştıracak etiketler kullanır. Okuyucular, bu araçlar üzerine yerleştirilir. Etiketler, operasyon çevresinin zeminine gömülmüştür ve uygun tanımlama yerleştirme verisi programlanmıştır. Anten genellikle aracın altında olup zemindeki etiketlerle etkileşime geçerek aracın yolunu belirlemesini sağlar.

2.6. Radyo Frekansıyla Tanımlama ve Barkod Teknolojilerinin Karşılaştırması

RFT teknolojisi uzun yıllardır biliniyor ve kullanılıyor olmasına rağmen, barkod kullanımı günümüzde daha yaygındır. Bunun en önemli sebepleri, barkodun daha az maliyetli olması ve RFT'nin standartlarını ve altyapısını hazırlamanın daha zor olmasıdır.

Zamanla, RFT'nin kullanımı yönündeki tercihin artacağı düşünülmektedir; çünkü, getireceğı avantajlar barkod teknolojisine oranla oldukça fazladır. Bir seferde birden çok ürün bilgisinin okunabilmesi, insan müdahalesine gerek kalmadan algılama ve etiket görülmeden de belirli mesafe dahilinde ürün bilgisine ulaşılabilmesi bunlardan bazılarıdır.

Barkod ve RFT teknolojisinin özellikleri aşağıda karşılaştırılmaktadır: [3-8]

- Barkod, ürünler hakkında genel bilgi içerirken, RFT etiketlerinde ürün bazında tekil ve özel bilgi bulunmaktadır. Bunu, Elektronik Ürün Kodu (EPC) sağlamaktadır.

- RFT etiketleri içinde saklanabilen bilgi miktarı, barkod etiketlerine göre çok daha yüksektir.
- Barkod sadece okunabilir, ancak RFT etiketinin sadece okunabilen türü dışında bir de hem okunabilir hem de üzerine bilgi yazılabilir türü bulunmaktadır.
- RFT etiketleri içindeki bilgi, ürün üzerinde değiştirilebilmektedir. Örneğin; istenirse değişen ortam sıcaklık bilgileri, RFT etiketleri üzerine kaydedilebilir. Barkod sistemlerinde ise bilgiyi değiştirmek için etiketi değiştirmek gerekmektedir.
- RFT etiketleri içindeki bilgilerin okunabilmesi için, etiketin okuyucunun görüş alanı içinde olması gibi bir zorunluluk yoktur. Barkod sistemlerinde ise, etiketin içerdiği kodların lazer okuyucu tarafından okunabilmesi için, etiket okuyucunun görüş alanı içinde yer almalıdır.
- RFT etiketleri kirliliğe ve nemli ortamlar içinde etkilenmemektedir. Barkod sistemlerinde ise kirlenme ve yıpranma önemli bir sorundur.
- RFT etiketinin ortalama ömrü, barkodunkinden daha uzundur.
- RFT sistemlerinde, etiketler toplu şekilde okunabilmektedir. Aynı anda, 10-100 etikete kadar okunabilme özelliği vardır. Barkod sistemlerinde ise etiketlerin tek tek okunması gerekmektedir.
- RFT etiketlerinin okunma hızı ortalama 0,5 saniye iken, barkod sistemlerinde bu süre 4 saniyeye çıkmaktadır.
- RFT sistemlerinde, etiket okuma işi otomatik bir şekilde, insan müdahalesine gerek kalmadan gerçekleşmektedir. Barkod sistemlerinde ise okuma işlemi manuel gerçekleştirilmektedir.
- RFT sistemlerinde pasif etiketler için okunma uzaklığı 5-6 m.`ye, aktif etiketler için 100 m.`ye kadar çıkarken, barkod sistemlerinde bu uzaklık en fazla 50 cm. civarındadır.
- RFT etiketlerinin kopyalanması ve içeriğinin gözle okunabilmesi imkansızdır. Barkod etiketleri ise kolaylıkla kopyalanıp değiştirilebilmektedir.

2.7. Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Kullanım Alanları

2.7.1. Pazar Hacmi

Uzun yıllardır bilinmekte ve kullanılmakta olan RFT teknolojisi, özellikle son 2-3 yıldır yüksek bir kullanım hacmine ulaşmıştır.

Bunun en önemli sebebi, Wal-Mart, Metro Group gibi dünyaca bilinen ve geniş çapta faaliyet gösteren firmaların, RFT uygulamalarına başlaması ve hatta tedarikçilerinin de bu teknolojiyi kullanmalarını zorunlu kılmalarıdır.

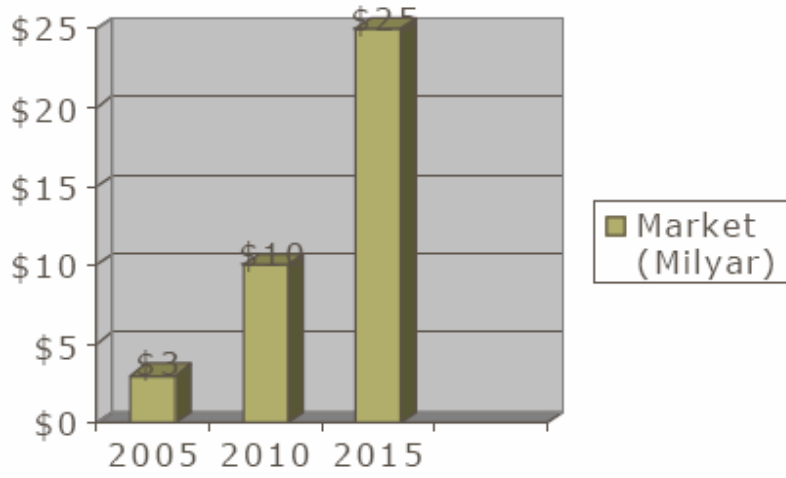
Büyük firmaların bu teknolojiyi nasıl uyguladıklarını izleyen diğerleri de kendi bünyelerine bunu uyarlamak için çalışmalara başlamaktadır. Bu şekilde başlayan ve halen devam eden birçok pilot proje bulunmaktadır.

Çeşitli pazar araştırması firmaları, RFT'nin şimdiye kadar ne oranda kullanıldığını ve gelecek dönemlerde kullanım oranında ne şekilde bir değişim olacağını incelemiştir. Bu çalışmalardan alınan sonuçlardan bazıları aşağıda belirtilmektedir: [5,10]

- RNCOS firması, "RFT Endüstrisi Analizi 2006" adlı pazar araştırması raporunda; RFT yazılım, donanım ve hizmetlerinin küresel pazarının 2010'a kadar 6,14 milyar dolara ulaşarak 2004'teki pazar değerinin üç katına çıkacağını tahmin etmektedir. Rapora göre, şu an RFT pazarı, perakende zincirleri aktivitelerinden büyük oranda besleniyor ve gelecek üç yılda eczacılık, paketlenmiş tüketici ürünleri ve otomotiv sanayileri tarafından daha büyük RFT harcamaları yapılacak.
- IDC danışmanlık firmasının verilerinde, 2007 RFT pazarının 2,7 milyar dolar olacağı belirtilmektedir.
- ARC Advisory Group adlı araştırma firmasının verilerine göre, gelecek 5 yıl içinde, *üretim sektöründe* RFT kullanımının %8.9 artacağı ve 2011'de pazarın 319,5 milyon dolara ulaşacağı belirtilmektedir.
- Frost & Sullivan adlı danışmanlık firmasının yaptığı araştırmaya göre, *perakende sektöründe* RFT pazar hacminin 2010'da, tüm dünyada 11,7 milyar dolara varacağı belirtilmektedir.
- IDTechEx firması, 2010'da pazarın 12,3 milyar dolara, 2016'da ise 26,2 milyar dolara varacağını ve ayrıca, 2016'da kullanılan etiket sayısının 2006'dakinin 450 katı olacağını öne sürmektedir.

- IDTechEx araştırma firmasının 2007 yılı başında yaptığı hesaplama göre, son 60 yıldır satılan RFT etiketlerinin toplam sayısı 3,752 milyardır. Bunların %19'u 2005, %27'si ise 2006 yılında satılmıştır. 2006'da 1,02 milyar RFT etiketi satılmış olmasına rağmen, bu miktar, daha fazla satış olacağı beklentisi içindeki pazarda hayal kırıklığına sebep olmuştur. IDTechEx, 2007'de 1,71 milyar civarında etiket satılacağını ve RFT pazar değerinin (donanım ve entegrasyon dahil) 4,96 milyar dolar olacağını öngörmektedir. Pazarın %58'inin Amerika'da, %33'ünün ise Avrupa'da olması beklenmektedir.

Birçok pazar araştırma firmasının belirttiği değerlere göre, RFT pazarının önümüzdeki yıllarda göstereceği değişimin aşağıdaki gibi olması beklenmektedir:



Şekil 2.9: Önümüzdeki yıllarda RFT pazarının beklentisi [10]

2.7.2. Radyo Frekansıyla Tanımlama Uygulamaları

RFT teknolojisinin kullanımı 1940'lara kadar uzanmaktadır. Savunma teknolojisinde uygulanan ilk örnekleri, günümüzde özellikle dünya çapında tanınan, perakendecilik alanında faaliyet gösteren şirketler başta olmak üzere, birçok lojistik ve üretim firması ile bazı hastanelerde devam etmektedir.

Teknolojide yaşanan gelişmeler, RFT sistemi kurma maliyetlerinin azalması ve performansında sağlanan artış sonucunda, RFT teknolojisi geniş bir uygulama hacmine ulaşmıştır. Gelecekte, yeni uygulamalarda kullanılması için de önemli bir potansiyel hazırlamıştır. Halen devam etmekte olan pilot projelerde, iş süreçlerinin otomasyonu ve optimizasyonu üzerinde çalışılmaktadır.

Günlük yaşamda ve iş dünyasında, birçok pratik çözüm getirmekte olan RFT teknolojisinin başlıca kullanım alanları şöyle sıralanabilir: [7,11]

- Üretim ve depolama sırasında ürün takibi
- Bitki ve hayvanların gözlenmesi
- Araç, ürün ya da insan giriş-çıkışlarının izlenmesi
- Hastanelerde hasta, cihaz, kan-serum vb. takibi
- Kayıp ve hataları önlemek amacıyla denetleme
- Bakım-onarım, arıza, sigorta vb. bilgilerin saklanması
- Tedarik zincirinde otomasyon, kontrol ve süreç optimizasyonu
- Temassız ödeme sistemleri

Aşağıda, RFT uygulamaları, kullanım alanlarına göre gruplanmakta ve örnekler verilmektedir:

2.7.2.1. Tedarik Zinciri Uygulamaları

Gillette–Tesco İşbirliği

İngiliz perakendeci Tesco ve tüketici ürünleri üreticisi Gillette, tıraş ürünlerinin fabrikadan tüketiciye kadar izlenmesi amacıyla, pilot bir tedarik zinciri verimlilik aracı uyguluyor.

Gillette ürünlerine RFT etiketleri yerleştirilerek Tesco mağazalarına gönderiliyor. Bu etiketler, her iki şirketin, envanterlerini her bir ürün bazında izleyebilmelerini, böylelikle kanal hacmini azaltmalarını ve tahmin etme ve planlama yetkinliklerini geliştirmelerini sağlıyor. Gillette, tıraş ürünlerini üretim noktasından satış noktasına kadar izleyebilirken, Tesco da raflarını ve envanterlerini daha hızlı ve verimli bir şekilde yenileyebiliyor. [11]

Rolls-Royce

Rolls-Royce, RFT teknolojisini, İngiltere'deki tedarik zincirinde, askeri ulaşım ve savaş uçakları ile helikopterlerinde kullanılan parçaların takibinde ve görüntülenmesinde uyguluyor. [11]

Amerikan Savunma Bakanlığı

Amerikan Savunma Bakanlığı, Ekim 2003'te, kendisine malzeme ve ekipman sağlayan tüm tedarikçilerinin, Ocak 2005'e kadar, gönderdikleri ürünlerinde (sıvılar, kum ve çakıl hariç) RFT etiketlerinin bulunmasını zorunlu kıldı.

Ancak, bilgilendirme eksikliklerinden dolayı belirtilen tarihte, tüm dağıtım merkezleri ve tüm ürünler için bu hazırlığın tamamlanması mümkün olamadı ve proje 3 aşamaya ayrıldı: [7,12]

1. Faz (1 Ocak 2005): Sadece Pensilvanya ve Kaliforniya'daki dağıtım merkezleri ve 4 ürün kategorisi için zorunluluk getirildi.
2. Faz (1 Ocak 2006): Değişikliğin yapılacağı askeri üslerin sayısı 32'ye çıkarıldı ve birçok ürün grubu eklendi.
3. Faz (1 Ocak 2007): Tüm ürün grupları ve tüm sevkiyat noktaları için hazırlıkların tamamlanması istendi.

İlk faz gecikmeli olarak tamamlanmış, ancak 2. ve 3. fazlarda, ilk kısımda yaşanan gecikmeye bağlı olarak tekrar ertelemeye gidilmiş.

Savunma Bakanlığı, belirli periyotlarda, tedarikçileriyle olan sözleşmelerini yeniliyor ve burada RFT kullanımına ilişkin istenilen koşulları belirtiyor. Hangi üründe ne şekilde etiketleme yapılacağına detayları bu şekilde firmalara belirtiliyor.

RFT teknolojisinin kullanılmasıyla, envanterin ve depolama tesislerinin yönetimi, depolama tesislerinden araziye transfer edilen ekipmanın takip edilmesi sağlanıyor. Bu sayede, işlemler otomatikleştiriliyor, lojistik maliyeti azalıyor ve malzemelerin kaybolması önleniyor.

2.7.2.2. Ödeme Sistemleri Uygulamaları

Otobilim

OPET tarafından bireysel tüketicilerin pompa başında daha kolay işlem yapabilmeleri için hayata geçirilmiş olan projeden ülke çapındaki yaklaşık 120 istasyonda yararlanılıyor.

Önemli bir zaman tasarrufu ve kolaylık sağlayan Otobilim sayesinde, tüm ödeme işlemleri kablosuz bir sistemle yapılıyor. Sistemi kullanan her müşterinin kredi kartı bilgileri kaydediliyor ve aracın kelebek camına bir logo yapıştırılıyor. Kullanıcının elindeki Otobilim anahtarlığı, bu logoya ya da pompadaki antene yaklaştırıldığında, sistem müşteriyi tanıyor, ilgili bankayla iletişime geçiyor ve alışveriş tutarını müşterinin kredi kartından tahsil ediyor. [13]

SpeedPass

ExxonMobil firması tarafından sunulan SpeedPass adlı ürün de Otobilim ile aynı yöntemi kullanıyor. Hem aracın üzerine hem de araç sahibinin anahtarlığına yerleştirilebilen etiketler ve uydu bağlantısı aracılığıyla, otomatik olarak ödeme yapılması sağlanıyor. [7]



Şekil 2.10: SpeedPass anahtarlığı ve SpeedPass kullanarak benzin alımı [7]

MasterCard PayPass

Temassız ödemeyi sağlayan, çip teknolojisine sahip olan MasterCard PayPass, düşük tutarlı harcamalarda tüketicilere nakit harcama yerine hızlı ve kullanımı kolay bir alternatif sunuyor.

Tüketiciler üye işyerlerinde, belirlenen bir miktara kadar olan harcamalarında, kartlarını PayPass uyumlu cihazların okuyucusuna doğru tutarak ödemelerini gerçekleştirebiliyor. Belirlenen harcama miktarı limitine kadar olan alışverişlerde, kartın "Dokun-Geç" özelliği kullanılırken, limit üzerindeki alışverişlerde normal kartlarda uygulanan imza ve Chip & Pin uygulamasına devam ediliyor. Şekil 2.11`de PayPass ödeme cihazı ve kartı görülmektedir. [14]

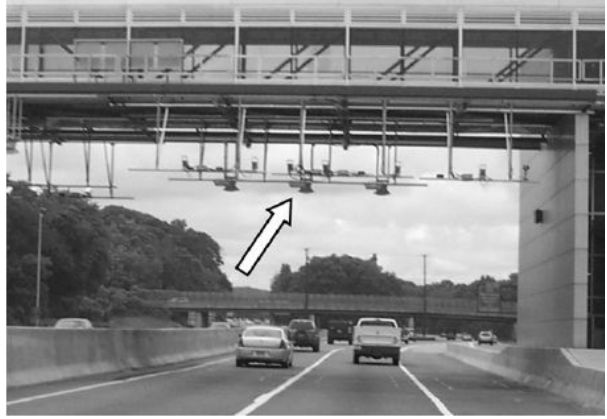
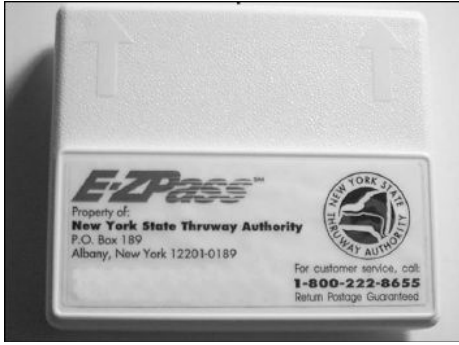


Şekil 2.11: PayPass Ödeme Cihazı ve kartı [14]

E-ZPass

Amerika`da yaygın olarak uygulanan bu sistemde, araçlarda Şekil 2.12`de görülen etiket bulunmaktadır. Araç, ödeme gişesine yaklaştığında, gişedeki okuyucular, etiketi aktive eder. Şifrelenmiş bir numara, etiketten okuyucuya iletilir. Okuyucu bu numarayı E-ZPass veritabanına gönderir. Veritabanından ne kadar ücret alınacağı bilgisi bulunur ve önceden yüklemeye yapılmış olan hesaptan bu tutar kadar düşülür. Kimi otoyollarda, alınacak ücret sabitken, kimilerinde ise aracın geçtiği güzergahlar dikkate alınarak hesaplama yapılır. Veritabanı bu ödeme işlemini işaretler (gün ve saat bazında), bir işlem numarası verir ve ödeme noktasını kaydeder. [7]

Daha sonra, yeşil ışık, geçidin açılması ya da sesli uyarı mesajı ile araca geçebileceği bilgisi verilir.



Şekil 2.12: E-ZPass etiketi ve otoyoldaki okuyucular [7]

Aynı yöntem, ülkemizde de Otomatik Geçiş Sistemi (OGS) adıyla uygulanmaktadır. Boğaz köprüsü, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü, Avcılar, Silivri, Çeşme, Torbalı, Seferihisar, Edirne ve daha başka birçok şehirdeki otoyol ve gişе alanında kullanılmaktadır. [15]



Şekil 2.13: Otomatik Geçiş Sistemi Etiketleri [15]

Toplu Taşıma (Akıllı Kartlar)

Akıllı kartların kullanımı şu şekilde: Araçlardaki okuyuculara doğru tutulan akıllı karttan, sistemde kullanılan tarifeye göre ücret alınıyor ve kartın bakiyesinden düşülüyor. Bu sırada, karta ulaşım bilgileri de saat, hat vb. kaydedilebiliyor. Yapılan her taşıt değişikliği için ayrı ücret alınması ya da belirli hatlarda aktarma yapıldığında, ücret alınmaması gibi ayarlamalar sistem kurucular tarafından yapılan tercihlere göre düzenleniyor. Kartta yeterli miktarda bakiye kalmadığında, okuyucuda uyarı alınıyor. Bu durumda, dolum terminalleri kullanılarak karta yükleme yapılması gerekiyor. [7]

Dünyanın en geniş çaplı akıllı kart uygulaması, Güney Kore`deki Seul Otobüs Birliği tarafından gerçekleştiriliyor. Projenin bu kadar büyük olmasının sebebi, birliğin 86 otobüs şirketini temsil etmesi ve 449 araç rotasının kullanılıyor olması. [7]

1996 yılında, başkent Seul`de, 8700 otobüse akıllı kart okuyucusu yerleştirilmiş. Akıllı kartların doldurulması için 5000 tane terminal bulunuyor. Şu anda 20 milyon civarında akıllı kart kullanımda ve bunlarla günde binlerce işlem gerçekleşiyor. [16]

Avrupa`daki en önemli uygulama ise Londra otobüs ve metrolarında 2002`de başlatılan projedir. 16.500 terminal ve 3 milyon akıllı kart kullanımdadır. [16]

Benzer toplu taşıma uygulamaları dünyanın birçok ülkesinde görülmektedir. Ülkemizde de önce İzmir`de başlatılan Kentkart projesi daha sonra Manisa, Adana, Kocaeli, Çanakkale, Bandırma ve Denizli`de de devreye alınmıştır.

Kentkart, kullanıcılarına para ve zaman kazandırmasının yanı sıra, işletmecilerin günlük istatistiksel raporlar doğrultusunda, hat planlamalarında kolaylık sağlar. Elektronik olarak bankada toplanan ücretler, ertesi gün araç sahiplerinin hesaplarına otomatik olarak geçer. Yakın bir zamanda, kentkartın toplu taşıma dışında, alışveriş, sinema vb. yerlerde de kullanılabilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Şekil 2.14`te, kentkartın okutulduğu, validatör adlı cihaz bulunmaktadır. [17]



Şekil 2.14: Kentkart okuma cihazı (validatör) [18]

2.7.2.3. Sağlık Alanındaki Uygulamaları

VeriChip

Florida'da bulunan VeriChip şirketi tarafından geliştirilen ve bir iğne yardımıyla deri altına yerleştirilen bilgisayar yongası, kimlik ve hastalık bilgilerini depolama ve tanımlama amaçlı kullanılıyor. Çeşitli güvenlik, acil durum ve sağlık bakım uygulamalarında kullanılabilme amacıyla geliştirilmiş.

Deri üzerinde bir tarayıcı gezdirildiğinde aktif hale geçen 1 mm uzunluğunda manyetik bir bobin kullanılıyor. Yonganın üzerinde bulunan bir verici de sürekli olarak verileri iletiyor. Bu yonganın prototipi 126 karakter depolayabiliyor ve ancak elle tutulabilecek bir tarayıcıdan geçirildiğinde okunuyor. Kişinin onaylama numarası görüntüleniyor ve hasta ile ilgili sistemde kayıtlı olan bilgilere ulaşıyor. [19]

Doktorun bilgisayarında, otomatik olarak hastaya ait detaylı bilgiler yer alıyor. Bu sayede, hastalara daha doğru ve hızlı teşhis konulması ve tedavi yapılması sağlanıyor.

Üretici firma, yonga okuyucularını hastaneler, ambulans, araştırma ve kurtarma birimlerinin kullanmasıyla, bu hizmetin standartlaşmasını hedefliyor.

Şekil 2.15`te, hastalara yerleştirilen çiplerin, tarayıcı ile okunması gösteriliyor. Tarayıcının ekranında beliren numara ile veritabanından ilgili hastanın bilgilerine ulaşılması ve bu bilgilerin, doktorun ekranına nasıl aktarıldığı ise Şekil 2.16`da görüntüleniyor.

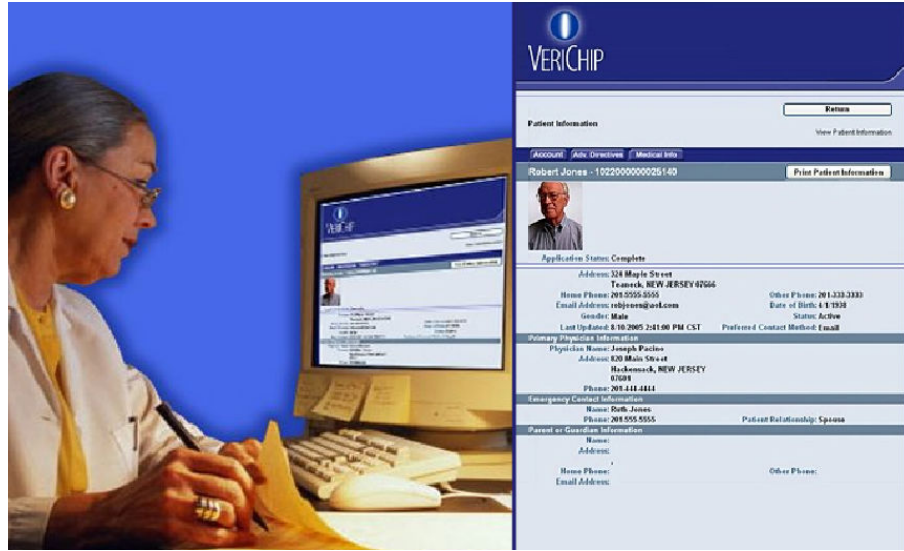
SBS - Jacobi Tıp Merkezi

Siemens Business Services, New York'taki Jacobi Tıp Merkezi ile RFT test projesini yürütmek üzere çalışma yapıyor. Proje kapsamında, Jacobi Tıp Merkezi'ne yatırılan hastalara, özel hasta numarasını içeren RFT çipli bir bilek bandı takılıyor.

Böylece doktor ve hastabakıcılar, RFT okuyucuları ve PDA kullanarak hastanın tüm kimlik ve sağlık bilgilerine, hastane içindeki yerine, aldığı ilaçlara, hastaya uygulanan operasyon detaylarına birkaç saniye içinde ulaşabiliyor. Her ay 2 binin üstündeki hastadan 200'ü bu pilot projede yer alıyor. [11]



Şekil 2.15: Hastalara yerleştirilen çipin okunması [19]



Şekil 2.16: Taranan çipteki hasta bilgilerinin doktora iletilmesi [19]

2.7.2.4. Giriş-Çıkış Kontrolü Uygulamaları

Barkod veya manyetik şeritli geleneksel kimlik/yaka kartı uygulamalarında, kullanıcı kartını eliyle okuyucudan geçirmek durumunda kalıyor. Mevcuttaki bu kartların yerini alması öngörülen RFT etiketli kartlarda ise, giriş yapılacak alana yaklaşıldığında, kişinin yetkisi kontrol edildikten sonra kapı otomatik olarak açılıyor. [7]

Bu uygulama, genellikle işyerlerinde, personel giriş-çıkışları için kullanılıyor. Kapının otomatik olarak açılmasının yanı sıra, personelin bina içindeki yeri, ne zaman nereye girdiği, ne kadar kaldığı tam olarak biliniyor ve giriş-çıkış kontrolleri yapılabiliyor.

Giriş-çıkış kontrolleri, işyeri uygulamasına benzer şekilde aşağıdaki alanlarda da kullanılıyor:

- Okul ve üniversitelerdeki öğrenciler ve çalışanlar:

Malezyalı anne babaların, çocuklarının nerede olduklarını RFT sayesinde izleyebilmeleri kısa bir süre içinde mümkün olacak. Çocuklar bir bileziğe yerleştirilmiş ya da okul üniformasına veya bluzaya dikilmiş pasif bir RFT çipi taşıyacak. RFT okuyucuları okul servislerinin içleri ile okul girişlerine bağlanacak ve bir Wi-Fi (Kablosuz Doğrulama) bağlantısı üzerinden merkezi bir sunucuya iletişim kuracak. RFT okuyucusu çocuğun okul otobüsüne bindiği ve otobüsten indiği, okul binasına vardığı ve binadan ayrıldığı zamanların kaydını tutacak. Her defasında çocuğun anne ya da babasına bir kısa mesaj yollayacak. Bu, okul giriş-çıkışlarının denetlenmesi ve daha önemlisi, anne babaların çocuklarının okula ve eve varışlarını izleyebilmeleri bakımından faydalı oluyor. [20]

- Seminer ve fuarlardaki görevliler ve ziyaretçiler :

Hangi semineri kaç kişinin dinliyor olduğu, fuarı kaç kişinin ziyaret ettiği, en çok talebi hangi fuar alanının aldığı vb. birçok sorunun cevabı, izleyicilerin taşıdığı akıllı etiketlerle kolayca bulunabiliyor. Örnek olarak, 2005 Canon Fuarı (Paris) `nda 15.000`in üzerinde ziyaretçinin kayıtları ve takibi RFT`li kimlik kartları ile sağlandı.

- Kültür, sanat ve spor etkinliklerindeki seyirciler:

2006 Dünya Kupası maçlarında, maç biletlerine RFT etiketleri yerleştirilmesi, sahte bilet kullanılmasını engellemek ve seyircilerin doğru kapıdan giriş yapmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştı.

ABD Sınır Uygulaması

ABD Ulusal Güvenlik Bakanlığı, Kanada ve Meksika sınırlarındaki beş noktaya yerleştirdiği RFT sistemi aracılığıyla giriş ve çıkışları kontrol etmeyi ve böylece, sınır güvenliğini artırarak olası suç ve terör aktivitelerinin önlenmesini amaçlıyor. Ulusal Güvenlik Bakanlığı'nın yaptığı açıklamaya göre, bu sınırlardaki bazı noktalarda araçların kablosuz yongalar bulundurması zorunlu olacak. ABD vatandaşı olmayanlara ülkeye girdiklerinde, bir kereye mahsus olmak üzere, kişisel bilgilerin yazıldığı RFT yongasını barındıran bir belge verilecek ve altı ayda bir bu belgenin yenilenmesi ile kontrol sağlanacak. [11]

Pasaportlarda RFT

Amerika`da Ağustos 2006`dan bu yana, pasaportlara RFT çipleri konuyor. 2017`ye kadar ülkedeki tüm pasaportların bu şekilde değiştirilmesi planlanıyor. Benzer uygulama, Almanya, Hollanda, Norveç, Malezya ve birçok ülkede kullanılıyor.

2.7.2.5. İlaç Sektörü Uygulamaları

İlaç firmaları, ilaçların çalınmasını ve taklitlerinin üretilmesini engellemek amacıyla, ilaç paketlerine RFT etiketleri yerleştirmeye başladı.

Purdue adlı ilaç firması, çok sık kullanılan ve bu nedenle çalınma tehlikesinin fazla olduğu ağrı kesici bir ilaç üzerinde bunu uyguluyor. OxyContin adlı bu ilacın 100`lük kutularının izlenmesi ve kontrolü, üzerlerindeki RFT etiketleri ile yapılıyor.

Amerikan Gıda ve İlaç Birliği, ilaç sektöründe RFT`nin kullanımına ilişkin araştırma yapmaları ve karşılaşılan sorunları incelemeleri için bir grubu görevlendirdi. Bu teknolojiyi kullanmak isteyen firmaların, bu gruba başvurmaları ve böylece işlemlerinin kolaylanması amaçlanıyor.

2.7.2.6. Üretimdeki Uygulamaları

Otomotiv ve beyaz eşya gibi çok fazla malzemenin bir araya getirilmesiyle yapılan üretimlerde, RFT teknolojisinden yararlanarak üretim hızı ve kalite düzeyi artırılıyor. Özellikle tam zamanında üretim yapılan işletmelerde, zamana karşı yarışıldığından, RFT teknolojisi oldukça önemli avantajlar sağlıyor.

Ürün ile ilgili, seri numarası, üretim tarihi, model ve revizyon numarası, ürünün içerdiği parçalar ve üreticileri, garanti bilgileri, vb. detayların etikete kaydedilebilmesi, izlemede kolaylık yaratıyor. Stok bilgilerinin tedarikçiler ile gerçek zamanlı paylaşılması tedarik süresini kısaltıyor ve gecikmeler ya da ihtiyaç dışı stok oluşmasını önüyor.

2.7.2.7. Depolardaki Uygulamaları

Depo sahasına gelen kamyonların girişlerinin bilgisayar sistemi tarafından yetkilendirilmesi, giriş-çıkış yapan kamyonların hangi firmadan, hangi ürünü getirdiği, ya da hangi firmaya gidecek ürünü teslim almak üzere geldiği izlenip bu işlemlerin ürün kontrol sistemine aktarılması ile zaman ve işgücü kaybı en aza indiriliyor.

Mal kabulü sırasında, koli, kutu vb. ürünler üzerindeki etiketlerden, hangi malların geldiği ve nereye yerleştirileceği bilgilerinin okunmasıyla birlikte, ürün yönetim sistemine bu mallar için giriş yaratılıyor.

Ürünlerin depo yönetim sistemi tarafından belirlenen en uygun adrese yerleştirilmesi sırasında, etiketler RFT terminali ile okunuyor. Sistem, doğru adrese konulmuş palet için yerleştirme onayı veriyor. Adres yanlış veya dolu ise RFT terminali yardımıyla sisteme hata kodu gönderiliyor ve yerleştirmenin düzeltilmesi gerekiyor.

2.7.2.8. Kütüphane Uygulamaları

Kitapların arkalarına yerleştirilen etiketlere kitap bilgileri, kitabın kütüphanenin hangi bölümüne ait olduğu, kimler tarafından ne zaman ödünç alındığı, ne zaman geri getirildiği gibi bilgiler kaydedilir. Kitapların ait oldukları raflara konulmaları sağlanırken, ödünç alma-iade işlemleri otomasyonu kullanılır ve hızlı bir şekilde tasnif-yerleştirme işlemleri gerçekleştirilir. Kütüphanelerde, kitap ödünç almak ya da iade etmek isteyenler için ayrılmış bazı istasyonlar vardır. Kullanıcılar bunlar aracılığıyla, işlemlerini kolay ve hızlı bir şekilde tamamlayabilmektedirler. [20]

Berkeley Kütüphanesi, Connecticut Üniversitesi Kütüphanesi ve Kanada'daki Markham Halk Kütüphanesi, RFT'nin kullanıldığı kütüphanelere örnek olarak verilebilir.

2.7.2.9. Lojistikteki Uygulamaları

Lojistik uygulamalarında en büyük zorluklardan biri, palet ve konteyner gibi envanterlerin izlenebilirliğidir. Envanter üzerine yerleştirilen RFT etiketi ve lokasyonda konumlandırılacak RFT okuyucuları ile bunların hareketlerini, nerede ve kimin tarafından kullanıldığını, hangi ürünleri taşıdığını görmek mümkündür. Böylece, kullanılmayan varlıkların değerlendirilmesi ve verimliliğin artırılması sağlanmaktadır.

Ayrıca, hırsızlık ve kötü kullanım gibi sebeplerden dolayı yaşanan envanter kayıpları azaltılmaktadır. Lufthansa ve Air France`ın her yıl envanterinin %5-6`sını kaybettiği göz önüne alınırsa, bu teknolojinin önemli bir fayda getireceği düşünülmektedir.

Bir başka kullanım yeri ise, araçların bakımlarıyla ilgilidir. Araçlara yerleştirilen RFT etiketlerinde, periyodik olarak yapılan bakım hizmetleri, garanti süreleri gibi bilgiler saklanabilmektedir. Sistem, sahip olduğu bu bilgiler sayesinde, bakım dönemi gelen araçlarla ilgili uyarı vermekte ve daha önce yapılmış işlemlerle ilgili kayıtları görüntülemektedir.

Migros`ta RFT

Migros, Sun Microsystems ile RFT teknolojisi kullanımı için 5 yıllık işbirliği anlaşması imzaladı. Bu işbirliği çerçevesinde, RFT teknolojisini iş süreçlerine dahil eden Migros, Gebze RFT Test Merkezi'nde başlattığı Ar-Ge çalışmalarını, tedarikçilerini de kapsayacak şekilde sürdürmeyi hedefliyor.

RFT teknolojisiyle ilgili olarak organizasyon, mağaza ve lojistik olmak üzere ikiye ayrılmış. Yapılan incelemeler sonucunda, Türkiye'de henüz RFT teknolojisinin mağaza tarafında kullanılacak düzeye ulaşmadığı görülerek bu teknolojinin öncelikli olarak lojistik faaliyetlerinde kullanılmasına karar verilmiş. Daha sonra mağaza içindeki organizasyonun da değiştirilmesi planlanıyor.

2.7.2.10. Otel Uygulaması

Las Vegas'taki The Wynn adlı otelde, kumar oynamak isteyenler, otel için özel olarak tasarlanmış, içlerinde RFT yongaları bulunan fişlerden alıyor. Bu sayede, otelin ana bilgisayarını, hangi müşterinin cebinde ne kadar fiş olduğunu, hangi masaya kaç para yatırıldığını ve mekanın hangi bölümünde kazanıp hangisinde kaybettiğini anlık olarak takip edebiliyor.

2.7.2.11. Akıllı Temizlik Süpürgesi

Akıllı temizlik süpürgesi, RFT teknolojisinin robotlarda nasıl kullanıldığına ilişkin ilginç bir örnek oluşturuyor. Yaklaşık 40 cm çapında olan akıllı robot evin ortasına yerleştiriliyor. Robot halkalar oluşturarak ilerliyor ve bu sırada yerleri temizliyor. Duvara çok yaklaştığında, bunu algılayıp yönünü değiştiriyor, hatta merdiven gibi yükseklik farkı olan bölgelere geldiğinde duruyor ve daha ileriye gitmiyor. Gittiği her yeri hafızasına kaydediyor, böylece en fazla bir hafta içinde evin haritasını ezberliyor ve evde kimse yokken evi sürekli temiz tutuyor. Toz torbası dolduğunda özel bir kaba bunu boşaltıyor, hatta enerjisi bitmek üzereyken gidip kendisini prize takıyor. Prize yerleştirilen özel bir aparat, RFT ile nerede olduğunu sürekli robota bildiriyor ve kirli toz kabı yerini RFT ile robota sürekli ulaştırıyor.

2.7.2.12. Intermec – NASA Ortaklığı

Intermec ve NASA otomatik tanıma takip sistem teknolojilerini araştırmak için ortak olarak çalışmaya başladı. Intermec, 2007 Temmuz'unda yapılacak MISSE 6 (Materials International Space Station Experiment 6) için çeşitli RFT etiketleri hazırlayacak.

Etiketler, aşırı radyasyon, oksijensiz kalma ve düşük yerküre yörüngesinde kirlilik ve zehirlilik gibi aşırı etkilerden sonra bile okunabilir kalabilmeleri bakımından test edilecek ve gelecek uzay araçlarında kullanılması için değerlendirilecek. [11]

2.7.2.13. Geleceğin Mağazası (Future-Store)

Metro Group ile SAP, Intel, IBM, Procter&Gamble, Boston Consulting Group gibi dünya devleri arasındaki ortaklıkla başlatılan “Geleceğin Mağazası Girişimi” (Future Store Initiative), teknolojinin perakendecilikteki pek çok uygulamalarını içeriyor. Almanya Rheinberg’de, Metro’ya ait olan “Geleceğin Mağazası”, Nisan 2003’ten beri özellikle RFT uygulamalarına örnek teşkil ediyor.

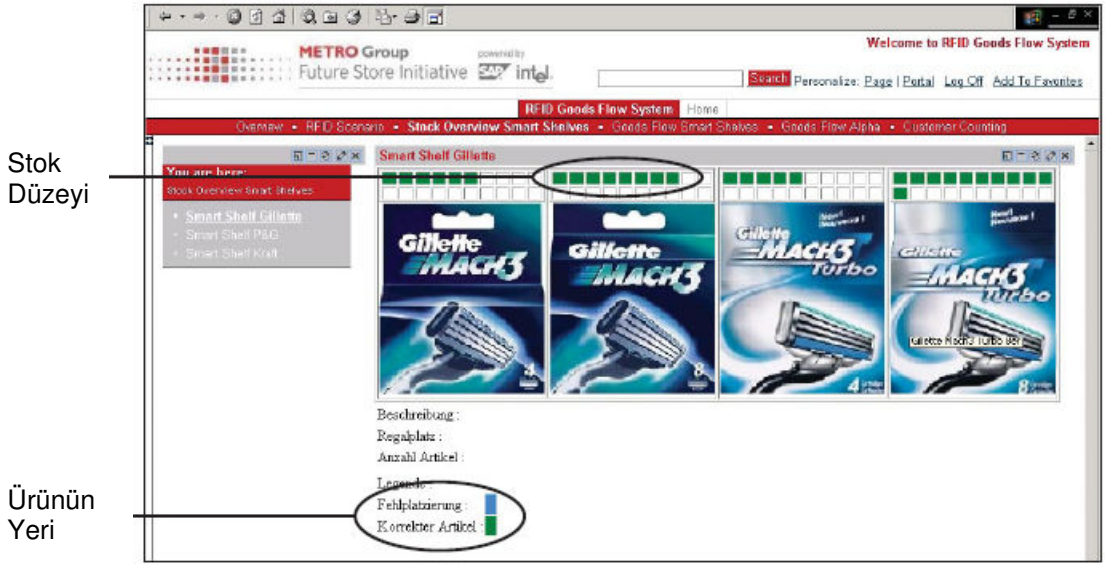
Mağazada barkodların yerini alan RFT etiketleriyle, ürünleri paletlere ve kolilere konulmasından itibaren takip edebilen sistem, ürünün depoya girdiğini ve rafa konulduğunu takip ediyor. Akıllı raf teknolojisi sayesinde, mağaza içindeki raflarda bulunan ürün sayısı, bilgisayar tarafından takip edilip raftaki ürün adeti azaldığında, depo personeline rafa yeni ürün getirmesi için talimat veriliyor. [6]

Geleceğin Mağazası`nda, stokta bulunan tüm ürünlerin sayısı gerçek zamanlı olarak biliniyor, hatta bu bilgiler tedarikçi ile güvenli internet kanalından paylaşılarak satın alma işlemi otomatikleştiriliyor. Böylece, maliyet optimizasyonu sağlanıyor ve ürünler rafta daha etkin bir şekilde sergileniyor.

RFT, depo ve raf stoğunu yönetmenin yanı sıra, sepete koyulan ürünün özelliklerini müşteriye bildirebiliyor. Müşteri, raflardaki ve sepetlerdeki ekranlardan, ürünle ilgili reklamları ve promosyonları görebiliyor. Ana sistem tarafından radyo dalgalarıyla yönetilen elektronik raf etiketlerindeki fiyatlar, sisteme yeni bir ürüne ait fiyat girişi yapıldığında ya da mevcuttaki bir fiyat değiştirildiğinde, birkaç saniye içinde raflarda güncelleniyor. Bu sayede, hatalı fiyatlandırma yapılması önleniyor. [6]

Mağazada kullanılan RFT teknolojisi, çalışanlara da kolaylıklar sunuyor. Akıllı etiketler ile takip edilen raflarda, bir ürün azaldığı ya da kalmadığı zaman, ilgili görevlinin el bilgisayarına bir uyarı mesajı ve eklenmesi gereken ürünün depoda bulunduğu yerin bilgisi geliyor. Görevli, belirtilen miktardaki ürünü raflara koyarak hem müşteri memnuniyetsizliğini önüyor, hem de raf yerleşim dengesini kurmuş oluyor.

Ürünlerin mağaza içindeki akışı, yerleştirilmelerinin doğru olup olmadığı, stok seviyeleri vb. bilgiler, ilgili kişiler tarafından çeşitli ekranlardan izleniyor.



Şekil 2.17: Akıllı Raf Monitörü [6]

Şekil 2.17`de, Geleceğin Mağazası`nda kullanılan bu ekranlardan biri olan “Akıllı Raf Monitörü” görülüyor. Üst kısımda, ürünlerin stokta ne kadar bulunduğu, alt kısımda ise, ürünlerin doğru yerlerde bulunup bulunmadığı görüntüleniyor.

Geleceğin Mağazası`nda uygulanan diğer yeniliklerden bazıları ise şöyle: [6]

- Akıllı soyunma kabinlerinde, optik okuyucular bulunuyor. Kabinler, kıyafetlerin üzerindeki RFT etiketlerini algılıyor ve bilgisayar ekranında müşteriye ürün hakkında bilgi sunuyor. Öncelikle, müşterinin görüntüsü tanıyor ve kabindeki ekrana yansıtılıyor. Daha sonra, müşterinin seçtiği ürün sanki müşteri ürünü giymiş gibi ekranda gösteriliyor. Müşteri, kumaşın özelliği, yıkama seçenekleri, ürünün mağazada mevcut olan bedenleri ve renk tonları vb. detayları öğrenebiliyor. Bunlara göre seçimini yaparak üzerinde nasıl duracağını görüyor ve hangi ürünü alacağına karar veriyor.
- Mağazanın şarküteri reyonlarında çalışanların kollarında RFT vericisi bulunuyor. Çalışanlar tartılara yaklaştığında, tartının kimin tarafından kullanıldığı yazılıyor ve böylece kimin ne zaman, ne kadar satış yaptığı gibi bilgilere ulaşılabilir.
- RFT etiketi olan paketlenmiş et ürünleri, bilgi teminallerinde okutulduğunda, etin hangi hayvana ait olduğu, nerede yetiştirildiği gibi bilgiler görüntülenebilir.
- Kişisel Ödeme: Müşteriler kendi ürünlerini toplu halde okuyucudan geçiyor, paketleniyor ve ekranda görülen toplam ücreti nakit ya da kredi kartı ile ödeyebilir.

Süreç tamamlanınca, ürünler üzerindeki RFT etiketleri otomatik olarak etkisiz hale getiriliyor. (Şekil 2.18)



Şekil 2.18: RFT ile Kişisel Ödeme Kasası [6]

2.7.2.14. Mali Takipteki Uygulamaları

Ülkemizde, Maliye Bakanlığı, motorlu taşıtlarda çipli taşıt tanıma sistemini devreye sokmaya hazırlanıyor. Yeni sistem, mali takibin yanı sıra çalıntı araçların bulunmasında da kullanılacak. Öncelikle, akaryakıt istasyonlarında taşıt kimlik birimleri kurulacak, ardından motorlu kara taşıtlarına monte edilen ve hafızasında taşıta ait çeşitli bilgileri taşıyan elektronik cihazlar, akaryakıt alımı sırasında bu bilgileri otomatik olarak pompalara bağlı yazar kasalara iletecek. Sistem, akaryakıt alımı sırasında, pompa tabancasının taşıtın yakıt deposunun girişine yaklaştırılmasıyla çalışmaya başlayacak ve taşıt kimlik birimindeki programlı bilgiler, taşıt ve pompadaki cihaz vasıtasıyla yazar kasaya aktarılacak.

Taşıtların satılması ya da plaka değişikliği durumunda, taşıt kimlik biriminde yapılacak güncelleme de, üretici veya ithalatçı kuruluşlarca gerçekleştirilecek. Taşıtların kimlik biriminde, taşıtın plaka bilgisi ile motor ve şasi numarası bulunacak. RFT ile çalışan çipli kartlar, araçların ön camına ya da benzin kapağının yan tarafına yapıştırılacak. Bu kartlar, ödeme kaydedici cihazlarla iletişim kurabilecek. Her taşıt kimlik birimi, yurt genelinde bütün ödeme kaydedici cihazlarla iletişim sağlayabilecek.

Taşıtların satılması ya da plaka değişikliği durumunda, taşıt kimlik biriminde yapılacak güncelleme de, üretici veya ithalatçı kuruluşlarca gerçekleştirilecek. Taşıtların kimlik biriminde, taşıtın plaka bilgisi ile motor ve şasi numarası bulunacak. RFT ile çalışan çipli kartlar, araçların ön camına ya da benzin kapağının yan tarafına yapıştırılacak. Bu kartlar, ödeme kaydedici cihazlarla iletişim kurabilecek. Her taşıt kimlik birimi, yurt genelinde bütün ödeme kaydedici cihazlarla iletişim sağlayabilecek.

2.7.2.15. Diğer Uygulamalar

- Havaalanlarında bagajların takip edilmesi. (Hong Kong havalimanı, Las Vegas havaalanı, Delta Havayolları)
- Evcil hayvanlara yerleştirilen RFT çipleri ile kaybolan hayvanların bu sayede bulunabilmesi.
- Hayvanlarla ilgili araştırma yapan bilim adamlarının, onların hareketlerini ve yaşam döngülerini, içlerine konulan çipler aracılığıyla izleyebilmesi.
- Genetik araştırmalarda kullanılan bitkilerde, büyümenin gözlenmesi.
- Spor yarışlarında, özellikle maratonlarda, atletlerin ayakkabılarına yerleştirilen etiketlerle, koşu boyunca izlenmeleri.
- Otomobillerin anahtarsız çalıştırılabilmesi: Toyota Prius ve Avalon, Lexus LS ve GS, Audi A6 ve A8, BMW, Mercedes ve Cadillac'ın bazı modelleri anahtar kullanılmadan, içinde çip bulunan bir cihaz ile çalıştırılabilmektedir. Otomobil, çipteki kimlik numarasını ve motorun en son durdurulduğu zaman üretilen kodu okur ve bunları karşılaştırır. Eğer eşleştirme doğru sonuçlanırsa, araç çalıştırılabilir.

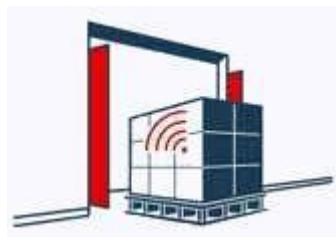
Bölüm 2.7.2`de açıklanan RFT uygulamalarında, işleyişe göre farklılık gösteren etiket okuma yöntemleri, Şekil 2.19`da verilmektedir. Bunları, verilen RFT kullanım örnekleriyle ilişkilendirirsek; (a), perakende sektörü ve kütüphanelerde, (b), üretim sektöründe, (c) ve (d), perakende, depo, lojistik uygulamalarında kullanılmaktadır.



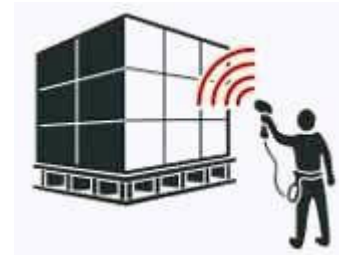
(a) Ürün Takibi



(b) Bant Okuma



(c) Kapıda Okuma



(d) Stok Yerinde Okuma

Şekil 2.19: Etiket okuma yöntemleri [20]

2.8. Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Avantajları

Günümüzde, çeşitli sektörlerde, özellikle de alanında öncü firmalarda uygulanan ve halen birçok firmada pilot denemeleri süren RFT teknolojisi, doğru altyapı çalışmaları ve gerekli yatırımların yapılmasıyla firmalara birçok avantaj sağlamaktadır. Bu avantajları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür: [21-24]

- Manuel operasyonlarda azalma sağlar.
- Operasyon maliyetlerinde ve sürelerinde iyileşme getirir.
- Operasyon verimliliğini artırır.
- Ürünlerin tedarik zinciri ya da üretim hattı boyunca anlık olarak izlenebilmesini sağlar.
- Gerçek zamanlı takibe olanak tanıdığından, esneklik yaratır ve gerekli müdahaleler için zaman kaybedilmesini engeller.
- İşletmelerde ve mağazalarda, stok durumunu izlemede etkin çözümler sunar. Bu, siparişlerin yönetilmesi ve tedarikçi işbirliği için de fayda sağlamaktadır.
- Hırsızlık ve kayıpları önleyici kontrol mekanizması oluşturur.
- Hatasız ve hızlı bir şekilde veri toplanmasını sağlar.
- Yatırımın geri dönüşünü hızlandırır.
- Müşteri memnuniyetini ve marka bütünlüğünü artırır .
- İş ortaklarıyla ilişkileri güçlendirir.

2.9. Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Taşıdığı Belirsizlikler

RFT yongalarının kullanımının artması ile birlikte bu teknolojinin sağladığı avantajların yanısıra, birtakım riskleri ve belirsizlikleri de gündeme gelmeye başlıyor. Bu teknolojinin yaygınlaşması ve hakkında daha fazla bilgiye sahip olunmasıyla, şu an net olmayan konulara daha rahat açıklık getirileceği ve gerekli önlemlerin alınabileceği düşünülüyor.

Kişilerin özel hayatına girilebilecek olması, her an takip edilebilme olasılığı, bulunulan yerin tespit edilmesi, bu nedenle tehlikeye açık olunması ve etiketlere virüs bulaştırılarak yanlış veri gönderilmesi, RFT'nin sağladığı üstünlüklerin yanında akla gelen ve hala belirsizliğini koruyan konuların başında geliyor.

RFT teknolojisinin henüz netleştirilemeyen ve riskli olarak görülen özellikleri aşağıda açıklanmaktadır: [22,24-28]

1. RFT etiketlerinin mağazadaki malların kontrolü için kullanımı elverişli olsa da, çantalarda, alışveriş arabalarında ya da cüzdanlardaki eşyaların kullanıcısı farkında olmadan, uzaktan algılanması ve taranması gizlilik ve mahremiyetin korunması açısından pek hoş karşılanmıyor. Birçok kişi, bunu özel yaşamlarının sınırlandırılması ve tehdit olarak gördüğü için bu teknolojinin kullanılmasını onaylamıyor.

Hazırlanan bazı internet sayfalarında, bu teknolojinin karşıtı olan fikirler açıklanıyor ve tüketicilerin özel hayatını yok edecek bir gelişme olduğundan bahsediliyor. Radyo frekansıyla tanımlama yapan firmalara ait ürünlerin tercih edilmemesi yolundaki çabalar ise azımsanmayacak kadar büyük. Gelişmiş ülkelerde, RFT teknolojisini kullanan ürün ve firmaların boykot edilmesine yönelik çağrılar yapan tüketici grupları, şimdiden bazı firmaların (Benetton örneğinde olduğu gibi) bu teknolojiye geçmelerini engellemeye başladı. Firmaların, RFT teknolojisiyle ilgili bu tür algılamaları dikkate alarak halka gerekli bilgilendirmeleri yapmaları ve gizliliğe saygı çerçevesinde önlemlerini almaları gerekiyor

2. RFT teknolojisinin yaygın kullanımı ile birlikte ortaya çıkacak olan büyük miktarda verinin nasıl depolanacağı, kullanılacağı ve varolan altyapının bu yeni bilgi yükünü karşılamaya yetip yetmeyeceği gibi konularda bilgi işlem yöneticileri endişe duyuyor. Bu sorunu aşabilmek için bilgileri filtreleme ve depolama yöntemleri ile ilgili ciddi çalışmalar yapılması gerekiyor.

3. RFT'nin kullanılmasıyla birlikte, verilerin gizliliği ve güvenliği kavramları daha da fazla önem kazanıyor. Kuruluşlar, bilgilerinin güvenliğini ve bütünlüğünü sağlamak için eskisinden çok daha katı kuralları yerine getirmek ve dikkatli davranmak zorunda kalacak.

Bunu denetleyebilmeleri için, kimin hangi bilgi kaynaklarına erişimi olduğunu bilmeleri, erişim değişikliklerini izlemeleri, sonuçlarla ilgili raporlar oluşturmaları ve geçmiş kaydı tutmaları gerekecek. Bunları yapmayarak yasalara uygunluğu tehlikeye atan ve genel güvenliği etkileyen sorunlarla başa çıkamayan şirketler, yasal açıdan zor duruma düşebilir.

4. RFT uygulamalarında, kurulan sistemin altyapı özelliklerinden dolayı bazı sorunlar çıkabilmektedir. Sistemin çalışacağı ortamın iyi analiz edilmesi ve gerekli iyileştirme önlemlerinin alınmasıyla, bu sorunların çözülmesi mümkündür. En sık karşılaşılan problemler şunlardır:

“Okuyucu karışması”, yani farklı okuyuculardan gönderilen sinyallerin çakışması ve “etiket karışması”, yani çok fazla sayıda etiketin aynı anda bir okuyucu tarafından aktive edilmesi ve sinyallerini okuyucuya aynı anda geri göndermeye çalışmaları, bunlardan en önemli ikisidir. Bu çakışmaların önlenmesi için çeşitli uygulamalar (anti-collision) mevcuttur ve bunların kullanılması problemleri büyük ölçüde önlemektedir.

RFT sisteminin kurulduğu ortam da problemsiz çalışmayı sağlamak bakımından büyük önem taşımaktadır. Mesela, yüksek frekanslı dalgalar su içinde emilirken, metal nesnelere de etkilenmektedir. Dalgaların emilimini azaltmak için, etiketlerin yerleşimi ve konumu değiştirilerek çözüm bulunmaya çalışılmaktadır.

Uygulamanın başarılı olması için sistem tasarımında bahsedilen bu ve benzer teknik konulara dikkat edilmeli, mümkün olduğunca, uzman ekiplerden destek alınmalıdır.

5. RFT standartlarının tam oturmamış olması, diğer bir belirsizlik unsurudur. Etiket standartları yeni oluşmaya başladı. Şu anda, en çok EPC ürün tanımlama standardı kullanılıyor. Öncelikle, etiket standartlarının oturması, ardından kullanılan frekans değerlerinin standartlaşması gerekmektedir. Böylelikle, sadece firmaların kendi içlerinde kullandıkları kapalı sistemlerden açık sistemlere geçilebilecektir. Bu da farklı ülkelerin, firmaların RFT uygulamalarının birbirini tanımasını sağlayacak ve teknolojiyi yaygınlaştıracaktır.

6. Henüz, RFT teknolojisinin sağlık üzerine nasıl bir etkisi olacağı tam olarak bilinmiyor. Olumsuz bir etkisi kanıtlanmamış olsa da, radyo frekanslarının sağlık bakımından bazı tehlikeler barındırdığı biliniyor.

7. RFT etiketlerinin güvenlik açıklarının neler olduğu ve nasıl kullanılacakları hakkında her geçen gün daha fazla bilgi ediniliyor. Etiketlerin taşıdığı verilerin değiştirilmesi, silinmesi ya da sinyallerin bloke edilmesi gibi durumların gerçekleşme olasılıkları ve ne şekilde yapılabileceği inceleniyor.

Amsterdam'daki Vrije Üniversitesi'nden bazı araştırmacıların RFT ve virüslerle ilgili yayınladıkları bir bildiri, RFT etiketlerinin, bütün bir sistemi etkileyebilecek bir bilgisayar virüsünü bulaştıracak bir araç olarak kullanılabilmesi belirtildi. Bildiri, bir RFT etiketinin sınırlı ara belleğinin tipik olarak 90 ile 100 byte arasında değiştiği ve bunun zararlı kodun saklanması sağlayacak kadar bir alan sunduğu ifade edildi.

Özellikle büyük firmalar ya da özel ürünlerle çalışan firmalar için verilerinin güvenliği ve bütünlüğü büyük önem taşımaktadır. Bahsedilen yollarla etiketteki bilgilere zarar verilmesinin engellenmesi için gerekli yöntemlerin bulunması acil bir ihtiyaç durumundadır.

2.10. Türkiye`de Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisine Yaklaşım

BMW gibi araba üreticileri, Boeing gibi uçak üreticileri, Wal-Mart, Metro ve Migros gibi çeşitli süpermarketler tedarik zinciri çözümlerinde radyo frekansıyla tanımlama teknolojisini kullanıyor ve birlikte iş yaptıkları firmalara da bunu zorunlu kılıyor.

Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı, Savunma Lojistik Birimi bünyesinde 2005 yılından beri depo yönetimi çözümlerinde radyo frekansıyla tanımlamadan yararlanıyor. ABD Savunma Bakanlığı, RFT'nin el değmeden işlem yapmayı sağlayarak stok yönetimini kolaylaştırdığını ve hızlandırdığını, böylelikle daha iyi kaynak yönetimi ve işlem takibi sağlayarak büyük miktarlardaki demirbaşın dahi kolaylıkla tanımlanabildiğini belirtiyor.

Bu örneklerden de görebileceğimiz gibi, RFT teknolojisi ve EPC uygulamalarının tedarik zinciri yönetiminde daha da ön plana çıkacağı ve bazı operasyonları temelden değiştireceği anlaşılıyor. Giderek bu teknolojinin daha geniş bir kullanım hacmine erişeceği yapılan araştırma ve incelenen uygulamalar sonucunda öngörülüyor. Bu nedenle, ülkemizdeki firmaların RFT teknolojilerini benimsemeleri ve kullanmaları, daha kaliteli hizmet sunabilmeleri ve rekabet avantajı sağlayabilmeleri açısından büyük önem taşıyor.

Ülkemizde bu teknolojilerin kullanılması ve yaygınlaştırılması yönündeki çalışmalar, RFT teknolojisi ve EPC uygulamalarını küresel boyutta düzenleyen, uluslararası GS1 Organizasyonu'nun ülkemizdeki temsilcisi, TOBB Global Standartlar Merkezi (TOBB-GS1 Türkiye) tarafından yapılıyor. [29]

Bu teknolojiyi kullanmak isteyen firmalar, dünyadaki gelişmeleri ve uluslararası standartları takip etmek amacıyla, GS1 Organizasyonu bünyesindeki EPCglobal'a TOBB-GS1 Türkiye aracılığıyla üye olabiliyor.

Ülkemizde bazı firmalar, tedarik zinciri yönetiminde RFT uygulamaları kullanılması yönünde çalışmalar yapıyor, fakat daha kaliteli hizmet üretme imkânı verecek ve rekabet avantajı sağlayacak bu teknolojiye olan ilgi yeterli düzeyde değil. RFT teknolojilerinin ülkemizde geliştirilmesi konusunda önemli bir engel teşkil eden ulusal radyo frekansı düzenlemelerimiz ile uluslararası standartlar arasındaki uyumsuzluğun ortadan kalkması durumunda, bu ilginin artması bekleniyor.

2.11. Radyo Frekansıyla Tanımlamanın Geleceği

1940'lardan bu yana bilinen radyo frekansıyla tanımlama teknolojisinin, son dönemde bu kadar öne çıkmasının nedenlerinden biri, ABD'nin en büyük süpermarket zinciri olan Wal-Mart ve ABD Savunma Bakanlığı'nın kendi tedarikçilerine, 2005 yılı sonuna kadar paletler, büyük ambalajlar ve değeri yüksek malların RFT etiketleri ile işaretlenmesi zorunluluğu getirmiş olmalarıdır. Büyük ve önemli müşterileri kaybetmemek için tedarikçi firmalar bu alanda önemli yatırımlar gerçekleştirdiler. Ayrıca, firmaların doğru ve gerçek zamanlı veriye ulaşmalarını sağlaması da teknolojinin kabul görmesindeki bir diğer etmendir.

Her teknoloji gibi, yaygınlaştıkça RFT teknolojisinde de fiyatlar düşüş eğilimi göstermektedir. Örneğin; bir RFT etiketinin maliyeti günümüzde yaklaşık 0,40-0,50 dolar civarındadır ve okuyucuların fiyatı da gittikçe azalmaktadır. Uzmanlara göre, etiket fiyatının 0,10 dolar ve daha altına inmesi kullanımı arttıracaktır. Nanoteknolojide yaşanacak gelişmeler ve kablosuz ağların yerleşmesi sayesinde, RFT kullanımının beklenenden daha kısa bir sürede yaygınlaşabileceği de uzman görüşleri arasında.

Günümüzde, birçok uygulamada hala barkod teknolojisi tercih ediliyor. Bunun en önemli sebebi, maliyetinin oldukça düşük olmasıdır. Birçok şirket, mevcut operasyonlarında kullandıkları barkodları, RFT etiketleri ile değiştirme maliyetinin fazla olmasından dolayı, eski sistemlerini kullanmaya devam ediyor. RFT etiketlerinin maliyetinin azalmasıyla, bu firmaların RFT`ye geçme olasılıkları yüksek gözüküyor. Bunun başta gelen sebebi, şirketlerin doğru, gerçek zamanlı bilgiye erişmek için etkili yöntemlere ihtiyaç duyması. RFT etiketli "akıllı nesnelere" günün her saati her yerde bilgi iletimini sürdürdüğu için, bu teknolojiye yatırım yapılması yakın bir gelecekte büyük önem taşıyacak.

Tek bir tuşla fiyat değiştirmek, mağazaların ya da depoların içini tüm stok parametreleri ışığında takip edebilmek, sayım yapmak zorunda kalmamak, üretim aşamalarındaki hataları görüp düzeltilmelerini sağlamak vb. kolaylıklar, şirketlerde maliyeti azaltacak, zaman tasarrufu sağlayacak ve verimliliği arttıracak. Bunlar da beraberinde, rekabet avantajı ve yeni iş ortaklıkları yaratılması gibi sonuçları getirecek.

Pazar araştırması firmalarının yaptığı çalışmalar, bu yıl sonunda, RFT pazarının 5 milyar dolar, 2010`da 10 milyar dolar, 2015`te ise 25 milyar dolar civarında olacağını öngörüyor. RFT kullanımının büyük ölçüde Amerika ve Avrupa`da yaygınlaşacağı, araştırmalardan elde edilen sonuçlardan biri.

Çin hükümeti, kimlik kartlarında kullanmak üzere, 2009 yılına kadar ülkeye 2,9 milyar RFT etiketi sevkiyatının yapılmasını istiyor. Bu sayede, pazarda önemli bir hareketlilik yaşanacağı düşünülüyor. Benzer şekilde, birçok resmi ve askeri kuruluş da çeşitli alanlarda radyo frekansıyla tanımlamayı kullanmak üzere plan yapıyor. Bu projeler, hem teknolojinin yaygınlaşması hem de farklı tecrübeler edinilmesi bakımından oldukça önem taşıyor.

Her ne kadar paket ürün haline getirilebilir gibi görünse de, her bir RFT projesinin ayrı olarak ele alınması gerekiyor. Herhangi bir RFT sisteminin çok iyi çalışması, aynı sistemin diğer firmalarda da aynı performansı sergileyeceği anlamına gelmiyor. Firma ihtiyaçlarının ve sistemin çalışacağı ortamın çok detaylı ve özenli bir şekilde analiz edilmesi, uzman desteğinin alınması kurulacak yapının başarılı olmasında büyük rol oynuyor.

Günümüzde, maliyeti fazla olması dolayısıyla, kullanım oranı beklenenden düşük olsa da, yakın gelecekte, radyo frekansıyla tanımlama, çok konuşulan ve üzerinde yoğun olarak çalışılan teknolojilerden biri olacak. Şu an için taşıdığı belirsizliklerin de giderilmesiyle birlikte, daha geniş kullanım alanı bulacak ve iş dünyasına getireceği yenilikler ile firmaların çalışma şekillerini ve rekabet etme yöntemlerini değiştirecek.

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME

Karşılaştığımız karmaşık yapıdaki problemlerin analizinde ve çözümünde, tek bir değişkenin kullanılması çoğu zaman yeterli ve doğru sonuçlar vermemektedir. Tek bir ölçüte bağlı olarak yapılan analizlerde, en önemli varsayım, olayı etkileyen diğer tüm ölçütlerin sabit kalacağını kabul edilmesi ve her defasında sadece tek bir ölçütün incelenmesidir. Ancak, günlük hayatta olaylar ve nesnelere sadece tek bir faktör etkisi ile değil, kimi zaman birbirine bağlı birçok iç ve dış faktörün etkisiyle oluşmaktadır. Bu durum, mevcut yapıyı oldukça karışık hale getirmektedir. Olayların sebep-sonuçlarını incelerken ve bir konu hakkında karar verirken daha doğru bir yaklaşım sergilemek için bunları etkileyen çok sayıdaki değişkeni ve bu değişkenlerin ortak etkilerini göz önüne almak gerekmektedir.

Çoklu ölçütlere göre karar verme durumu hemen her alanda karşımıza çıkmaktadır:

- Mikro ölçekte: Yatırım, bütçenin planlanması, kariyer planlaması, günlük kararlar gibi kişisel kararlarımızda
- Orta ölçekte: Strateji, yatırım, üretim, satın alma, pazarlama gibi işletme ya da kamu kuruluşu kararlarında
- Makro ölçekte: Devletin, uluslararası kuruluşların politikalarının belirlenmesi, ekonomik hedeflerin saptanması, terfi/atama kararlarında

Amaç, ölçüt ve stratejilerin bir sistem olarak ele alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir. Hedefler, bu hedeflere ulaşırken izlenecek yollar ve bilgi kaynaklarının farklı olması, her bir duruma uygun karar verme tekniklerinin kullanılması sonucunu getirmiştir.

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde kullanılan temel kavramlar şunlardır: [30]

1. **Amaç:** Çeşitli ölçütlere bağlı olarak değerlendirilen seçeneklerin kullanılması/uygulanması sonucunda ulaşılması istenilen sonuçtur. Mesela, bir bilgisayar programının seçilmesi, en uygun iş tercihinin yapılması, en verimli makinanın alınması vb., bir problemin amacı olabilmektedir.

2. **Seçenekler:** Bir amaca ulaşmak için kullanılabilecek, birbiri yerine geçebilecek farklı yöntemlerdir. Bir karar verme probleminde, birkaç seçenek olabileceği gibi yüzlerce seçenek bulunması da mümkündür. Bir işyerinin açılması için A, B, C ve D Őehirlerinin değerlendirildiği bir problemde, bu Őehirler problemin seçenekleridir.
3. **lt:** Amaca göre tüm seçenekleri karşılaştırırken ve hangisinin daha uygun olduğunu bulmaya çalışırken dikkate alınan özelliklerdir. Problemin yapısına göre sayısı değişmektedir. Genelde, ltlerin sayısı arttıkça, problem hiyerarşik bir yapı kazanmaktadır. Bazı ölçtüler ana lt iken, bazıları bunlara bağlı alt lt olarak değerlendirilir. Hatta, daha karmaşık yapılarda, alt ölçtüler de kendi alt ltlerine sahip olabilir ve böylece bir ağaç yapısı ortaya çıkmaktadır.
4. **Karar Ağırlıkları:** Genelde, çok ltl karar verme probleminde, ltlerin birbirine göre önem derecelerine gerek duyulur. ltlerin göreceli önemleri, genellikle toplamı bire eşit olacak Şekilde, normalize edilmiş bir ağırlık vektörü, (3.1) ile ifade edilir.

$$W_T = (w_1, w_2, \dots, w_N) \quad \text{ve} \quad \sum_{j=1}^N w_j = 1 \quad (3.1)$$

3.1. Çok ltl Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması

Literatürde yaygın olarak kullanılan çok ltl karar verme teknikleri, çeşitli Őekillerde gruplandırılmaktadır.

3.1.1. Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırma

Aşağıda kullanım amaçlarına göre çok ltl karar verme teknikleri verilmektedir. [30-33]

3.1.1.1. Tutarlılık Amaçlı Yöntemler

Birbirleriyle mantıksal bağıntıları bulunan, fakat birbirlerinden ayrı kabul edilen alt sistemlerin ele alınması durumunda, her bir alt sistem hedeflerinin asıl sistemin hedefleriyle tutarlı olması gerekiyorsa kullanılmaktadır. Bunlara rnek olarak, Delphi Tekniği, Simülasyon, Input-Output Analizi ve Markov Zincirleri verilebilir.

3.1.1.2. Optimizasyon Amaçlı Yöntemler

Ulaşılabilir ve uygun hedefler söz konusu ise uygulanmaktadır. ELECTRE, TOPSIS, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Tercih Analizi, Doğrusal Programlama, Amaç Programlama, Veri Zarflama Analizi örnek olarak verilebilir.

3.1.1.3. Veri İndirgeme Yöntemleri

p sayıda değişken içeren veri setinin varyasyonunu açıklayan ve aralarında ilişki bulunmayan daha az sayıda değişkenle ($m < p$), veri yapısını açıklamaya çalışan yöntemlerdir. Faktör Analizi, Uyum Analizi, Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi bu tip yöntemlere örnektir.

3.1.1.4. Sınıflama Yöntemleri

Popülasyon özellikleri bilinmeyen yapılar hakkında prototip kümeler belirlemek, daha önceden belirlenmiş gruplara yeni birimlerin atanmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Diskriminant Analizi, Kümeleme Analizi ve Faktör Analizi bu amaca yönelik olarak kullanılan yöntemlerdir.

3.1.2. Bilginin Türüne Göre Sınıflandırma

Kullanılan bilginin türüne göre, çok ölçütlü karar verme tekniklerinden en önemlileri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır: [30-33]

3.1.2.1. Baskınlık Yöntemi

Eğer ele alınan seçeneğin bir veya daha fazla ölçüt için değerleri, başka bir seçenek tarafından geçilmiş ve diğer ölçütler için aynı ise, bu seçenek bastırılmıştır. Yöntemi şu şekildedir:

İlk iki seçenek kıyaslanır. Eğer biri bastırılmış ise elenir. Kalan seçenek, üçüncü seçenek ile kıyaslanır ve bastırılan seçenek atılır. İşlem bu şekilde devam eder ve sonuçta bastırılmamış bir küme elde edilir.

3.1.2.2. MaxiMin Yöntemi

“Bir zincir, sadece en zayıf halkası kadar güçlü olabilir” prensibine dayanır. Bir seçeneğin performansı, en güçsüz olduğu ölçütüne göre belirlenir. Genellikle, karar vericinin, problem hakkında karamsar olduğu varsayıldığında uygulanır.

Her seçenek için en zayıf ölçütünün değeri belirlenir. Bu en zayıf ölçüt için değeri en iyi olan seçenek seçilir. Bu şekilde işlem sürdürülür.

3.1.2.3. MaxiMax Yöntemi

Bir seçeneğin performansının, onun en iyi olduğu ölçüte göre belirlenmesi prensibine dayanır. Karar vericinin, problem hakkında iyimser olduğu varsayıldığında uygulanır.

Her seçenek için, en iyi ölçütünün değeri belirlenir. En iyi ölçüt değerleri arasından, değeri en yüksek olan seçenek seçilir. Bu şekilde, işlem sürdürülür.

3.1.2.4. Birleştiren Yöntem

Temel mantık olarak, tüm ölçütler için kabul edilebilir en düşük seviye belirlenir ve bu koşulu sağlamayan seçenek reddedilir.

Karar verici, her ölçüt için en düşük kabul edilebilir seviyeyi belirler. Her seçenek için, tüm ölçütlerin değerinin kabul edilebilir seviyede veya daha yüksek olup olmadığına bakılır. Eğer koşul sağlanıyorsa, seçenek kabul edilir, aksi halde reddedilir.

3.1.2.5. Ayıran Yöntem

Her ölçüt için istenilen seviyeler kullanılarak bunlara eşit ya da yüksek değere sahip olan seçenekler kabul edilir. Bir seçenek, ölçütlerinin en büyük değerine göre değerlendirilir.

Karar verici, her ölçüt için seviyeleri belirler. Her seçenek için, ölçütlerden herhangi birinin değerinin, istenilen seviyeye eşit ya da yüksek olup olmadığı belirlenir. Eğer bu koşul sağlanıyorsa, seçenek kabul edilir, aksi halde reddedilir.

3.1.2.6. Ardışık Sırasal Yöntem

Bazı durumlarda, tek bir ölçüt baskın görünmektedir. Seçenekler en önemli olan, bu baskın ölçüte göre kıyaslanarak sonuca gidilir.

Tüm seçenekler, en önemli ölçüte göre kıyaslanır, bu ölçüt için en yüksek değere sahip olan seçilir. Eğer en yüksek değere sahip birden fazla seçenek varsa, bunlar ikinci sıradaki önemli ölçüte göre kıyaslanır ve en iyi değere sahip olan alınır. Bu şekilde, tek bir seçenek kalana ya da tüm ölçütlere göre değerlendirme yapılanaya kadar devam edilir.

3.1.2.7. Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi

Eleme işlemi, ölçütlerin art arda seçimiyle yapılır. Seçenekler her defasında, tek bir ölçüte göre kıyaslanır ve kabul edilebilir en düşük seviyede olmayanlar elenir.

Karar verici, her ölçüt için en düşük kabul edilebilir seviyeleri belirler. En yüksek ayırım gücüne sahip olan ölçüt ile başlanarak eleme yapılır. Seviye koşulunu sağlamayanlar elenir. Tek bir seçenek kalana ya da tüm ölçütlere göre değerlendirme yapılana kadar devam edilir.

3.1.2.8. Basit Toplam Ağırlıklı Yöntem

Bir seçeneğin genel puanı, tüm ölçütlerinin ağırlıklı toplamı olarak hesaplanır. Her seçenek için, ölçüt değerlerinin önem ağırlıkları ile çarpımlarının, tüm ölçütler için toplamı şeklinde puanı hesaplanır ve en yüksek puanı olan seçilir.

$$A^* = \left\{ A_i \mid \max_i \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} / \sum_{j=1}^n w_j \right\} \quad (3.2)$$

Burada, w_j , j. ölçütün önem ağırlığı, x_{ij} ise, i. seçeneğin j. ölçüte göre değeridir.

3.1.2.9. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Her seçenek için, her ölçütün değerinin, ölçütün ağırlığı kadar kuvveti alınır ve bu değerlerin tüm ölçütler üzerinde çarpımı yapılır ve en yüksek puanı olan seçilir.

$$A^* = \left\{ A_i \mid \max_i \prod_{j=1}^n (x_{ij})^{w_j} \right\} \quad (3.3)$$

Burada, w_j , j. ölçütün önem ağırlığı, x_{ij} ise, i. seçeneğin j. ölçüte göre değeridir.

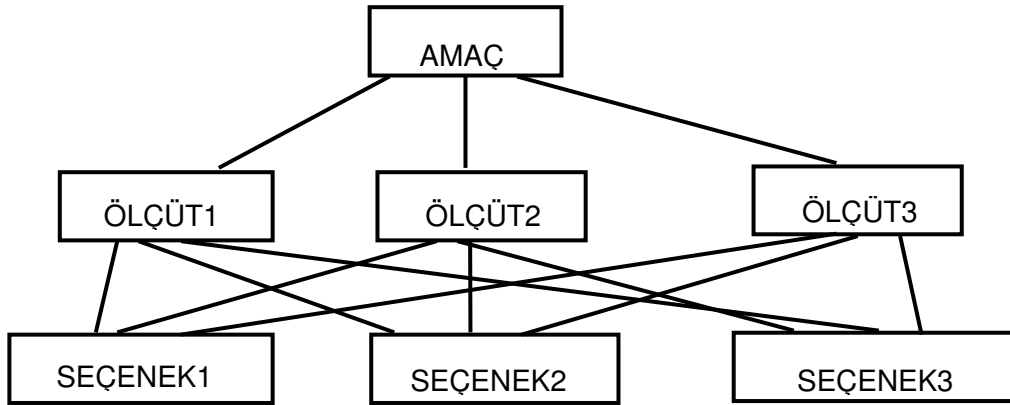
3.1.2.10. Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Thomas L.Saaty tarafından geliştirilmiş, birden çok ölçüt içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. Karar vericilerin problemi amaç, ana ölçütler, alt ölçütler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapı şeklinde modellemeleri esasına dayanır. Hem nitel hem de nicel faktörlerin birlikte değerlendirilmesine imkan tanımaktadır.

Toplam kalite yönetimi, muhasebe, finansman, üretim, müşteri seçimi, personel değerlendirme, proje seçimi, yazılım seçimi, yatırım kararı, strateji belirleme gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. AHY, aşağıda açıklanan adımlar izlenerek uygulanmaktadır: [34-36]

Adım 1: Hiyerarşinin Oluşturulması

Öncelikle bir problemin ayrıştırılması, yani hiyerarşinin kurulması gerekmektedir. Hiyerarşinin tepesinde amaç bulunmaktadır. Amacın bir alt seviyesinde, kararı etkileyecek ana ölçütler yer almaktadır. Bu ölçütlerin amacı etkileyebilecek alt özellikleri varsa, bunlar da hiyerarşiye ek seviyeler olarak eklenebilir. En alt seviyede, karar alternatifleri vardır. Hiyerarşinin ölçüt ve seviye sayısı, problemin karmaşıklığına ve detay derecesine bağlıdır. Aşağıda basit bir hiyerarşik yapı gösterilmektedir:



Şekil 3.1: Analitik Hiyerarşi Yönteminde kullanılan hiyerarşik yapı örneği [34]

Adım 2: İkili Karşılaştırmalar

İkinci aşama olarak ikili karşılaştırmalar yapılmalıdır. İki ölçütün birbiriyle karşılaştırılması ve alternatiflerin ölçütler bazında birbirlerine göre değerlendirilmesi anlamına gelir ve karar vericinin fikirlerine ve yorumuna bağlıdır.

Bir seviyedeki tüm ölçütler, hiyerarşide bir üst seviyede bulunan tüm ölçütler açısından birbiriyle karşılaştırılır. Eğer hiyerarşinin kullanılan seviyesinde karşılaştırılacak n tane ölçüt varsa, $n(n-1)/2$ tane ikili karşılaştırma yapılması gerekir. Alternatifler de bir üst seviyedeki tüm ölçütler bakımından birbirleriyle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonuçları matrisler şeklinde düzenlenir.

İkili karşılaştırma sırasında, karar verici Tablo 3.1`de verilen 1-9 ölçeğinden yararlanır. Karar verecek kişilerin konunun uzmanı olmasalar bile en azından, konu hakkında bilgi sahibi olmaları, kararların daha doğru verilmesini sağlayacaktır.

Adım 3: Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisleri hazırlandıktan sonra, karşılaştırılan her ölçütün göreceli öneminin hesaplanması gerekmektedir. En büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanması ve normalize edilmesini kapsar.

Bu amaçla en çok kullanılan yöntemde, her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünür ve bu değerlerin satır bazında ortalaması alınır. Bu şekilde, her ölçüt için öncelik değerleri bulunur.

Tablo 3.1: AHY Değerlendirme Ölçeği [35]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faktör amaca eşit olarak katkıda bulunur
3	Bir faktör değerine göre çok az önemli	Tecrübe ve yargılama sonucunda bir faktör değerine göre çok az derecede tercih edilmektedir.
5	Bir faktör değerine göre kuvvetlice önemli	Tecrübe ve yargılama sonucunda bir faktör değerine göre kuvvetli bir şekilde tercih edilmektedir.
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faktör değerine göre çok kuvvetli bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür
9	Son derece önemli	Bir faktörün değerine göre tercih edilmesinin ispatının doğrulanması çok yüksek olasılıklıdır
2, 4, 6, 8	İki yakın ölçek arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmaktadır

Adım 4: Karar Aşaması

Son aşamada karar problemi çözümlenir. Problemin amacının gerçekleştirilmesinde, karar alternatiflerinin sıralaması olarak kullanılacak bir öncelik vektörü oluşturulur. Bu vektörü oluşturmak için her ölçüt için belirlenen öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalaması alınır. Elde edilen öncelikler, karar vericinin alternatiflere ilişkin puanlarını temsil eder.

Kararın kalitesi bakımından, ikili karşılaştırmalardaki yargıların tutarlılığı oldukça önemlidir. Uygulamada, tam anlamıyla tutarlı olmak mümkün değildir. Bu nedenle, belirli bir orana kadar tutarsızlığa izin verilmektedir. Her ikili karşılaştırma matrisi için hesaplanan tutarlılık oranının %10 ve altında olması beklenir. Eğer tutarlılık oranı bu değeri aşıyorsa, yargıların iyileştirilmesi gerekmektedir. Yargıların yeniden gözden geçirilmesiyle tutarlılık oranı azaltılabilir ama bu yeterli olmuyorsa, problemin tekrar kurulması ve sürecin yeniden başlatılması gerekmektedir.

Tutarlılıkla ilgili aşağıdaki iki madde gözönünde bulundurulmalıdır:

- Öğelerin ikili karşılaştırmaları sırasında geçişgenlik olmayabilir. Örneğin; herhangi bir ölçüte göre, karar verici, a_i seçeneğini a_j seçeneğine ve a_j seçeneğini ise a_k seçeneğine tercih ederken, a_k 'yı a_i 'ye tercih edebilir.
- Tercihlerin yoğunluklarına ilişkin sayısal bir tutarsızlık olabilir. Örneğin; a_i , a_j 'ye üç kez daha fazla ve a_j , a_k 'ya iki kez daha fazla tercih ediliyor iken a_i , a_k 'ya göre altı kez daha fazla tercih edilmeyebilir.

AHY'nin Zayıf ve Üstün Yönleri

AHY, problemleri rahatça inceleme olanağı tanıdığı ve kolay uygulanabildiği için, oldukça fazla tercih edilen bir çok ölçütlü karar verme yöntemi olmasına rağmen, bazı sakıncaları olduğuyla ilgili yorumlar da bulunmaktadır. Aşağıda, AHY'nin zayıf ve üstün olduğu yönleri belirtilmektedir: [36]

1. Zayıf Yönleri

- Sıra değiştirme olgusuna dikkat edilmelidir. Herhangi bir alternatif, probleme eklendiğinde ya da problemenden çıkarıldığında, sıralamalar değişmektedir.
- Hiyerarşik yapıyı oluşturma süreci kişiye özgü, subjektiftir. Bu da, alınan kararların kesinlikle doğru olacağı anlamına gelmemektedir.
- Hiyerarşideki kademe sayısı arttıkça, ikili karşılaştırma sayısı da artar. Bu durum, modeli karmaşıklaştırmakta ve problemi çözme zamanını uzatmaktadır.
- Yargıları kesin değerlerle ifade etmek her zaman mümkün olmayabilir.

2. Üstün Yönleri

- Karmaşık problemleri basitleştiren bir yapısı vardır.
- Karar vericinin problemin tanımını ve unsurlarını daha rahat görmesini ve anlamasını sağlar.
- Probleme ilişkin nicel ve nitel faktörlerin birlikte ele alınmasına olanak tanır.
- Grup kararlarında kullanılabilir.
- Tutarlılık ve duyarlılık analizi ile yargıları ve alınan kararı değerlendirme imkanı vardır.

4. BULANIK KÜMELER VE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ

4.1. Bulanıklık Nedir?

Günümüzde, belirsizliği istenilmeyen bir durum olarak gören ve mümkün bütün durumlarda kaçınılması gerektiğine inanan geleneksel anlayıştan, belirsizlikle uğraşan ve bilimde bundan kaçınılmasının mümkün olmadığını iddia eden alternatif bakış açısına doğru bir geçiş yaşanmaktadır. Belirsizlik problemleri için matematikçiler, mantıkçılar ve filozoflar uzun bir süredir uğraşmaktadır. Son zamanlarda bu tür problemler, bilgisayar ve yapay zeka ile ilgilenen bilim adamları için oldukça önemli olmuştur.

Belirsizliği tanımlama ve modellemenin önemini ünlü fizikçi Einstein şu şekilde ifade etmiştir: “Matematiğin kavramları kesin oldukları sürece gerçeği yansıtmazlar, gerçeği yansıttıkları sürece de kesin değillerdir.” [37]

Klasik mantığın tanımlayamadığı belirsiz kavramların, matematiksel olarak ifade edilebilmesinin öneminden dolayı, araştırmacılar her geçen gün yeni teoriler sunmaktadır. Bilinen en önemli teorilerden bazıları; olasılık, istatistik, bulanık kümeler, yaklaşımlı kümeler ve esnek kümelerdir.

1930`larda ünlü filozof Max Black tarafından belirsizliği açıklayıcı kavramlar geliştirilmiş olsa da, bugün 1965`te Zadeh tarafından yayınlanan makale, modern anlamda belirsizlik kavramının değerlendirilmesinde önemli bir nokta olarak kabul edilir. Klasik matematiksel yöntemlerin, gerçek dünyanın karmaşık sistemleriyle uğraşırken yetersiz kaldığını düşünmesi sonucunda Zadeh, kesin olmayan sınırlara sahip nesnelerin oluşturduğu bulanık küme teorisini ortaya koymuştur. [37]

Bulanık mantıkla çalışan sistemler, havacılık, üretim, devre tasarımı gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Verimliliği artırması, zamandan tasarruf sağlaması ve ekonomik açıdan fayda getirmesi bakımından kullanımı tercih edilmektedir.

Bir çok uygulama alanından biri olan kontrol mühendisliğinde, bulanık mantık ile tasarlanan denetleyiciler, genellikle matematik modelleri zor üretilen ya da bilinen yöntemlerle denetlendiğinde, verimli sonuç alınamayan sistemlerde kullanılır.

Günlük hayatta, “biraz sıcak”, “hemen hemen doğru”, “çok zor” vb. ifadelerle çok karşılarız. Bunlar, matematiksel olarak bir durumu belirtmemelerine karşın, bir problemin çözümü için sıklıkla kullanılır. Bulanık mantık, bu gibi ifadeleri ele alarak, sistemlerin ya da cihazların bir insanın anlayabileceği ve çözüme ulaştırabileceği şekilde çalışmasını sağlar.

Zadeh, sistemlerin karmaşıklıkları ve ifade edilmelerindeki anlamlılık ve kesinlik arasındaki ilişkiyi şu şekilde açıklamıştır: “Bir sistemin karmaşıklığı arttıkça, onun davranışıyla ilgili kesin ve anlamlı ifadeler yapma yeteneğimiz bir eşiğe ulaşıncaya kadar düşer. Bu eşikten sonra, kesinlik ve anlamlılık neredeyse birbirinden bağımsız özellik taşır.” [37,38]

Sistem hakkında öğrendiklerimiz arttıkça, sistemin karmaşıklığı azalır ve sistemi daha iyi anlarız. Kullanılan modelin kesinliği ile sistemin karmaşıklığı arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Karmaşıklığı az olan sistemler için, “matematik ifadeler” sistemin tanımını kesin olarak verir. Daha karmaşık olan ama anlamlı veri içeren sistemlerde, “modelden bağımsız yöntemler”, sistemi anlatabilir. Sayısal verinin az olduğu ve sadece belirsiz olan verinin bulunduğu sistemlerde, “bulanık mantık”, sistemi anlamamızı sağlar.

Karmaşıklık derecesine bakılmaksızın tüm sistemler, yukarıda belirtilen tüm yöntemlerle modellenebilir. Burada önemli olan nokta, kullanılan model ile problemin belirsizlik derecesi arasında bir uyum sağlanmasıdır. Mesela, kesinlik olan durumlarda, bulanık sistemler kesin algoritmalarından daha kötü sonuçlar vermektedir. Bulanık mantık, kesin olmayan bilginin bulunduğu problemlerde daha etkin davranmaktadır. Bu sebeple, modelleme yapılırken bu ölçüte dikkat edilmelidir.

4.2. Bulanık Kümeler

Klasik kümeler teorisinde, her bir eleman ya “kümeye aittir” ya da “kümeye ait değildir”. Yani, elemanın kümeye üyelik derecesi ya “0” ya da “1” dir. Örneğin, başkentlerin yer aldığı bir kümeyi ele alalım. Ankara, bu kümeye üyedir ve üyelik derecesi “1” dir; İzmir ise bu kümeye dahil olamaz ve üyelik derecesi “0” dır.

Bulanık kümelerde ise, üyelik kavramı daha az kesin olan sınırlarla belirtilmektedir. Her bir elemanın, bulanık kümeye üyelik derecesi 0 ile 1 arasında değişen bir değerle ifade edilmektedir. Üyelik derecesi arttıkça, elemanın bulanık kümeye ait olma derecesi de artar. Klasik kümeler için, bulanık kümelerin, üyelik dereceleri sadece 0 ya da 1 olabilen özel bir hali olduğunu söylemek mümkündür.

Klasik kümelerde üyeliğin gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 1 & x \in X \text{ ise} \\ 0 & x \notin X \text{ ise} \end{cases} \quad (4.1)$$

Bulanık kümelerde üyeliğin gösterimi ise aşağıdaki gibidir:

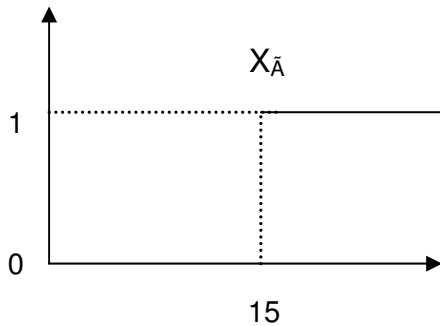
$$\mu_{\bar{A}}(x) \in [0,1] \quad (4.2)$$

$\mu_{\bar{A}}(x)$, x elemanının \bar{A} bulanık kümesine üyelik derecesini vermektedir. Bu değer, ne kadar büyükse, x elemanı kümeye o kadar aittir.

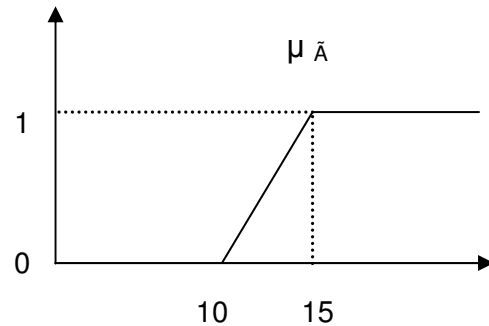
Aşağıda, bulanık kümeler ile klasik kümelerin farkının daha rahat anlaşılması için bir örnek verilmiştir.

Kasada ödeme yapmak için 20 dakika beklemek uzun bir süredir. Ancak, bu sürenin sınırlarının neler olacağı tam belli değildir, bu nedenle, kesin bir ifade kullanmak doğru olmayacağı için klasik kümelerle bu durumu ifade etmek zordur. “15 dakika ve üzeri beklemek uzun bir süredir” şeklinde ifade etmek, 14 dakika beklemenin uzun olmadığı yorumunu getiriyor. Buradaki, kesin geçişi daha kademeli hale getirmek gerekiyor. Mesela, “Kasada yaklaşık 15 dakika ve üzeri beklemek uzun bir süredir.” şeklinde ifade etmek, daha doğru bir yaklaşımdır. Bu sözel tanımları matematiksel olarak şöyle gösterebiliriz:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 15 \\ \frac{x-10}{5} & 10 < x < 15 \\ 0 & x \leq 10 \end{cases}$$



(a)



(b)

Şekil 4.1: “Uzun süre beklemek” üyelik fonksiyonları (a) klasik (b) bulanık küme

Yukarıdaki üyelik fonksiyonundan 14 dakika beklemenin üyelik derecesi 0,8 olarak bulunmaktadır. Diğer süre değerleri için de benzer şekilde hesaplama yapılabilir.

Bir bulanık kümenin gösterimi, elemanlarının kesikli ya da sürekli olmasına göre değişir. Elemanlar ve üyelik dereceleri kesikli ve sonlu bir fonksiyon ise;

$$A = \left\{ \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1}, \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2}, \dots \right\} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i(\quad)}{i} \quad (4.3)$$

Elemanlar ve üyelik dereceleri sürekli ve sonsuz bir fonksiyon ise;

$$A = \left\{ \int \frac{\tilde{A}(x)}{x} \right\} \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilir.

4.2.1. Kavramlar

Kavram 1:

Bazen, bulanık küme elemanlarının hangilerinin üyelik değerlerinin sıfırdan büyük olduğunun bilinmesi gerekmektedir.

\tilde{A} , X 'in bulanık bir kümesi olsun. \tilde{A} 'nın desteği, $\text{supp}(\tilde{A})$, X kümesindeki x elemanlarından, \tilde{A} bulanık kümesindeki üyelik değerleri sıfırdan büyük olanların kümesidir.

$$\text{Supp}(\tilde{A}) : \{ x \in X, \mu_{\tilde{A}}(x) > 0 \} \quad (4.5)$$

Kavram 2:

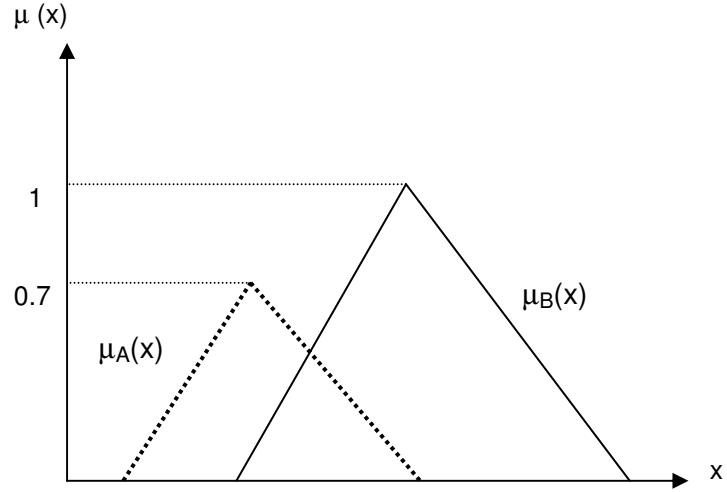
Herhangi bir $x \in X$ için $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ oluyorsa, \tilde{A} bulanık kümesine “normalleşmiş” denir.

Kavram 3:

\tilde{A} bulanık kümesinin en büyük üyelik derecesine, o kümenin yüksekliği denir.

$$h(\tilde{A}) = \sup_{x \in X} \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (4.6)$$

Şekil 4.2`de, yüksekliği 0.7 olan A bulanık kümesi ile normalleşmiş, yani yüksekliği 1 olan, B bulanık kümesi görülmektedir.



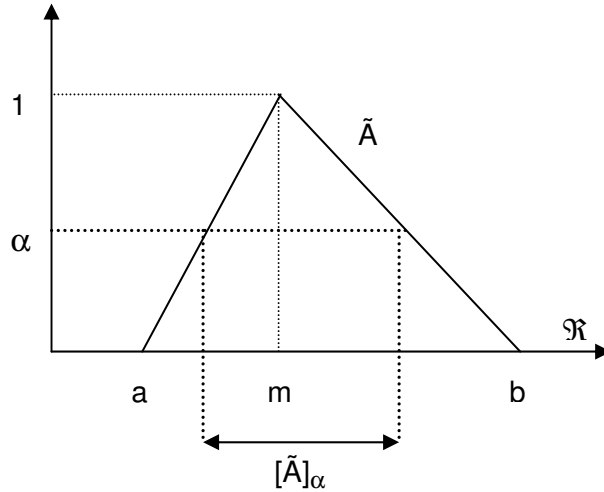
Şekil 4.2: A ve B bulanık kümelerinin yükseklikleri

Kavram 4:

\tilde{A} , X 'de tanımlı bir bulanık küme ve $\alpha \in [0,1]$ olsun. ${}^\alpha \tilde{A}$, α kesiti ve ${}^{\alpha+} \tilde{A}$, güçlü α kesiti aşağıdaki gibi tanımlanır. Üyelik dereceleri, α 'dan büyük ya da α 'dan büyük ve eşit olan elemanları içeren kümeler anlamına gelmektedir. Bu ifadeler, aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$${}^\alpha \tilde{A} = \{ x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha \} \quad (4.7)$$

$${}^{\alpha+} \tilde{A} = \{ x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha \} \quad (4.8)$$



Şekil 4.3: \tilde{A} bulanık kümesinin α kesiti

Şekil 4.3'te gösterildiği gibi, $(0, \alpha)$ noktasından, x eksenine bir paralel çizildiği varsayılarak, bu çizgide ve üzerinde kalan kısım α kesitini oluşturur. Aşağıdaki gibi belirtilebilir:

$$[\tilde{A}]_{\alpha} = \begin{cases} [a + \alpha (m - a), b - \alpha (b - m)], & 0 < \alpha < 1 \\ \mathfrak{R}, & \alpha = 0 \end{cases} \quad (4.9)$$

Kavram 5:

X evrensel kümesindeki her x elemanı için, $\mu_{\tilde{A}_1}(x) \leq \mu_{\tilde{A}_2}(x)$ ise \tilde{A}_1 bulanık kümesi, \tilde{A}_2 bulanık kümesinin alt kümesidir. Yani, her x elemanı için, bu elemanın \tilde{A}_1 bulanık kümesine olan üyelik derecesi, \tilde{A}_2 bulanık kümesine olan üyelik derecesinden küçükse, $\tilde{A}_1 \subset \tilde{A}_2$ olarak gösterilir.

Kavram 6:

X evrensel kümesindeki her x elemanı için, $\mu_{\tilde{A}_1}(x) = \mu_{\tilde{A}_2}(x)$ ise \tilde{A}_1 bulanık kümesi, \tilde{A}_2 bulanık kümesine eşittir. Bu eşitlik, $\tilde{A}_1 = \tilde{A}_2$ şeklinde gösterilir.

Teorem 1:

$x_1, x_2 \in \mathfrak{R}$ ve $\lambda \in [0, 1]$ olmak üzere, \mathfrak{R} 'de tanımlı bir \tilde{A} bulanık kümesinin konveks olması için gerek ve yeter koşul:

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)) \quad (4.10)$$

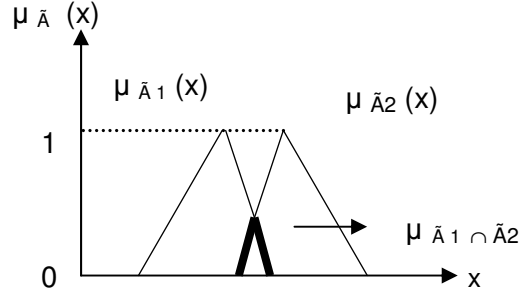
4.2.2. Bulanık Kümelerde İşlemler

4.2.2.1. Kesişim

\tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 bulanık kümelerinin kesişimi, $\tilde{A}_1 \cap \tilde{A}_2$ şeklinde gösterilir ve hem \tilde{A}_1 hem de \tilde{A}_2 'de bulunabilecek en büyük kümeyi ifade eder. Bulanık kümelerin kesişimi, matematikteki “ve” işlemine denktir.

Örnek olarak; “yolun kayganlığı” ve “fren mesafesi” değişkenlerini ele alalım. Yolun kayganlığı, “az”, “orta” ve “çok”; fren mesafesi “kısa” ve “uzun” olarak tanımlansın. \tilde{A}_1 kümesi, “çok kaygan yol”, \tilde{A}_2 kümesi ise “uzun fren mesafesi” kümeleri olsun. Bu durumda, $\tilde{A}_1 \cap \tilde{A}_2$, “çok kaygan yol ve uzun fren mesafesi” şeklinde bulanık bir kesişim kümesi olacaktır.

$$\mu_{\tilde{A}_1 \cap \tilde{A}_2}(x) = \min \{ \mu_{\tilde{A}_1}(x), \mu_{\tilde{A}_2}(x) \}, x \in X \quad (4.11)$$



Şekil 4.4: İki bulanık kümenin kesişimi

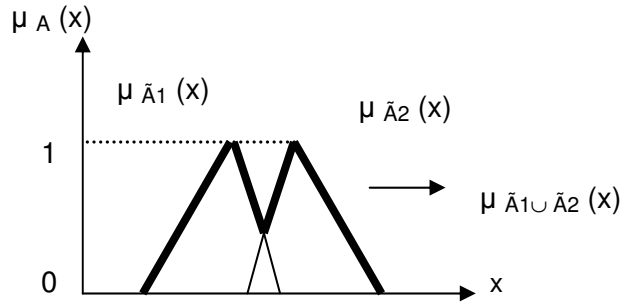
4.2.2.2. Birleşim

\tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 bulanık kümelerinin birleşimi, $\tilde{A}_1 \cup \tilde{A}_2$ şeklinde gösterilir ve hem \tilde{A}_1 hem de \tilde{A}_2 bulanık kümelerini kapsayan en küçük bulanık kümeyi ifade eder. Bulanık kümelerdeki birleşim, matematikteki “veya” işlemine denktir.

Örnek olarak; otobüsün geç kalmasının yaklaşık %45'inin trafik sıkışıklığına, yaklaşık %25'inin hava koşullarına bağlı olduğunu düşünelim. \tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 bulanık kümeleri, sırasıyla, “otobüsün gecikme sebebinin yaklaşık %45'i” ve “otobüsün gecikme sebebinin yaklaşık %25'i” şeklinde tanımlansın.

Bu durumda, $\tilde{A}_1 \cup \tilde{A}_2$ bulanık kümesi, “otobüsün gecikme sebebinin yaklaşık %45'i veya otobüsün gecikme sebebinin yaklaşık %25'i” olacaktır. Yani, trafik sıkışıklığına veya hava koşullarına bağlı olan gecikmeleri belirtmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}_1 \cup \tilde{A}_2}(x) = \max \{ \mu_{\tilde{A}_1}(x), \mu_{\tilde{A}_2}(x) \}, x \in X \quad (4.12)$$



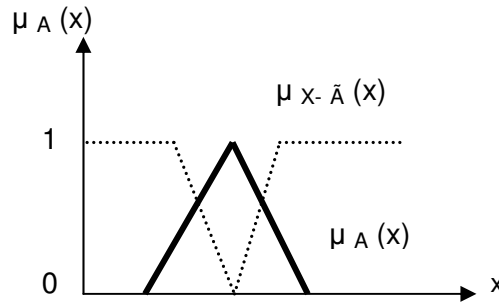
Şekil 4.5: İki bulanık kümenin birleşimi

4.2.2.3. Tümlleme

\tilde{A} bulanık kümesinin tümlenyeni aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$\mu_{(X-\tilde{A})}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), x \in X \quad (4.13)$$

Örnek olarak; fabrikadaki üretimlerde gecikmeler, planlanan ve gerçekleşen üretim sürelerine bakılarak hesaplanır. \tilde{A} , zamanında bitirilen üretimi belirtirken, bunun tümlenyeni olan $X - \tilde{A}$, üretimde gecikme olduğunu gösteren bulanık kümedir.



Şekil 4.6: Bir bulanık kümenin tümlenyeni

4.2.3. Bulanık Kümelerde Bağıntılar

Bağıntılar, kümeler üzerindeki birçok işlemin temelini oluşturur. Kümeler için matematiksel fonksiyonların yaptığı gibi ilişkilerin ifade edilmesini sağlar. Bağıntılar kavramına geçmeden önce, kartezyen çarpım incelenecektir.

Kartezyen Çarpım:

(a_1, a_2, \dots, a_r) şeklindeki r elemanlı diziye, "sıralı r'li diziliş" denir. A_1, A_2, \dots, A_r klasik kümeleri için r'li dizilişlerin

$$\{ a_1 \in A_1, a_2 \in A_2, \dots, a_r \in A_r \} \quad (4.14)$$

kümesine, A_1, A_2, \dots, A_r 'nin kartezyen çarpımı denir ve

$$A_1 \times A_2 \times \dots \times A_r \quad (4.15)$$

şeklinde gösterilir.

Genelde, $r = 2$ durumu daha çok kullanılır ve sıralı ikili olarak adlandırılır. $A_1 \times A_2$ kartezyen çarpımında, ilk eleman A_1 kümesinden, ikinci eleman ise A_2 'den gelmektedir.

Bağıntı, kümelerin kartezyen çarpımının bir alt kümesidir. Mesela; $X = \{ x_1, x_2, x_3 \}$ seyahat etmek istenilen şehirleri ve $Y = \{ y_1, y_2 \}$ mümkün olan ulaşım şekillerini gösteriyor olsun. Bu durumda, kişinin şehirlere nasıl varabileceğini belirten ilişki R ile belirlensin. X ve Y 'nin kartezyen çarpımı aşağıda belirtilmiştir:

$$X \times Y = \{ (x_1, y_1), (x_1, y_2), (x_2, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_1), (x_3, y_2) \}$$

X ve Y arasındaki $R (X, Y)$ ilişkisi, bu kartezyen çarpımın bir alt kümesi olan

$R (X, Y) = \{ (x_1, y_1), (x_3, y_2) \}$ ile belirtilebilir. Burada $R (X, Y) \subset X \times Y$ olmaktadır.

Klasik kümelerde, X ve Y 'nin kartezyen çarpımı;

$$X \times Y = \{ (x, y) \mid x \in X, y \in Y \} \quad (4.16)$$

ile gösterilir. Burada, X uzayının her elemanı Y uzayındaki her bir eleman ile ilişkilendirilmektedir. Sıralı ikililer arasındaki bağıntının gücü f fonksiyonu ile tam bir ilişki var ya da yok şeklinde ifade edilebilir. Bunu, aşağıdaki gibi göstermek mümkündür:

$$f_{X \times Y}(x, y) = \begin{cases} 1 & (x, y) \in X \times Y \\ 0 & (x, y) \notin X \times Y \end{cases} \quad (4.17)$$

Bulanık kümelerin kartezyen çarpımında ise, sıralı ikililer arasındaki bağıntının gücü karakteristik fonksiyonla değil, $[0,1]$ aralığında değer alan üyelik fonksiyonu ile ifade edilir. R bulanık bağıntısı, $X \times Y$ 'den $[0,1]$ aralığına olacaktır.

Bağıntının gücü, $\mu_R (x, y)$ üyelik fonksiyonu ile belirtilecektir. A bulanık kümesi X , B bulanık kümesi Y uzayında tanımlansın. A ve B 'nin kartezyen çarpımı, R bulanık bağıntısını verecektir. R 'nin üyelik fonksiyonu şöyledir:

$$\mu_R (x, y) = \mu_{A \times B} (x, y) = \min \{ \mu_A (x), \mu_B (y) \} \quad (4.18)$$

Örnek 4.1: A ve B bulanık kümeleri aşağıdaki şekilde tanımlanmış olsun.

$$A = \frac{0,2}{x_1}, \frac{0,5}{x_2}, \frac{1,0}{x_3} \quad B = \frac{0,3}{y_1}, \frac{0,9}{y_2}$$

Her bir kümenin elemanları ikili olarak karşılaştırılıp elemanlardan küçük olan kümeye alındığında, R kartezyen çarpımı aşağıdaki gibi olacaktır:

$$A \times B = R = \begin{matrix} & y_1 & y_2 \\ x_1 & 0,2 & 0,2 \\ x_2 & 0,3 & 0,5 \\ x_3 & 0,3 & 0,9 \end{matrix}$$

Maksimum Minimum Bileşimi

X, Y ve Z kümeleri ile $R_1(X,Y)$ ve $R_2(Y,Z)$ bağıntıları tanımlanmış olsun. Bunlar kullanılarak $R(X,Z)$ aşağıdaki gibi bulunur:

$$R(X, Z) = R_1(X, Y) \circ R_2(Y, Z) \quad (4.19)$$

R_1 ve R_2 bulanık ilişkileri için maksimum-minimum bileşimi için üyelik fonksiyonu şöyle hesaplanır:

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x,z) = \max \{ \min(\mu_{R_1}(x,y), \mu_{R_2}(y,z)) \} \quad (4.20)$$

Örnek 4.2: $X = \{ x_1, x_2, x_3 \}$, $Y = \{ y_1, y_2 \}$, $Z = \{ z_1, z_2, z_3, z_4 \}$ ürün dağıtım noktalarını belirten 3 tane küme olsun. Belirli bir program dahilinde, X kümesindeki noktalardan, Z kümesindekilere ürün götürebilmek için Y kümesindeki noktalardan geçilmek zorunda olduğunu varsayalım. Yani, y_1 ve y_2 , x_i 'den z_i 'ye yapılacak aktarımlar için birer ara nokta oluşturmaktadır. R_1 , X ve Y kümelerindeki dağıtım noktaları arasındaki "yaklaşık ulaşım süresini"; R_2 ise, Y ve Z kümelerindeki noktalar arasındaki "yaklaşık ulaşım süresini" gösteriyor olsun. R_1 ve R_2 'nin matris gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$R_1 = \begin{matrix} & y_1 & y_2 \\ x_1 & 0,45 & 0,8 \\ x_2 & 0,8 & 0,5 \\ x_3 & 0,1 & 0,75 \end{matrix} \quad R_2 = \begin{matrix} & z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \\ y_1 & 0,25 & 0,4 & 0,1 & 0,85 \\ y_2 & 0,3 & 0,9 & 0,45 & 0,65 \end{matrix}$$

$R_1 \circ R_2$ bulanık ilişkisindeki üyelik seviyelerinin bulunmasına ilişkin x_2 ve z_2 ele alınacaktır. Diğer hesaplamalar da benzer şekilde yapılacaktır .

$$\min(\mu_{R_1}(x_2, y_1), \mu_{R_2}(y_1, z_2)) = \min(0,8, 0,4) = 0,4$$

$$\min(\mu_{R_1}(x_2, y_2), \mu_{R_2}(y_2, z_2)) = \min(0,5, 0,9) = 0,5$$

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x_2, z_2) = \max(0,4, 0,5) = 0,5$$

Hesaplamalar, tüm elemanlar için yapıldıktan sonra oluşan matris aşağıdadır:

$$R_1 \circ R_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0,3 & 0,8 & 0,45 & 0,65 \\ 0,3 & 0,5 & 0,45 & 0,8 \\ 0,3 & 0,75 & 0,45 & 0,65 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Genişletme Prensibi

Boş kümeden farklı, A ve B kümelerini göz önüne alalım. A kümesindeki her bir elemana, B kümesindeki sadece bir elemanı karşılık getiren eşlemeye, A kümesinden B kümesine fonksiyon denir. Matematik ve mühendislikte, bir çok işlemin temelini oluşturan fonksiyonların, bulanık kümeler ve bulanık sayılar için geçerli olan halini, genişletme prensibini, Zadeh geliştirmiştir. Daha sonra, bu prensibin birçok türevi oluşturulmuştur.

X_1, X_2, \dots, X_n kümelerini ve bunların kartezyen çarpımı olan $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ 'yi ele alalım. X_1, X_2, \dots, X_n kümeleri üzerinden P_1, P_2, \dots, P_n bulanık kümeleri belirlensin. f fonksiyonunun X kümesini Y 'ye eşlediğini varsayarsak,

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), y \in Y, x_i \in X_i, \forall i \quad f : X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n \rightarrow Y \quad (4.21)$$

Q bulanık kümesi ise Y üzerinden tanımlanmış olsun.

$$Q = \{ y, \mu_Q(y) \mid y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X \} \quad (4.22)$$

Genişletme prensibi doğrultusunda, eğer $f^{-1} \neq \emptyset$ ise,

$$\mu_Q(y) = \max \{ \min(\mu_{P_1}(y), \mu_{P_2}(y), \dots, \mu_{P_n}(y)) \} \quad (4.23)$$

elde edilir. Aksi halde, $\mu_Q(y) = 0$ 'dir.

Örnek 4.3:

P_1 ve P_2 , bir bölgedeki iki para çekme makinesine bir saatte uğrayan yaklaşık kişi sayıları, Q ise bunların toplamını belirtiyor olsun. P_1 , "saatte yaklaşık olarak 20 kişi", P_2 ise "saatte yaklaşık olarak 10 kişi" kümeleri olsun.

$$P_1 = \frac{0,2}{10}, \frac{0,6}{15}, \frac{1,0}{20}, \frac{0,6}{25}, \frac{0,2}{30} \quad P_2 = \frac{0,4}{5}, \frac{1}{10}, \frac{0,4}{15}$$

$$\mu_Q(10+5) = \mu_Q(15) = \min(0,2, 0,4) = 0,2$$

$$\mu_Q(10+10) = \mu_Q(20) = \min(0,2, 1) = 0,2$$

$$\mu_Q(10+15) = \mu_Q(25) = \min(0,2, 0,4) = 0,2$$

$$\mu_Q(15+5) = \mu_Q(20) = \min(0,6, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(15+10) = \mu_Q(25) = \min(0,6, 1) = 0,6$$

$$\mu_Q(15+15) = \mu_Q(30) = \min(0,6, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(20+5) = \mu_Q(25) = \min(1, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(20+10) = \mu_Q(30) = \min(1, 1) = 1$$

$$\mu_Q(20+15) = \mu_Q(35) = \min(1, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(25+5) = \mu_Q(30) = \min(0,6, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(25+10) = \mu_Q(35) = \min(0,6, 1) = 0,6$$

$$\mu_Q(25+15) = \mu_Q(40) = \min(0,6, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(30+5) = \mu_Q(35) = \min(0,2, 0,4) = 0,2$$

$$\mu_Q(30+10) = \mu_Q(40) = \min(0,2, 1) = 0,2$$

$$\mu_Q(30+15) = \mu_Q(45) = \min(0,2, 0,4) = 0,2$$

Buradan, Q bulanık kümesinin üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\mu_Q(15) = \mu_Q(45) = 0,2$$

$$\mu_Q(20) = \max (0,2, 0,4) = 0,4$$

$$\mu_Q(25) = \max (0,2, 0,4, 0,6) = 0,6$$

$$\mu_Q(30) = \max (0,4, 1) = 1$$

$$\mu_Q(35) = \max (0,2, 0,4, 0,6) = 0,6$$

$$\mu_Q(40) = \max (0,2, 0,4) = 0,4$$

4.3. Bulanık Sayılar

Kesin olmayan nümerik büyüklüklerin ifadesinde kullanılan sayılardır. “Yaklaşık 5”, “5.000 civarı” gibi ifadeleri belirtmek için bulanık kümelerin özel hali olan bulanık sayıları kullanırız. Bulanık bir sayı, aslında dışbükey ve normalleşmiş bir bulanık küme demektir.

Üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x):R \rightarrow [0,1]$ olan bir bulanık sayı için şu özellikler mevcuttur:[30]

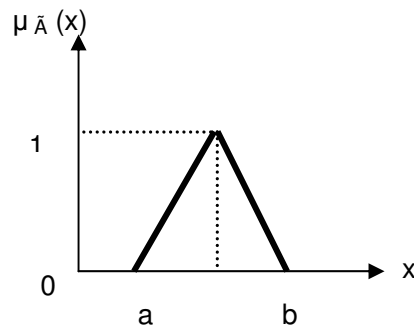
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ konveks bir bulanık alt kümedir.
- $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ yapan bir x sayısı vardır.
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$, reel sayılardan $[0,1]$ kapalı aralığına sürekli bir fonksiyondur.
- $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ olan elemandan sağ ve sol tarafa eşit uzaklıkta gidildiğinde, buradaki elemanların üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Buna “simetri özelliği” denir.

4.3.1. Özel Bulanık Sayılar

4.3.1.1. Üçgen Bulanık Sayılar

Üyelik fonksiyonu, Şekil 4.7’de verilen ve (a, b, c) şeklinde gösterilen özel bir bulanık sayı türüdür. a , üçgen bulanık sayının alt sınırını, b en yüksek tahmin seviyesiyle kesişen değeri, c ise bulanık sayının üst sınırını ifade etmektedir. $[a,c]$, üçgen bulanık sayının tabanını oluştururken, $x = b$ tepe noktasıdır. [39]

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 0 & , \quad x > c \end{cases} \quad (4.24)$$



Şekil 4.7: Üçgen bulanık sayıların üyelik fonksiyonu

$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ iki üçgen bulanık sayı olsun. Bu iki bulanık sayı

üzerindeki aritmetik işlemler şu şekildedir: [32,40]

$$\text{Toplama: } \tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (4.25)$$

$$\text{Çıkarma: } \tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2) \quad (4.26)$$

$$\text{Çarpma: } \tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \quad (4.27)$$

$$\text{Bölme: } \tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (a_1 / c_2, b_1 / b_2, c_1 / a_2) \quad (4.28)$$

$$\text{Tersi: } 1 / \tilde{A}_1 = (1 / c_1, 1 / b_1, 1 / a_1) \quad (4.29)$$

$$\text{Sabit ile Çarpımı: } k\tilde{A}_1 = k(a_1, b_1, c_1) = (ka_1, kb_1, kc_1) \quad (4.30)$$

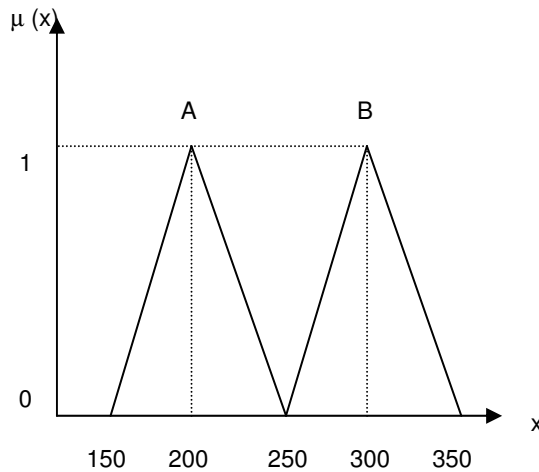
Aşağıda, üçgen bulanık sayılarla yapılan aritmetik işlemlere örnek verilmektedir. Burada, bulanık sayıların güven aralığı (alt-üst sınırları) ve α kesimi ifadelerinden yararlanılacaktır.

Örnek 4.4:

$\alpha = 0$ için, A ve B üçgen bulanık sayılarının güven aralıkları şu şekildedir:

$$A = [150,250], B = [250,350]$$

Bu iki bulanık sayının toplamını bulalım.



Şekil 4.8: A ve B bulanık sayıları

A ve B'nin üyelik fonksiyonları, Şekil 4.8 ve güven aralıkları kullanılarak aşağıdaki

şekilde bulunur:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 150 \\ \frac{x}{50} - 3, & 150 \leq x \leq 200 \\ -\frac{x}{50} + 5, & 200 \leq x \leq 250 \\ 0, & x \geq 250 \end{cases} \quad \mu_B(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 250 \\ \frac{x}{50} - 5, & 250 \leq x \leq 300 \\ -\frac{x}{50} + 7, & 300 \leq x \leq 350 \\ 0, & x \geq 350 \end{cases}$$

α tahmin seviyesi alfa kesimi uyguladığımızda, kesişen güven aralığının sol (alt) sınırı, üyelik fonksiyonundaki 2.eşitsizlikle, sağ (üst) sınırı ise, 3.eşitsizlikle bulunur.

Bu durumda, üyelik fonksiyonunu oluşturan denklemler şu şekilde yazılabilir:

$$\alpha = \left(\frac{a_1^{(\alpha)}}{50} \right) - 3 \quad \alpha = -\left(\frac{a_2^{(\alpha)}}{50} \right) + 5$$

$$a_1^{(\alpha)} = 50\alpha + 150 \quad a_2^{(\alpha)} = -50\alpha + 250$$

Bu durumda, A ve B bulanık sayılarının α tahmin seviyesindeki güven aralığı:

$$A_\alpha = [50\alpha + 150, -50\alpha + 250] \quad B_\alpha = [50\alpha + 250, -50\alpha + 350]$$

A ve B`yi toplarsak; $T = A_\alpha + B_\alpha = [100\alpha + 400, -100\alpha + 600]$ bulunur.

Son olarak, T için üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 400 \\ \frac{x}{100} - 4, & 400 \leq x \leq 500 \\ -\frac{x}{100} + 6, & 500 \leq x \leq 600 \\ 0, & x \geq 600 \end{cases}$$

Örnek 4.5:

Örnek 4.4`teki A ve B bulanık sayılarını bu kez çıkarma işlemi için kullanalım.

$$A_\alpha = [50\alpha + 150, -50\alpha + 250] \quad B_\alpha = [50\alpha + 250, -50\alpha + 350]$$

Bunları kullanarak A ve B`nin farkını şu şekilde buluruz:

$$C = A_\alpha - B_\alpha = [(50\alpha + 150) - (-50\alpha + 350), (-50\alpha + 250) - (50\alpha + 250)]$$

Buradan , C`nin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi bulunur:

$$\mu_C(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{x}{100} + 2, & 0 \leq x \leq 100 \\ -\frac{x}{100}, & 100 \leq x \leq 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases}$$

Örnek 4.6:

Üyelik fonksiyonları aşağıda verilen A ve B bulanık sayılarını kullanarak bölme işleminin nasıl yapıldığına bakalım.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 3800 \\ \frac{x}{200} - 19, & 3800 \leq x \leq 4000 \\ -\frac{x}{200} + 21, & 4000 \leq x \leq 4200 \\ 0, & x \geq 4200 \end{cases} \quad \mu_B(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 80 \\ \frac{x}{20} - 4, & 80 \leq x \leq 100 \\ -\frac{x}{20} + 6, & 100 \leq x \leq 120 \\ 0, & x \geq 120 \end{cases}$$

Bu üyelik fonksiyonları yardımıyla,

$$A_\alpha = [200\alpha + 3800, -200\alpha + 4200] \quad B_\alpha = [20\alpha + 80, -20\alpha + 120] \text{ bulunur.}$$

$$S = A_\alpha / B_\alpha = \left[\frac{200\alpha + 3800}{-20\alpha + 120}, \frac{-200\alpha + 4200}{20\alpha + 80} \right]$$

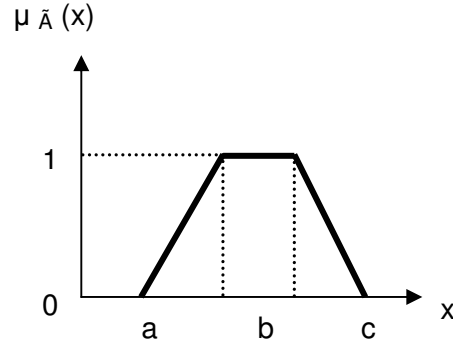
S`nin üyelik fonksiyonu şu şekilde bulunur:

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq \frac{95}{3} \\ \frac{6x - 190}{x + 10}, & \frac{95}{3} \leq x \leq 40 \\ \frac{-4x + 120}{x + 10} + 6, & 4000 \leq x \leq \frac{105}{2} \\ 0, & x \geq \frac{105}{2} \end{cases}$$

4.3.1.2. Yamuk Bulanık Sayılar

(a, b, c, d) şeklinde gösterilir. Üyelik fonksiyonu Şekil 4.9`da verilmiştir. Yamuk bulanık sayının tabanı [a,d] aralığıdır. [b,c] aralığında bulunan x değerlerinin üyelik dereceleri 1`e eşittir, yani yamuğun tepesini oluştururlar. [39]

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{x-d}{c-d} & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases} \quad (4.31)$$



Şekil 4.9: Yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonu

Yamuk bulanık sayılarla aritmetik işlemler şu şekilde yapılır:

$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2, d_2)$ iki yamuk bulanık sayı olsun. Bu iki bulanık sayı üzerindeki aritmetik işlemler şu şekildedir: [32,40]

Toplama: $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2)$ (4.32)

Çıkarma: $\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (a_1 - d_2, b_1 - c_2, c_1 - b_2, d_1 - a_2)$ (4.33)

Çarpma: $\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = [a (L_1, L_2), b, c, d (R_1, R_2)]$ (4.34)

Burada; $a = a_1 a_2 \quad b = b_1 b_2 \quad c = c_1 c_2 \quad d = d_1 d_2$ (4.35)

$$L_1 = (b_1 - a_1) (b_2 - a_2) \quad L_2 = a_2 (b_1 - a_1) + a_1 (b_2 - a_2) \quad (4.36)$$

$$R_1 = (d_1 - c_1) (d_2 - c_2) \quad R_2 = - [d_2 (d_1 - c_1) + d_1 (d_2 - c_2)] \quad (4.37)$$

olarak alınmaktadır.

4.3.2. Bulanık Sayıların Sıralanması

Bulanık sayılar, reel sayılarda olduğu gibi bir sıra takip etmemektedir. Dolayısıyla, bunların birbiriyle kıyaslanması ve sıralanabilmesi için çeşitli yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Birçok yazar tarafından, bulanık sayıların değişik özelliklerine dayanan sıralama yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, sıralamayı çeşitli açılardan ele aldıkları için, aynı veriler kullanılmasına rağmen, alınan sonuçlar farklı olabilmektedir. Her yöntemin avantaj ve dezavantajları vardır ve hangisinin uygulanması gerektiği problemin karmaşıklığına ve bulanık sayıların şekline göre belirlenmelidir. Sıralama yöntemleri şu şekilde gruplanabilir: [31]

- Eniyileme derecesini kullananlar
- Alfa kesitlerini kullananlar
- Bulanık ortalama ve bulanık yayılma kullananlar
- Sol ve sağ değerleri kullananlar
- Merkez endeksi kullananlar
- Sözel sıralamayı kullananlar

Aşağıda, bulanık sayıları sıralama yöntemlerine örnekler verilmektedir:

4.3.2.1. Kaufmann ve Gupta'nın Yöntemi

Bu yöntemin temelinde, bulanık bir sayının “ayrılması” kavramı bulunmaktadır. Aşağıdaki adımlardan oluşur: [37]

1. Adım: Sayıların ayrılması karşılaştırılır. Eğer bir sonuca varılırsa, algoritma sona erdirilir, aksi halde, sonraki adımdan devam edilir.
2. Adım: Üyeliğin en üst seviyeleri karşılaştırılır. Eğer sıralama bulunursa, algoritma tamamlanır, aksi halde 3. adıma geçilir.
3. Adım: Bulanık sayıların zemin uzunlukları karşılaştırılır.

\tilde{A} üçgensel bir bulanık sayı ve $k = 0$ ise, \tilde{A} için ayrılma şu şekilde hesaplanır:

$$R(\tilde{A}, k) = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4} \quad (4.38)$$

Örnek 4.7:

$\tilde{A}_1 = (6, 9, 11)$ ve $\tilde{A}_2 = (7, 8, 12)$ üçgen bulanık sayılar olsun. Bunların ayrılmaları şu şekilde hesaplanır:

$$R(\tilde{A}_1, k) = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4} = \frac{6 + 18 + 11}{4} = 8,75$$

$$R(\tilde{A}_2, k) = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4} = \frac{7 + 16 + 12}{4} = 8,75$$

İki bulanık sayının ayrılmaları eşit olduğu için, 2.adıma geçilir. Burada en yüksek seviye üyelikleri karşılaştırılır. Bu durumda,

$x_{\tilde{A}_1} = 9 > x_{\tilde{A}_2} = 8$ olduğu için $\tilde{A}_1 > \tilde{A}_2$ olduğuna karar verilir ve algoritma sonlandırılır.

4.3.2.2. Liou ve Wang`ın Yöntemi

Bu yöntemde, toplam entegral değer kullanılmaktadır. $\alpha \in [0,1]$ iyimserlik indeksi olmak üzere, $\tilde{A} = (a, b, c)$ üçgen bulanık sayısı için, toplam entegral değer aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır: [41]

$$I_T^\alpha(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \alpha(b + c) + \frac{1}{2} (1 - \alpha)(a + b) = [\alpha c + b + (1 - \alpha)a] \quad (4.39)$$

$0 \leq \alpha \leq 1$ dir. α büyüdükçe, karar verici iyimser, küçüldükçe ise karamsar olarak nitelendirilir.

\tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 bulanık sayıları için kıyaslama aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_1) = I_T^\alpha(\tilde{A}_2) \quad \text{ise} \quad \tilde{A}_1 = \tilde{A}_2 \quad (4.40)$$

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_1) < I_T^\alpha(\tilde{A}_2) \quad \text{ise} \quad \tilde{A}_1 < \tilde{A}_2 \quad (4.41)$$

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_1) > I_T^\alpha(\tilde{A}_2) \quad \text{ise} \quad \tilde{A}_1 > \tilde{A}_2 \quad (4.42)$$

Örnek 4.8:

Örnek 4.7`de kullandığımız üçgen bulanık sayılar için, Liou ve Wang`ın yöntemini uygulayalım.

$\tilde{A}_1 = (6, 9, 11)$, $\tilde{A}_2 = (7, 8, 12)$ ve $\alpha = 0,5$ olsun.

Toplam entegral değerleri;

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_1) = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \cdot 11 + 9 + \left(1 - \frac{1}{2}\right) \cdot 6 \right] = \frac{35}{4} = 8,75$$

$$I_T^\alpha(\tilde{A}_2) = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \cdot 12 + 8 + \left(1 - \frac{1}{2}\right) \cdot 7 \right] = \frac{35}{4} = 8,75 \text{ olarak bulunur.}$$

$\alpha = 0,75$ alındığında ise $I_T^\alpha(\tilde{A}_1) = I_T^\alpha(\tilde{A}_2) = 9,375$ hesaplanmaktadır.

Bu hesaplara göre, Liou ve Wang`ın toplam entegral yöntemi, \tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 bulanık sayılarının eşit olduğu sonucuna varmaktadır.

4.3.2.3. Abdel Kader ve Dugdale`in Yöntemi

Bu yöntem de 4.3.2.2`deki gibi $\alpha \in [0,1]$ iyimserlik indeksini kullanmaktadır. [42]

$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2)$ bulanık sayıları için,

$S = (a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2)$ ve $V(\tilde{A}_k)$ ise \tilde{A}_k `nin değeri olsun.

$$V(\tilde{A}_k) = b_k \left\{ \alpha \left[\frac{c_k - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min} + c_k - b_k} \right] + (1 - \alpha) \left[1 - \frac{x_{\max} - a_k}{x_{\max} - x_{\min} + b_k - a_k} \right] \right\} \quad (4.43)$$

şeklinde hesaplanır. Burada; $x_{\min} = \inf S$ ve $x_{\max} = \sup S$ `dir.

Örnek 4.9:

Örnek 4.7 ve Örnek 4.8`de kullandığımız bulanık sayılarla, Abdul Kader ve Dugdale`in yöntemini uygulayalım.

$\tilde{A}_1 = (6, 9, 11)$ ve $\tilde{A}_2 = (7, 8, 12)$ ve $\alpha = 0,5$ olsun.

$S = \{6, 7, 8, 9, 11, 12\}$, $x_{\min} = 6$ ve $x_{\max} = 12$ `dir.

Buna göre;

$$V(\tilde{A}_1) = 9 \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{11 - 6}{12 - 6 + 11 - 9} \right] + \left(1 - \frac{1}{2}\right) \left[1 - \frac{12 - 6}{12 - 6 + 9 - 6} \right] \right\} = 4,31$$

$$V(\tilde{A}_2) = 8 \left\{ \frac{1}{2} \left[\frac{12-6}{2-6+12-8} \right] + \left(1 - \frac{1}{2}\right) \left[\frac{12-7}{12-6+8-7} \right] \right\} = 3,54$$

hesaplanır ve $\tilde{A}_1 > \tilde{A}_2$ sonucuna varılır.

4.4. Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi

İlk ortaya çıkışından bu yana, birçok araştırmacı değişik alanlarda AHY'yi kullanmıştır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi, oldukça tercih edilen, çok ölçütlü karar verme metodlarından biri olmasına ve kolay uygulanabilmesine rağmen, insanın düşünme şeklini tam olarak yansıtamamaktadır. Çünkü karar verme süreci, her zaman AHY'deki gibi kesin olarak ifade edilememektedir.

Kıyaslamanın belirsizlik içeren yapısından dolayı, karar vericiler ikili kıyaslamaları sabit bir değer olarak belirlemektense, bir aralık üzerinde ya da sözel değişkenler şeklinde ifade etmeyi tercih etmektedirler. Bu nedenle, bulanıklık taşıyan ve hiyerarşik yapıda çözülebilecek problemler için bulanık AHY yöntemi geliştirilmiştir.

Araştırmacılar, bulanık kümeler kuramını ve hiyerarşik modellemeyi kullanarak çok ölçütlü problemlerde, en iyi seçeneği belirlemeye veya seçenekleri sıralamaya yönelik çeşitli yöntemler sunmuştur. Bu yöntemler, birbirinden farklı birçok alanda uygulanmıştır.

Bulanık AHY konusunda ilk çalışma, üçgen bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Buckley (1985), karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlemiştir. Chang (1996), diğer bulanık AHY yaklaşımlarına kıyasla sayısal açıdan daha kolay bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bulanık AHY'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgensel bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertbe değerleri için mertbe analizi yöntemini kullanmıştır. [43-45]

Aşağıda, bulanık AHY uygulamalarına örnekler verilmektedir:

- Cvetkovic (1999), endüstriyel salonların akustik konfor optimizasyonu için bulanık AHY yöntemini kullanmıştır. Belirlenen ölçütler açısından alternatifler sözel olarak karşılaştırılarak bunların bulanık kümeleri tanımlanmış, akustik değerleri gösteren ölçütlerin değerlendirilmesi ise normal AHY ile çözülmüştür. Daha sonra bunların çarpımlarıyla alternatifler arasından en iyi olanına ulaşılmıştır. [46]

- Cheng (1999), dilsel değişken ağırlıklarına dayalı AHY yöntemini kullanarak silah sistemlerinin değerlendirilmesi için yeni bir yöntem önermiştir. [47]

- Chou ve Liang (2001), AHY yöntemini ve entropi kavramını kullanarak deniz taşımacılığı firmasının performans değerlendirmesi için bir bulanık çok ölçütlü karar verme modeli önermiştir. Öncelikle, ölçütlerin ve alt ölçütlerin ağırlıkları AHY ile bulunmuş, ardından üçgen ve yamuk sayılarla ifade edilen sözel değerler kullanılarak alternatifler değerlendirilmiştir. [48]

- Sohn ve arkadaşları (2001), karar verme sürecinde yetersiz kalan kamusal algılamanın yol açtığı hataları çözmek için AHY ve çok ölçütlü fayda analizini birlikte uygulamışlardır. Bu yöntemle, Kore’de, kullanılmış yakıt depolama süreci ile ilgili altı önerisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, kamusal risk algılamasının nükleer çalışmalarla ilgili karar verme sürecinde önemli bir etken olduğu ortaya çıkmıştır.[49]

- Tsaur ve arkadaşları (2002), havayollarının servis kalitesinin değerlendirilmesi problemi için AHY ve TOPSİS yöntemlerini uygulamışlardır. Servis kalitesinin birçok ölçüte bağlı olmasından ve bu ölçütlerin çoğunun soyut olmasından dolayı, ölçülmesi zordur. Bu sorunu giderebilmek için, performans ölçümünde bulanık kümeler teorisi kullanılmıştır. Ölçütlerin ağırlıklarının belirlenmesi için AHY ve bunların sıralanması için de TOPSİS tekniği kullanılmıştır. [50]

- Kuo ve arkadaşları (2002), yeni bir mağaza yerleşimi için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. İlk önce, ilgili çalışmalar incelenerek ve perakende sektörü uzmanlarının görüşleri alınarak bulanık AHY’nin hiyerarşik modeli çıkarılmıştır. Daha sonra ölçütlerin ağırlıklarının değerlendirileceği anket hazırlanmış ve faktörler ile mağaza performansı arasındaki ilişkiyi anlamak için yapay sinir ağı kullanılmıştır.[51]

- Rong (2003), işletme atıklarının değerlendirilmesi ve israfın önlenmesi için AHY yöntemi ve bulanık küme teorisini kullanan bir yöntem önermiştir. Yöntem değerlendirme, kümeleme ve sıralama olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. İlk olarak, zararlı atık kaynaklarının belirlenmesi ve her bir atık çeşidinin zararlılığını ölçmek için AHY kullanılmış ve bir atık değerlendirme indeksi hesaplanmıştır. İkinci olarak, daha zararlı atıkların kümelendirilmesi için bulanık korelasyona dayalı bulanık kümeleme yapılarak önemli atık kaynakları özetlenmiştir. Son olarak, bulanık geniş kapsamlı değerlendirme kullanılarak ortadan kaldırılacak her bir önemli atık kaynağının önceliği sıralanmış ve modelin geçerliliği bir saha çalışması ile ortaya koyulmuştur. [52]

- Shamsuzzaman (2003), esnek imalat sistemi alternatiflerinin sıralanması ve bunlardan en uygununun seçimi için bulanık AHY yöntemini uygulamıştır. 14 seçim ölçütü sözel değişkenler ile belirtilmiştir. AHY yöntemi, seçim ölçütlerinin göreceli ağırlıklarını ve önemlerini belirlemek için kullanılmıştır. [53]

- Kahraman ve arkadaşları (2003), tesis yeri yerleşim probleminin çözümü için nicel ve nitel ölçütler kullanarak 4 farklı bulanık çok ölçütlü grup karar verme yaklaşımını kıyaslamıştır. [54]

- Büyüközkan (2004), yazılım geliştirme stratejisinin seçimi için bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemi önermiştir. Bulanık nakit akışı ve bulanık AHY'yi kullanarak ekonomiklik ve kalite faktörlerine göre yazılım geliştirme projesi için alternatif stratejiler değerlendirilmiş ve model gerçek bir problem üzerinde uygulanmıştır. [55]

- Kahraman ve arkadaşları (2004), müşteri beklentileri ve uzman görüşleri doğrultusunda, bir anket çalışması ile İstanbul'da faaliyet gösteren 3 adet Catering firması arasında bir değerlendirme yapmıştır. [56]

- Cheng (2004), telekom şirketlerinin internet şebeke alanlarının yenilenmesi ve genişletilmesinde kullanacakları alt yapı sistemlerinin belirlenmesi ve bunların geleceğe yönelik planlanmasında bulanık AHY'yi kullanmıştır. Ölçütler, uzmanlar tarafından klasik AHY ile önceliklendirilmiş, alternatifler sözel ifadeler aracılığıyla değerlendirilmiş, ardından birleşik ağırlıklandırma yapılmıştır. [57]

4.4.1. Laarhoven ve Pedrycz Yöntemi

Saaty'nin AHY yönteminin üçgen bulanık sayılarla uygulanması şeklindedir. Bulanık ağırlıkları ve performans değerlerini bulmak için logaritmik en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Birden çok karar vericinin fikirleri modellenenmektedir. Çok fazla hesaplama gerektirmesi bir dezavantajdır. [58]

Karşılık matrisi aşağıdaki gibi aşağıdaki gibi olsun:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4.44)$$

a_{ij} reel sayılardır. $\underline{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ vektörü aşağıdaki denklemin minimize edilmesiyle bulunur.

$$\sum_{i < j} (\ln a_{ij} - \ln (w_i / w_j))^2 \quad (4.45)$$

Birden fazla karar verici olduğunda, $\underline{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ vektörünü bulmak için, aşağıdaki denklem minimize edilir.

$$\sum_{i < j} \sum_{k=1}^{P_{ij}} (\ln a_{ijk} - \ln(w_i / w_j))^2 \quad (4.46)$$

$k=1, 2, \dots, P_{ij}$, w_i / w_j için P_{ij} adet tahmin belirtir. Hiç karşılaştırma yapılmamışsa, P_{ij} sıfırdır, tek karar verici varsa, 1'e eşittir.

Eğer $y_{ijk} = \ln a_{ijk}$, $z_i = \ln w_i$ ve $z_j = \ln w_j$ olarak alınırsa, minimize edilecek denklem şu şekilde olur:

$$\sum_{i < j} \sum_{k=1}^{P_{ij}} (y_{ijk} - z_i + z_j)^2 \quad (4.47)$$

$$z_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_{ij} z_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \sum_{k=1}^{P_{ij}} y_{ijk}, \forall i \quad (4.48)$$

Denklemlerin z_i için çözülmesiyle, $\underline{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ağırlık vektörü elde edilir.

Algoritma

Adım 1:

Karar vericilerin fikirlerine dayanarak $n+1$ tane bulanık karşılık matrisi oluşturulur. Elde edilen matrisler, aşağıdaki şekilde olmalıdır. Burada, $a_{ijP_{ij}}$ değerleri, karar vericilerin belirlediği bulanık oranlardır.

$$\left(\begin{array}{cccc} & a_{121} & & a_{1n1} \\ (1,1,1) & a_{122} & \cdots & a_{1n2} \\ & a_{12P_{12}} & & a_{1nP_{1n}} \\ a_{211} & & & a_{211} \\ a_{212} & (1,1,1) & & a_{212} \\ a_{21P_{21}} & & & a_{21P_{21}} \\ \vdots & & & \\ a_{n11} & a_{n21} & & (1,1,1) \\ a_{n12} & a_{n22} & \cdots & \\ a_{n1P_{n1}} & a_{n2P_{n2}} & & \end{array} \right) \quad (4.49)$$

Adım 2: $z_i = (l_i, m_i, u_i)$ olsun. Aşağıdaki doğrusal denklemler çözülür.

$$l_i \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n P_{ij} u_{ij} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^{P_{ij}} [\ln l_{ijk}], \forall i \quad (4.50)$$

$$m_i \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n P_{ij} m_{ij} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^{P_{ij}} [\ln m_{ijk}], \forall i \quad (4.51)$$

$$u_i \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n P_{ij} \right) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n P_{ij} l_{ij} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^n \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq 1}}^{P_{ij}} [\ln u_{ijk}], \forall i \quad (4.52)$$

$\ln(l_{ijk})$ ve $\ln(u_{ijk})$, $\ln(a_{ijk}) = -\ln(a_{ijk})$ değerlerinin alt ve üst değerleri olduğundan, aşağıdaki eşitlikler sağlanmalıdır.

$$\ln(l_{ijk}) + \ln(l_{ijk}) = \ln(u_{ijk}) + \ln(u_{ijk}) = 0, \forall i, j, k \quad (4.53)$$

(4.50) ve (4.52) no'lu denklemler lineer bağımlıdır. Aynısı, denklem (4.51) için de geçerlidir. Genel olarak (4.50), (4.51) ve (4.52) için t_1 ve t_2 keyfi seçilirse, şu şekilde bir çözüm vardır:

$$z_i = (l_i + t_1, m_i + t_2, u_i + t_1), \forall i \quad (4.54)$$

Adım 3 :

İkinci adımdaki lineer sistemde, denklemlerin sağ tarafları logaritmik fonksiyonlardı. Bu yüzden, bulanık ağırlıkları hesaplamak için l_i , m_i ve u_i 'nin eksponensiyeli bulunmalıdır.

$$w_i = (\lambda_1 \exp(l_i), \lambda_2 \exp(m_i), \lambda_3 \exp(u_i)) \quad (4.55)$$

$$\lambda_1 = \left(\sum_{i=1}^n \exp(u_i) \right)^{-1} \quad (4.56)$$

$$\lambda_2 = \left(\sum_{i=1}^n \exp(m_i) \right)^{-1} \quad (4.57)$$

$$\lambda_3 = \left(\sum_{i=1}^n \exp(I_i) \right)^{-1} \quad (4.58)$$

Adım 4: Tüm karşılık matrisler bulununcaya kadar, ilk 3 adım tekrarlanır. Bulanık ağırlıklar ve performans puanları hesaplanınca, her bir seçenek için bulanık fayda aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (4.59)$$

4.4.2. Buckley Yöntemi

Klasik AHY'yi bulanık karşılaştırma oranları ve yamuk bulanık sayılar kullanarak geliştirmiştir. Laarhoven ve Pedrycz'in yöntemindeki lineer denklem sisteminin her zaman tek bir çözümünün olmaması ve ağırlıklar için üçgen bulanık sayı elde edilmesinin zorunlu olması sorunlarını çözebilmek amacıyla, geometrik ortalamayı kullanmıştır. Böylece, karşılaştırma matrisi için tek çözüm bulunabilmektedir. Karşılaştırma matrisi şu şekildedir: [59,60]

$$a \begin{pmatrix} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4.60)$$

Her satırın geometrik ortalaması şöyle hesaplanır:

$$z_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n} \quad (4.61)$$

w_i ağırlığı aşağıdaki gibi bulunur:

$$w_i = z_i / (z_1 + \dots + z_n), \forall i \quad (4.62)$$

Algoritma

Adım 1:

Karar vericiye danışarak karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matrisin elemanları $\tilde{a} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ şeklinde yamuk bulanık sayılar olacaktır.

Adım 2 :

Bulanık w_i ağırlıklarını bulmak için öncelikle, her satır için geometrik ortalama hesaplanır.

$$z_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{n'} , \forall i \quad (4.63)$$

Bulanık ağırlık şu şekilde bulunur:

$$w_i = z_i \otimes (z_1 \oplus \dots \oplus z_n)^{-1} \quad (4.64)$$

Burada, \otimes ve \oplus işaretleri, sırasıyla bulanık çarpma ve bulanık toplama işlemlerini ifade etmektedir. Karşılaştırma matrisi elemanı a_{ij} 'nin sol ve sağ kısımları şöyle tanımlanır:

$$f_i = \left(\prod_{j=1}^n \frac{b_{ij} - a_{ij}}{a_{ij}} \right)^{n'} \quad (4.65)$$

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^n \frac{c_{ij} - d_{ij}}{d_{ij}} \right)^{n'} \quad (4.66)$$

$$\bar{a}_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{n'} \quad (4.67)$$

$$a = \sum_{i=1}^m a_i \quad (4.68)$$

b_i, b, c_i, c, d_i ve d benzer şekilde hesaplanmaktadır. Buradan, w_i aşağıdaki gibi bulunur:

$$w_i = \left[\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right], \forall i \quad (4.69)$$

x , yatay ekseninde bir reel sayı olmak üzere, $\mu_{w_i}(x)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekildedir:

x	$\mu_{w_i}(x)$
$\leq (a_i/d)$	0
$\geq (d_i/a)$	0
$[b_i/c, c_i/b]$	1
$[a_i/d, b_i/c]$	$\alpha \in [0,1]$
$[c_i/b, d_i/a]$	$\alpha \in [0,1]$

(4.70)

$x \in [a_i/d, b_i/c]$ ise:

$$x = f_i(\alpha) / g_i(\alpha) \quad (4.71)$$

$$f(\alpha) = \sum_{i=1}^m f_i(\alpha), \quad g(\alpha) = \sum_{i=1}^m g_i(\alpha) \quad (4.72)$$

Bulanık performans puanları, r_{ij} , $\forall i, j$ bulununcaya kadar ikinci adım tekrarlanır.

Adım 3:

Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans puanları birleştirilir. Bulanık fayda değerleri, aşağıdaki denklemlerle hesaplanır:

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad \forall i \quad (4.73)$$

4.4.3. Chang`in Mertebe Analizi Yöntemi

$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ nesne kümesi, $G = \{ g_1, g_2, \dots, g_m \}$ amaç kümesi olsun. Chang`in genişleme analizine göre, her nesne tek tek ele alınır ve her bir amaç için mertebe analizi uygulanır. Böylece, her nesne için m tane mertebe analizi yapılmış olur. Elde edilen değerler aşağıdaki gibidir: [61]

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, \dots, n \quad (4.74)$$

Burada, tüm $M_{g_i}^m$ değerleri, üçgen bulanık sayılardır.

Algoritma

Adım 1:

i. nesneye göre bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde hesaplanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4.75)$$

Buradaki, $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değerini elde etmek için, m adet merteye analizine aşağıdaki gibi

bulanık toplama işlemi uygulanır:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right] \quad (4.76)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right] \quad (4.77)$$

Daha sonra da, (4.72)'deki vektörün tersi bulunur:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right] \quad (4.78)$$

Adım 2 :

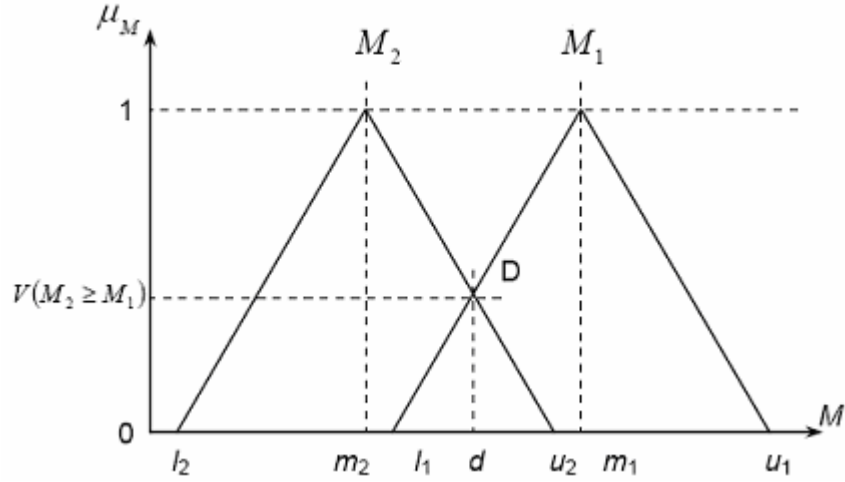
$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'in olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (4.79)$$

Bu ifade, aynı zamanda şuna denktir:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \text{ ise} \\ 0 & l_1 \geq u_2 \text{ ise} \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (4.80)$$

$V(M_2 \geq M_1)$ 'nin değeri, d, μ_{M_1}, μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası ve D'nin ordinatı olmak üzere, Şekil 4.10'da gösterilmektedir. M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisinin de hesaplanması gereklidir.



Şekil 4.10: M_1 ve M_2 'nin kesişimi

Adım 3 :

Konveks bir bulanık sayının, k tane konveks bulanık sayıdan, M_i , $i = 1, \dots, k$, büyük olmasının olabilirlik derecesi şöyle tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \cap (M \geq M_2) \dots (M \geq M_k)]$$

$$= \min V(M \geq M_i), i = 1, \dots, k \quad (4.81)$$

$k = 1, \dots, n$, $k \neq i$ için,

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğunu varsayalım. O halde, ağırlık vektörü,

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (4.82)$$

şeklinde olacaktır. Burada, A_i ($i = 1, \dots, n$) ise, n adet eleman vardır.

Adım 4 :

Normalleşme sonucu, ağırlıklar aşağıdaki gibidir:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (4.83)$$

5. RADYO FREKANSIYLA TANIMLAMA TEKNOLOJİSİNİN UYGULANMASI KARARININ BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ KONUSU ÇALIŞMA

5.1. Problemin Tanımı

Yapılan çalışma kapsamında, bankacılık sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın, Otomatik Tanıma/Veri Toplama (OT/VT) teknolojilerinin en yenilerinden biri olan Radyo Frekansıyla Tanımlama`yı, para nakil operasyonlarında uygulama kararı değerlendirilmektedir.

Firma, hafta içi her gün, bağlı bulunduğu bankanın şubeleri, anlaşmalı bazı firmalar ve Merkez Bankası arasında para taşıma işlemi gerçekleştirmektedir. Bahsedilen bu noktalarda, nakit ihtiyacı ya da nakit fazlalığı olduğunda, belirli saat dilimleri içerisinde, para torbaları zırlı araçlar ile ilgili yerlere götürülmektedir. Taşınan paranın geliş-gidiş noktası, miktarı vb. bilgiler bir kağıt üzerine basılarak para torbalarına konulmaktadır. Bunun yerine, taşıma süreci boyunca, torbaların güvenliği ve takibinin daha kolay yapılabilmesi için torbalara RFT etiketleri yerleştirilmesi önerisi bulunmaktadır. Ayrıca, ilgili giriş-çıkışlara RFT okuyucu ve antenler ile zırlı araçların içerisine sistemin devamlılığını sağlayacak cihazların konulması düşünülmektedir.

5.2. Kullanılan Yöntem

Literatürde, RFT teknolojisinin firmalara uyarlanması kararının verilmesiyle ilgili benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Karşılaşılan bir makalede, bu karar verme problemi, daha dar kapsamda, ölçüt sayısı daha az ve ölçütleri gruplama şekli farklı olarak, incelenmiş ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmıştır. [62]

Uygulamada ele alınan problemin çözümünde, bu makalede belirtilen ölçütlerin yeterli olmadığı düşünülerek modelin geliştirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla, Radyo Frekansıyla Tanımlama teknolojisi hakkında, geniş çaplı literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırmadan edinilen bilgiler doğrultusunda, RFT`nin, karar probleminin çözülmesinde etkili olabilecek özellikleri saptanmıştır.

Bu özellikler, ana ve alt ölçütler şeklinde düzenlenmiş ve hiyerarşik model oluşturulmuştur. Modelin kurulmasında kullanılan bilgiler arasında, teknolojinin çalışma prensibi, üstün ve zayıf yönleri, bu teknolojiyi kullanan bir sistemin temel bileşenleri, RFT'nin şu anki pazar hacmi, gelecekte karşılaşılabileceği öngörülen gelişmeler ve RFT'nin önündeki engeller yer almaktadır.

Ölçüt sayısının fazla olması ve karar verme işleminin daha kolay ve anlaşılır şekilde yürütülmesinin istenmesi sebebiyle, çok ölçütlü karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Yönteminin kullanılması düşünülmüştür. Ancak, karar vericilerin daha esnek davranmalarını sağlamak ve karar verme işleminin belirsizliklerini azaltmak için ikili karşılaştırmaların kesin sayılar yerine bulanık sayılarla ifade edilebilmesi tercih edilmiştir. Bu nedenle, Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemine başvurulmuştur.

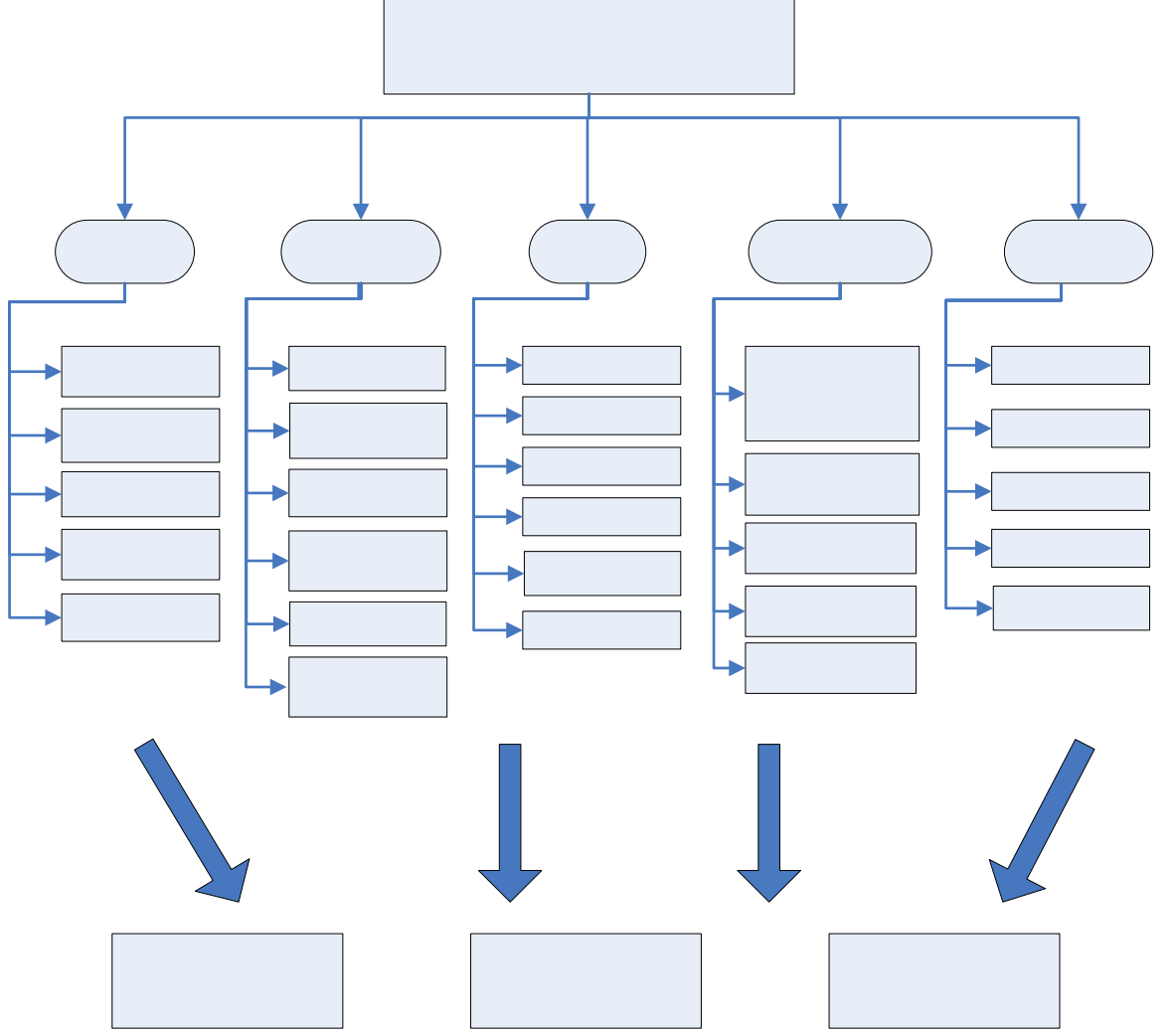
Firmada, bu tür teknoloji kararlarının alınmasında ve uygulanmasında yetkili olan kişiler ile hazırlanan hiyerarşik yapının uygunluğu hakkında görüşülmüş ve yetkililer tarafından, kullanılan ölçütlerin kararın verilebilmesi için yeterli olduğu belirtilmiştir. Yetkililer de, RFT'nin uygulanması kararında, sistemin kullanılabilirliği, katlanılacak maliyet, şimdiki yapıya kıyasla ne gibi katkısı olacağı ve uzun vadede sağlayacağı avantajların incelenmesi gerektiğini düşünmektedir.

Hiyerarşinin tamamlanmasının ardından, ölçütlerin ve alternatiflerin karar vericiler tarafından karşılaştırılması gerekmektedir. Bunun için karar matrislerinin oluşturulmasında kullanılmak üzere, EK A'da verilen anket hazırlanmıştır. Anket, firmada bu sistemin kurulması çalışmalarını gerçekleştirecek kişiler tarafından doldurulmuştur. Ankette yer alan sözel değişkenlerin sayısal karşılıkları Tablo 5.1'deki ölçeğe göre saptanmış ve karar vericilerin cevaplarının geometrik ortalaması alınarak EK B'de verilen sonuç karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir.

Bu matrisler, 4.4.3'te açıklanan, "Chang'in mertebe analizi yöntemi" kullanılarak değerlendirilmiş, gerekli olan hesaplamalar MS Excel'de yapılmıştır.

Tablo 5.1: Uygulamada kullanılan bulanık önem dereceleri

Sözel Ölçek	Bulanık Üçgensel Ölçek	Karşılık Bulanık Üçgensel Ölçek
Eşit derecede önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
Biraz daha önemli	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Oldukça önemli	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
Çok fazla önemli	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Kesinlikle daha önemli	(2,5/2,3)	(1/3,2/5,1/2)



Şekil 5.1: Radyo Frekansıyla Tanımlama Teknolojisinin Uygulanması Kararının Değerlendirilmesine İlişkin Hiyerarşik Yapı

TEKNİK
UNSURLAR

5.3. Uygulamada Kullanılan Hiyerarşik Yapı ve Ölçütler

Karar probleminin çözülmesinde kullanılan hiyerarşik yapı Şekil 5.1`de gösterilmektedir. Hiyerarşinin en üst seviyesinde, uygulamanın amacı olan “Radyo Frekansıyla Tanımlama teknolojisinin firmaya uygulanma kararının değerlendirilmesi” yer almaktadır.

Alt seviyelerde, sırasıyla, karar verme sürecinde etkili olacak ana ölçütler ve daha sonra da bunlara bağlı olan alt ölçütler bulunmaktadır.

En alt seviyede ise, problemin karar alternatifleri olan “RFT teknolojisi uygulansın”, “RFT teknolojisi uygulanmasın” ve “RFT teknolojisi pilot olarak uygulansın” yer almaktadır.

5.3.1. TU - Teknik Unsurlar

5.3.1.1. TU1 - Ürün Tanımlama Özellikleri

Ürünleri tanımlamak için ne tip bilgiler kullanılabileceği, tanımların ürün grubuyla ilgili genel bilgiler dışında, ürüne özgü detayları da içerip içeremeyeceği firmalar için önemli bir ölçüttür. [3,7,8,23,28]

RFT sistemlerinde kullanılan etiketlerde -Elektronik Ürün Kodu (EPC) sayesinde-, ürünün ait olduğu ürün grubuna ait genel özelliklerin yanısıra, o ürüne özgü bazı bilgiler de taşınabilmektedir. Böylece, her ürünün tekil olarak sistemde tutulması sağlanabilmektedir.

5.3.1.2. TU2 - Verilerin Güncellenebilmesi

Ürünler, üzerlerindeki etiketlerde genel ve tekil içerikli birçok bilgi taşımaktadır. Bu bilgilerin gerektiğinde değiştirilebilmesi, bunun için de ürün üzerindeki etiketlerin güncellenmesi gerekmektedir. Ürün bilgilerinin nasıl güncellenebileceğini bu ölçüt ifade etmektedir. [3,7,23,27,28]

Barkod sistemlerinde, ürün bilgisinde değişiklik yapılmak istenirse, eski barkodun güncel bilgiyi içeren yenisiyle değiştirilmesi gerekmektedir; RFT sistemlerinde ise, ürün üzerindeki etikette veri güncellemesi yapılabilmesi mümkündür.

5.3.1.3. TU3 - Bellek Kapasitesi

Etiketlerin ürünle ilgili taşıyabileceği bilgi miktarını ifade etmektedir. Firmalar mümkün olduğunca fazla bilgiyi kullanmak istedikleri için önemlidir. [3,7,23]

Farklı uygulamalara göre değişkenlik göstermekle birlikte, RFT sistemi ile en çok 2 KB'lık data taşınabilmektedir ve barkodlara oranla çok daha fazla kapasiteye sahiptir.

5.3.1.4. TU4 - Etiketlerin Dayanıklılığı

Bu ölçüt kapsamında, etiketlerin kirli, nemli, sıcak ve soğuk ortamlardan etkilenip etkilenmediği ve ortalama ömürleri dikkate alınmaktadır. [3,7,8,23]

RFT etiketleri, kir ve nemden etkilenmez. Performansı (yüksek ve ultra yüksek frekanslarda), metal ve su bulunan ortamlarda kayba uğrayabilir.

5.3.1.5. TU5 - Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı İzleme

Ürünlerin, taşıdıkları etiketler sayesinde her an izlenebilir olması, firmaların istedikleri anda, gerçek zamanlı olarak verilere ulaşabilmesini sağlamaktadır. Bilgiyi görüntüleme, kontrol etme ve gerektiğinde akışa müdahale edebilme olanağı getirmektedir. [3,7,8,23]

5.3.2. OK - Okunabilirlik

5.3.2.1. OK1 - Okunabilen Etiket Sayısı

Etiketlerin bir kerede teker teker ya da çoklu miktarlarda okunabildiğini ifade eder. [3,7,23,24,28]

RFT sistemlerine 10-100 kadar etiketi aynı anda okumak mümkündür. Kutu, koli şeklinde paketlenmiş ürünlerin okunmasını kolaylaştırması bakımından önemlidir.

5.3.2.2. OK2 - Etiketlerin Görünür Olması

Otomatik tanıma sistemlerinde ürünlerin tanınması/algılanabilmesi için okuyucu ile karşılıklı olarak görünmeleri gerekmektedir. Mesela barkodlarda, lazer okuyucu, barkod üzerindeki şeritleri görerek okuyabilmektedir; RFT`de ise görüş koşulu bulunmamaktadır. [3,7,23,24,28]

5.3.2.3. OK3 - Okuma/Yazma Alanı

Okuyucunun etiketlerle iletişim kurabildiği mesafeyi belirtmektedir. Bu alan içindeki etiketleri okuyabilir ve yazma özelliği varsa, yine bu sınırlar içinde etikete bilgi aktarabilir. Kullanılan frekans değerine ve anten büyüklüğüne göre değişmektedir. Okuma/Yazma alanının geniş olması, daha uzaktaki etiketlerin de kolayca okunabilmesi bakımından önemlidir. [3,7,23,24,28]

5.3.2.4. OK4 - Çevresel Koşulların Etkisi

Yüksek frekanslı dalgalar su içinde absorbe olurken, metal nesnelere tarafından da etkilenmektedir. Sistem tasarımında, kurulum ortamına dikkat edilmeli, taşınılacak ürün özelliklerine göre, ayarlamalar yapılmalıdır. [7,23]

5.3.2.5. OK5 - Okuma Hızı

Ürünlerin geçişi, sistemde akışı sırasında okunabildikleri hız anlamına gelir. Kimi ürünler, çok hızlı hareket halinde oldukları için daha çabuk algılanmaları gerekmektedir. Kullanılacak ortama ve ürüne göre bu hızın önemi değişkenlik göstermektedir. [3,7,23,24,28]

5.3.2.6. OK6 - İnsan Müdahalesi Gerekliliği

Etiketlerin okunabilmesi için bir insan/operatör müdahalesine gerek olup olmadığını ifade eder. [3,7,23,24,28]

RFT sistemlerinde, etiket okuyucunun okuma alanına girdiği zaman, otomatik olarak okunacaktır. Bu, hem işlemlerin hızlı yapılmasını hem de daha az insan gücüne ihtiyaç duyulmasını sağlamaktadır.

5.3.3. M - Maliyet

5.3.3.1. M1 - Etiket

Sistemde kullanılacak etiketin tipine, sayısına ve özelliklerine göre değişen maliyet tipidir. Ürün hareketlerinin yoğun olduğu düşünüldüğünde, sistem maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. [23-28]

5.3.3.2. M2 - Donanım/Yazılım

Sistemin kurulumunda kullanılacak cihazlar ve bunlara yüklenecek programların maliyetini kapsamaktadır. [23-28]

5.3.3.3. M3 - Sistem Tasarımı

Uygulamada kullanılacak ürünler, içinde bulunulacak ortam özellikleri, okuyucu/anten yerleşimleri gibi kritik konuların incelenmesi gerekmektedir. Bir çalışmada, olumlu sonuçlar veren bir sistemin farklı koşullar barındıran bir diğeri için de başarılı olacağı düşünülmemelidir. Her bir uygulama için dikkatli bir analiz yapılmalı ve çıkan sonuçlara uygun bir sistem tasarlanmalıdır. [7,23,26-28]

5.3.3.4. M4 - Test

Tasarımı yapılan sistem için test laboratuvarlarında, uygun okuma açısı, mesafe ve hız ile ilgili yapılması gereken testlerin maliyetini ifade etmektedir. Tasarlanılan sistemin ne seviyede istekleri karşılayacağını öngörebilmek için testlere önem verilmeli ve alınan sonuçlara göre gerekirse değişiklikler yapılmalıdır. [7,23,26-28]

5.3.3.5. M5 - Sistem Entegrasyonu

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 anlaşılacaktır. [23-28]

5.3.3.6. M6 - Bakım / Destek

Sistem sağlayıcılar tarafından, kurulum sırasında yapılan anlaşmada belirtilen periyodlarla, sistemin kontrol edilmesi ve herhangi bir sorunla karşılaşıldığında teknik destek alınması gerekmektedir. [7,23,26-28]

5.3.4. OR - Organizasyonel Unsurlar

5.3.4.1. OR1 - Mevcut Uygulamaların / Süreçlerin Uygunluğu

Mevcut iş yapış şekilleri, süreçler ve kullanılan uygulamaların yeni kurulacak sisteme ne kadar uyduğu incelenmelidir. Bazı konularda, ufak değişiklikler yapılarak uyumlaştırma sağlanabilirken, bazılarında temel yeniliklere gidilmesi gerekebilir. Bunların dikkatli bir şekilde belirlenmesi önemli bir unsurdur. [22-28]

5.3.4.2. OR2 - Operasyon Maliyetlerine Etkisi

Yeni sistem, tasarım ve kurulumu sırasında, oldukça yüklü bir maliyet yaratıyor gibi gözükse de, uzun vadede getireceği avantajlar ve dezavantajlar da dikkate alınarak hesaplama yapılmalıdır. Operasyonların yürütülebilmesi için mevcuttaki maliyetten nasıl bir farklılaşmaya götüreceğine bakılmalıdır. [22-28]

5.3.4.3. OR3 - Operasyon Etkinliğine Katkısı

Uygulanan sistemin, geçmişteki iş akışlarından ne gibi bir farkı olacağı, kayıpları ne kadar azaltacağı, hangi konularda olumlu katkılarda bulunacağı belirlenmelidir. Operasyonların etkinliği üzerinde herhangi bir gelişme sağlanabiliyor mu, bunu kontrol etmek önemlidir. [22-28]

5.3.4.4. OR4 - İnsangücü Gereksinimi

“Sistemin hazırlanması sırasında gerekli olan işgücü ne kadar olacak?” ve “Sistem çalışmaya başladıktan sonra operasyonların sürdürülebilmesi için gerekecek insan gücünde değişme olacak mı?” sorularının cevabını bulmak gerekmektedir. [22-28]

5.3.4.5. OR5 - Rekabet Avantajı Sağlama

Rakiplerin kurulması düşünülen sistem veya benzeri şekilde çalışan uygulamalarının olup olmadığı, bunları ne ölçüde kullandıkları ve oluşturulması düşünülen yeni yapının firmaya ne gibi rekabet avantajları sağlayacağı incelenmelidir. [22-28]

5.3.5. R - Risk Unsurları

5.3.5.1. R1 - Veri Güvenliği

Firmalar için ürünlerinin üzerlerinde taşınan bilginin korunması önem taşımaktadır. Etiketin içine virüs bulaştırarak veriyi değiştirme, silme, sinyal alıp vermeyi engelleme yapılabileceği düşünülürse, veriler sürekli risk altındadır. Bu tür saldırıları önleyebilmek için çeşitli şifreleme fonksiyonları kullanılmalı ve güvenli iletişim için geliştirilen yöntemler takip edilmelidir. [7,22-28]

5.3.5.2. R2 - Veri Gizliliği

Ürünlerin sürekli izlenebilecek olması, kimi zaman bunları kullanan kişilerin de takip altında olması anlamına gelmektedir. Bu da özel hayata müdahale olarak düşünülmekte ve birçok kişi tarafından hoş karşılanmamaktadır. İzleme olayının belirli bir seviyede tutulması, hatta perakende sektörü için, ürün mağazadan çıkınca sonlandırılması şeklinde yorumlar bulunmaktadır. [7,22-28]

5.3.5.3. R3 - Sağlığa Etkisi

Uygulamanın sağlık üzerinde ne gibi olumsuz etkiler oluşturabileceği henüz bilinmemektedir. Teknoloji yeni yaygınlaşmaya başladığı için, uzun süredir kullanıldığı ve sağlığa etkilerinin gözlendiği bir proje yoktur ,ancak radyo dalgalarının uzun vadede etkisinin olacağı düşünülmektedir. [7,22-28]

5.3.5.4. R4 - Standartlar

Sistemin bileşenleri, işleyişi hakkında genel geçerliliği olan standartlar bulunup bulunmaması önemlidir. Kapalı sistem olarak çalışmamak, diğer sistemlerle de uyum sağlayabilmek için ortak yöntemler ve ifadeler bulunması gerekmektedir.

Şu anda, RFT ile ilgili standartlar tam olarak oturmamıştır. Çeşitli kuruluşlar tarafından bu konu hakkında çalışmalar sürdürülmektedir. [7,22-28]

5.3.5.5. R5 - Sistem Sağlayıcılar

Pazarda, sistemin tasarımı için danışmanlık desteği verecek, donanım ve yazılımları sağlayabilecek firmaların bulunması, bunların sayısı ve en önemlisi tecrübeleri ve önceden başarılı projelere imza atmış olmaları önemli bir etkidir. Daha tam olarak yerleşmemiş teknolojiler için, ürün ve hizmet desteği alınabilmesi firmalar açısından hız ve güven sağlayacaktır. [23-28]

5.4. Uygulamadan Örnek Bir İkili Karşılaştırma Matrisi ve Ağırlıklandırma

Uygulama kapsamında, 5.3`te açıklanan ölçütlerin ikili karşılaştırmaları sonucunda, bunların birbirlerine göre önem dereceleri hesaplanmış ve ardından, alternatifler için kıyaslama yapılmıştır.

Aşağıda, amaca göre ana ölçütlerin kıyaslanması için Excel`de yapılan hesaplamalar, örnek olarak verilmektedir. Diğer karşılaştırma matrisleri ve sonuçlar EK B`de yer almaktadır.

Tablo 5.2`de ana ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi gösterilmektedir. Bu tablodaki değerlerden, 4.4.3`te belirtilen Chang`in mertebe analizi yöntemi kullanılarak aşağıdaki sentetik mertebe değerleri elde edilmiştir:

Tablo 5.2: Ana amaca göre bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	TU	OK	M	OR	R
TU	1,00 1,00 1,00	0,64 0,79 1,17	0,67 1,13 1,75	0,79 1,17 1,75	0,88 1,00 1,13
OK	0,86 1,26 1,56	1,00 1,00 1,00	0,92 1,25 1,75	0,63 0,92 1,75	0,92 1,25 1,75
M	0,57 0,89 1,50	0,57 0,80 1,09	1,00 1,00 1,00	0,75 1,13 2,00	0,67 1,13 1,75
OR	0,57 0,86 1,26	0,57 1,09 1,60	0,50 0,89 1,33	1,00 1,00 1,00	0,63 1,13 1,63
R	0,89 1,00 1,14	0,57 0,80 1,09	0,57 0,89 1,50	0,62 0,89 1,60	1,00 1,00 1,00

$$S_{TU} = (3,98, 5,09, 6,79) \otimes (1/35,10, 1/28,04, 1/18,76) = (0,11, 0,18, 0,36)$$

$$S_{OK} = (4,31, 5,68, 7,81) \otimes (1/35,10, 1/28,04, 1/18,76) = (0,12, 0,20, 0,42)$$

$$S_M = (3,56, 4,94, 7,34) \otimes (1/35,10, 1/28,04, 1/18,76) = (0,10, 0,18, 0,39)$$

$$S_{OR} = (3,27, 4,96, 6,82) \otimes (1/35,10, 1/28,04, 1/18,76) = (0,09, 0,18, 0,36)$$

$$S_R = (3,65 , 4,58 , 6,33) \otimes (1/ 35,10, 1/ 28,04, 1/ 18,76) = (0,10 , 0,16 , 0,34)$$

Bu sentetik değerler ile aşağıdaki karşılaştırma sonuçları bulunur:

$$\begin{array}{llll} V(TU>OK) & = 0,92 & V(OK>TU) & = 1,00 \\ V(TU>M) & = 1,00 & V(OK>M) & = 1,00 \\ V(TU>OR) & = 1,00 & V(OK>OR) & = 1,00 \\ V(TU>R) & = 1,00 & V(OK>R) & = 1,00 \\ V(M>TU) & = 1,00 & V(OR>TU) & = 1,00 & V(R>TU) & = 0,93 \\ V(M>OK) & = 0,91 & V(OR>OK) & = 0,90 & V(R>OK) & = 0,85 \\ V(M>OR) & = 1,00 & V(OR>M) & = 1,00 & V(R>M) & = 0,95 \\ V(M>R) & = 1,00 & V(OR>R) & = 1,00 & V(R>OR) & = 0,95 \end{array}$$

Bu hesaplamalardan birini örnek olarak gösterelim:

$$V(R>TU) = \frac{0,11 - 0,34}{(0,16 - 0,34) - (0,18 + 0,11)} = 0,93$$

$$d(TU) = \min(0,92 , 1,00 , 1,00 , 1,00) = 0,92$$

$$d(OK) = \min(1,00 , 1,00 , 1,00 , 1,00) = 1,00$$

$$d(M) = \min(1,00 , 0,91 , 1,00 , 1,00) = 0,91$$

$$d(OR) = \min(1,00 , 0,90 , 1,00 , 1,00) = 0,90$$

$$d(R) = \min(0,93 , 0,85 , 0,95 , 0,95) = 0,85$$

$$w = (0,92, 1,00 , 0,91 , 0,90 , 0,85)^T$$

Normalize edilmiş ağırlık vektörü ise aşağıdaki şekilde bulunur:

$$w = (0,20 , 0,22 , 0,20 , 0,20 , 0,18)^T$$

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Firmaların, hızla değişen iş dünyasında tutunabilmek ve rekabet üstünlüğü sağlamak amacıyla, gelişen teknolojileri izlemeleri oldukça önem taşıyor. Operasyonlarında ihtiyaç duyulan değişiklikleri yapmaları ve teknolojik gelişmeye uyum sağlamaları gerekiyor.

Bu çalışmada, bu ihtiyaçtan yola çıkarak, bankacılık sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın iş yapma yöntemlerindeki bir değişiklik kararı değerlendirilmiştir. Firmanın, günlük para nakil işlemlerinde, günümüzde gittikçe daha bilinir ve kullanılabilir hale gelen Radyo Frekansıyla Tanımlama teknolojisini uygulaması düşüncesi mevcuttur ve bu fikrin uygunluğu incelenmiştir.

Karar probleminin çözülebilmesi için bulanık analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin temel alacağı hiyerarşik yapı, literatür araştırması doğrultusunda şekillendirilmiştir. Literatürde, benzer bir çalışmaya rastlanmadığından, ölçütlerin belirlenmesinde, yapılan araştırmalar sonucunda edinilen bilgilerden faydalanılmıştır. Başka bir çalışma kapsamında, yapıya yeni ölçütler eklenmesi ya da bazı ölçütlerin yapıdan çıkarılması mümkündür.

Uygulamada, Chang`in bulanık analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Grup kararlarına uygulanabilen, farklı hesaplama ve/veya sıralama yöntemlerinin denenmesiyle, alınan sonuçlar karşılaştırılabilir.

Çalışmada, firma yetkililerinin anket sorularına verdiği cevaplar sonucunda, radyo frekansıyla tanımlama teknolojisinin firmadaki para nakil operasyonuna uygulanması kararına varılmıştır. Bu alternatifin önem ağırlığı "0.424" tür. Diğer alternatiflerden "Pilot uygulama", "0,354" ve "RFT`yi uygulamama", "0,222" değerlerini almıştır.

Ana ölçütlerin ağırlıkları ise birbirine çok yakın olmakla birlikte; "0,22" ile "Okunabilirlik" en önemli ölçüt olarak görülmekte, onu "0,20" ortak değeri ile "Teknik Unsurlar", "Organizasyonel Unsurlar" ve "Maliyet" izlemektedir. "Risk Unsurları" ise "0,18" ile en düşük ağırlığa sahiptir.

Yapılan bu çalışma ile, bulanık analitik hiyeraşı yönteminin, firmaların çeşitli kararlarına kolaylıkla uygulanabildiği ve yetkililere yol gösterici olduğu görülmektedir. Bir kararın verilmesi sürecinde, ölçütlerin ikili karşılaştırmaları en temel unsurdur. Fikirlerine başvuru alan karar vericilerin, üzerinde çalışma yapılan konu hakkında bilgi sahibi olmaları, sonucun sağlıklı olması bakımından çok önemlidir. Ayrıca, birkaç karar vericinin kıyaslama yapması, bunların ortalama değerinin alınarak hesaplamaya dahil edilmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] http://www2.itu.edu.tr/~altuger/Dersler/IML322_files/Documents/OtomatikTanimlaSistemleri.pdf
- [2] <http://www.trinoks.com.tr/otomatiktanima.html>
- [3] **Bhatt, H. ve Glover, B.**, 2006. RFID Essentials, O`Reilly Media Inc., USA.
- [4] <http://www.epcglobaltr.org/>
- [5] **Malkoç, E.**, 2006. Depo yönetim sistemlerinde kullanılan otomatik tanıma ve veri toplama teknolojileri ile rfid etiketleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] http://www.future-store.org/servlet/PB/menu/1007054_I2/1178225537799.html
- [7] **Thornton, F., Haines, B., Das, A.M., Bhargava, H., Campbell, A.**, 2006. RFID Security, Syngress Publishing Inc., USA
- [8] **Finkenzeller, K.**, 2003. RFID Handbook, 2nd ed., John Wiley & Sons, Chicester.
- [9] <http://www.litum.com.tr/rfid.html>
- [10] <http://www.idtechex.com/>
- [11] <http://www.rfidturkey.com/web/index.php?do=article/start>
- [12] <http://www.acq.osd.mil/log/rfid/index.htm>
- [13] <http://www.bireyselotobil.com/otobil/otobil.aspx>
- [14] <http://www.mastercard.com/tr/findacard/paypass.html>
- [15] <http://www.kgm.gov.tr/fr5.asp?tt=0301>
- [16] <http://mifare.net/showcases/>
- [17] <http://www.kentkart.com/web/default.aspx>
- [18] <http://www.kvdb.gov.tr/vergihaftasi2006/kentkart1.jpg>
- [19] <http://www.verichipcorp.com/>
- [20] <http://www.sts-rfid.com/deld.html>
- [21] **Yu, S.C.**, 2006. RFID Implementation and benefits in libraries, *The Electronic Library*, Vol.25, No.1, 54-64.
- [22] **Higgins, L.N. ve Cairney, T.**, 2006. RFID Oppurtunities and Risks, *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, July-August, 51-57.
- [23] **Meiß, C., ve Hossain, N.**, 2006. Designing RFID Applications, Avrupa Birliği Destekli Proje Dokümanı
- [24] **Want, R.**, 2004. RFID: A Key to Automating Everything, *Scientific American*, 56-65.
- [25] **Bean, L.**, 2006. RFID: Why The Worry?, *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, July-August, 3-13.

- [26] **Wu, N.C., Nystrom, M.A., Lin, T.R. ve Yu, H.C.**, 2006. Challenges to global RFID adoption, *Technovation*, **26**, 1317-1323.
- [27] **Loebbecke, C.**, 2007. Piloting RFID Along The Supply Chain: A Case Analysis, *Electronic Markets*, Vol.17, 29-37.
- [28] **Spekman, R., ve Sweeney II, P.J.**, 2006. RFID: from concept to implementation, *Internal Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.36, No.10, 736-754.
- [29] <http://www.gs1.tobb.org.tr/>
- [30] **Kaptanoğlu, D.**, 2005. Akademik performans değerlendirmesi için bir ok ölçütlü bulanık karar verme modeli, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] **Chen, Shu-Chen ve Hwang, C.**, 1992. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, New York: Springer-Verlag.
- [32] **Triantaphyllou, E.**, 2000. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comperative Study, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- [33] **Daşdemir, İ., ve Güngör, E.**, 2002. Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2002-2003-2004 Vol.I-II.
- [34] **Topçu, İ.**, 2007. Analitik Hiyerarşı Süreci, Ders Notları.
- [35] **Saaty, T.L.**, 1988. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill Comp., USA.
- [36] **Kuruüzüm, A. ve Atsan, N.**, 2001. Analitik Hiyerarşı Yöntemi ve İşletme Alanındaki Uygulamaları, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, **1**, 83-105.
- [37] **Demircan, M.L.**, 2004. Bulanık Yenileme Analizi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38] **Kabak, Ö.**, 2003. Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmadaki yeri bir bulanık çok lütlü karar verme yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] **Kruse, R., Gebhardt, J. ve Klawonn, F.**, 1994. Foundations of fuzzy systems, John Wiley & Sons, Chicester.
- [40] **Deng, H.**, 1999. Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison, *International Journal of Approximate Reasoning*, **21**, 215-231.
- [41] **Liou, T.S., ve Wang, M.J.**, 1992. Ranking fuzzy numbers with integral value, *Fuzzy Sets and Systems*, **50**, 247-255.
- [42] **Abdel-Kader, M., Dugdale, D., ve Taylor, P.**, 1998. Investment Decisions in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy Set Theory Approach, Aldershot, Ashgate.

- [43] **Akman, G., ve Alkan, A.**, 2006. Tedarik zinciri yönteminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yansanayiiinde Bir Uygulama, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **9**, 23-46.
- [44] **Fu, H.P., Ho, Y.C., Chen, R.C.Y., Chang, T.S., ve Chien, P.H.**, 2006. Factors affecting the adoption of electronic marketplaces, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.26, No.12, 1301-1324.
- [45] **Başlıgil, H.**, 2005. Bulanık AHP ile Yazılım Seçimi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2005/3.
- [46] **Cvetkovic, D., Manic, M., Prascevic, M. ve Milutinovic, S.**, 1999. Acoustic Comfort Optimization of Industrial Hale Using Intelligent Technology, *Working and Living Environmental Protection*, **1** (4), pp. 9-18
- [47] **Cheng, C.H.**, 1999. Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems*, **107**, 25-35.
- [48] **Chou, T.Y., ve Liang, G.S.**, 2001. Application of fuzzy multicriteria decision making model for shipping company performance evaluation, *Maritime Policy and Management*, **28**, 375-392.
- [49] **Sohn, K. Y., Yang, J.W. ve Kang, C.S.**, 2001. Assimilation of Public Opinions in Nuclear Decision Making Using Risk Perception, *Annals of Nuclear Energy*, **28**, 553-563
- [50] **Tsaur, S.H., Chang, T.Y., ve Yen, C.H.**, 2002. The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM, *Tourism Management*, **23**, 107-115.
- [51] **Kuo, R. J., Chi, S. C. ve Kao, S. S.**, 2002. A Decision Support System for Selecting Convenience Store Location Through Integration of Fuzzy AHP and Artificial Neural Network, *Computers in Industry*, **47** (2), 199-214.
- [52] **Rong, C., Takashi, K. ve Wang, J.**, 2003. Enterprise Waste Evaluation Using The Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Set Theory, *Production Planning and Control*, **14** (1), 90-103
- [53] **Shamsuzzaman, M., Ullah, A. M. M. S. ve Bohez, E. L. J.**, 2003. Applying Linguistic Criteria in FMS Selection: Fuzzy Set AHP Approach, *Integrated Manufacturing Systems*, **14** (3), 247-254.
- [54] **Kahraman, C., Ruan, D., ve Doğan, I.**, 2003. Fuzzy Group Decision-Making for Facility Location Selection, *Information Sciences*, **157**, 135-153.
- [55] **Büyüközkan, G., Kahraman, C. ve Ruan, D.**, 2004. A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection, *International Journal of General Systems*, **33** (2-3), pp. 259-280.
- [56] **Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D.**, 2004. Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, *International Journal of Production Economics*, **87** , 171-184

- [57] **Cheng, J. Z., Chen, P. T. ve Yu, H. C. D.**, 2004. Establishing A MAN Access Strategy for Future Broadband Service: a Fuzzy MCDM Analysis of SONET/SDH and Gigabit Ethernet, *Science Direct*.
- [58] **Laarhoven, P.M.J., ve Pedrycz, W.**, 1983. A fuzzy extension of Saaty`s priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*, **11**, 229-241.
- [59] **Buckley, J.J.**, 1985. Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, **17**, 233-247.
- [60] **Buckley, J.J.**, 1985. Ranking alternatives using fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems*, **15**, 21-31.
- [61] **Chang, D.Y.**, 1996. Applications of the extent analysis method of fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, **95**, 649-655.
- [62] **Lin, K., ve Lin, C.**, 2007. Evaluating the Decision to Adopt RFID Systems Using Analytic Hierarchy Process, *Journal of American Academy of Business, Cambridge*, Vol.11, No.1, 72-77.

EK A: İKİLİ KARŞILAŞTIRMALAR İÇİN KULLANILAN ANKET FORMU

Lütfen, RFT Teknolojisinin uygulanması, uygulanmaması ya da uygulamaya pilot olarak başlanması kararını verirken, aşağıda belirtilen kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli olduklarını belirtiniz.

Eğer karşılaştırılan iki kriterin, karar vermede aynı derecede önemli olduğunu düşünüyorsanız, **Eşit Derecede Önemli** seçeneğini işaretleyiniz. Kriterlerden birinin diğerinden daha önemli olduğunu belirtmek için, kriterin yer aldığı taraftaki ("**Eşit Derecede Önemli**" ifadesinin sol ya da sağ tarafındaki) ifadelerden uygun gördüğünüzü işaretleyiniz.

Mesela, Teknik Unsurların, Okunabilirlikten "**Çok Fazla Önemli**" olduğu düşünülüyorsa, aşağıdaki şekilde işaretlenmelidir.

Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S1	TU		X								OK

A. Ana kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli oldukları belirlenecektir.

- S1. Teknik Unsurlar (TU), Okunabilirlik (OK) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S2. Teknik Unsurlar (TU), Maliyet (M) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S3. Teknik Unsurlar (TU), Organizasyonel Unsurlar (OR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S4. Teknik Unsurlar (TU), Risk Unsurları (R) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S5. Okunabilirlik (OK), Maliyet (M) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S6. Okunabilirlik (OK), Organizasyonel Unsurlar (OR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S7. Okunabilirlik (OK), Risk Unsurları (R) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S8. Maliyet (M), Organizasyonel Unsurlar (OR) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S9. Maliyet (M), Risk Unsurları (R) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S10. Organizasyonel Unsurlar (OR), Risk Unsurları (R) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri

Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S1	TU										OK
S2	TU										M
S3	TU										OR
S4	TU										R
S5	OK										M
S6	OK										OR
S7	OK										R
S8	M										OR
S9	M										R
S10	OR										R

B. Teknik Unsurlar (TU) kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.

- S11. Ürün Tanımlama Özellikleri (TU1), Veri Güncellenebilmesi (TU2) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S12. Ürün Tanımlama Özellikleri (TU1), Bellek Kapasitesi (TU3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S13. Ürün Tanımlama Özellikleri (TU1), Etiketlerin Dayanıklılığı (TU4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S14. Ürün Tanımlama Özellikleri (TU1), Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı İzleme (TU5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S15. Veri Güncellenebilmesi (TU2), Bellek Kapasitesi (TU3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S16. Veri Güncellenebilmesi (TU2), Etiketlerin Dayanıklılığı (TU4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S17. Veri Güncellenebilmesi (TU2), Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı İzleme (TU5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S18. Bellek Kapasitesi (TU3), Etiketlerin Dayanıklılığı (TU4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S19. Bellek Kapasitesi (TU3), Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı İzleme (TU5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S20. Etiketlerin Dayanıklılığı (TU4), Gerçek Zamanlı Bilgi Akışı İzleme (TU5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri

Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S11	TU1										TU2
S12	TU1										TU3
S13	TU1										TU4
S14	TU1										TU5
S15	TU2										TU3
S16	TU2										TU4
S17	TU2										TU5
S18	TU3										TU4
S19	TU3										TU5
S20	TU4										TU5

C. Okunabilirlik (OK) kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.

- S21. Okunabilen Etiket Sayısı (OK1), Etiketlerin Görünür Olması (OK2) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S22. Okunabilen Etiket Sayısı (OK1), Okuma/Yazma Alanı (OK3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S23. Okunabilen Etiket Sayısı (OK1), Çevresel Koşulların Etkisi (OK4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S24. Okunabilen Etiket Sayısı (OK1), Okuma Hızı (OK5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S25. Okunabilen Etiket Sayısı (OK1), İnsan Müdahalesi Gerekliliği (OK6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S26. Etiketlerin Görünür Olması (OK2), Okuma/Yazma Alanı (OK3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S27. Etiketlerin Görünür Olması (OK2), Çevresel Koşulların Etkisi (OK4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S28. Etiketlerin Görünür Olması (OK2), Okuma Hızı (OK5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S29. Etiketlerin Görünür Olması (OK2), İnsan Müdahalesi Gerekliliği (OK6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S30. Okuma/Yazma Alanı (OK3), Çevresel Koşulların Etkisi (OK4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S31. Okuma/Yazma Alanı (OK3), Okuma Hızı (OK5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S32. Okuma/Yazma Alanı (OK3), İnsan Müdahalesi Gerekliliği (OK6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S33. Çevresel Koşulların Etkisi (OK4), Okuma Hızı (OK5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S34. Çevresel Koşulların Etkisi (OK4), İnsan Müdahalesi Gerekliliği (OK6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
- S35. Okuma Hızı (OK5), İnsan Müdahalesi Gerekliliği (OK6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri

Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S21	OK1										OK2
S22	OK1										OK3
S23	OK1										OK4
S24	OK1										OK5
S25	OK1										OK6
S26	OK2										OK3
S27	OK2										OK4
S28	OK2										OK5
S29	OK2										OK6
S30	OK3										OK4
S31	OK3										OK5
S32	OK3										OK6
S33	OK4										OK5
S34	OK4										OK6
S35	OK5										OK6

D. Maliyet (M) kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.

- S36. Etiket (M1), Donanım/Yazılım (M2) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S37. Etiket (M1), Sistem Tasarım (M3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S38. Etiket (M1), Test (M4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S39. Etiket (M1), Sistem Entegrasyonu (M5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S40. Etiket (M1), Bakım/Destek (M6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S41. Donanım/Yazılım (M2), Sistem Tasarımı (M3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S42. Donanım/Yazılım (M2), Test (M4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S43. Donanım/Yazılım (M2), Sistem Entegrasyonu (M5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S44. Donanım/Yazılım (M2), Bakım/Destek (M6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S45. Sistem Tasarımı (M3), Test (M4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S46. Sistem Tasarımı (M3), Sistem Entegrasyonu (M5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S47. Sistem Tasarımı (M3), Bakım/Destek (M6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?
 S48. Test (M4), Sistem Entegrasyonu (M5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S49. Test (M4), Bakım/Destek (M6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S50. Sistem Entegrasyonu (M5), Bakım/Destek (M6) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S36	M1										M2
S37	M1										M3
S38	M1										M4
S39	M1										M5
S40	M1										M6
S41	M2										M3
S42	M2										M4
S43	M2										M5
S44	M2										M6
S45	M3										M4
S46	M3										M5
S47	M3										M6
S48	M4										M5
S49	M4										M6
S50	M5										M6

E. Organizasyon (OR) kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.

S51. Mevcut Uygulamaların/Süreçlerin Uygunluğu (OR1), Operasyon Maliyetlerine Etkisi (OR2) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S52. Mevcut Uygulamaların/Süreçlerin Uygunluğu (OR1), Operasyon Etkinliğine Katkısı (OR3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S53. Mevcut Uygulamaların/Süreçlerin Uygunluğu (OR1), İnsangücü Gereksinimi (OR4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S54. Mevcut Uygulamaların/Süreçlerin Uygunluğu (OR1), Rekabet Avantajı Sağlama (OR5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S55. Operasyon Maliyetlerine Etkisi (OR2), Operasyon Etkinliğine Katkısı (OR3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S56. Operasyon Maliyetlerine Etkisi (OR2), İnsangücü Gereksinimi (OR4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S57. Operasyon Maliyetlerine Etkisi (OR2), Rekabet Avantajı Sağlama (OR5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S58. Operasyon Etkinliğine Katkısı (OR3), İnsangücü Gereksinimi (OR4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S59. Operasyon Etkinliğine Katkısı (OR3), Rekabet Avantajı Sağlama (OR5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S60. İnsangücü Gereksinimi (OR4), Rekabet Avantajı Sağlama (OR5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S51	OR1										OR2
S52	OR1										OR3
S53	OR1										OR4
S54	OR1										OR5
S55	OR2										OR3
S56	OR2										OR4
S57	OR2										OR5
S58	OR3										OR4
S59	OR3										OR5
S60	OR4										OR5

F. Risk Unsurları (R) kriter grubundaki alt kriterlerin birbirine göre önemi belirlenecektir.

S61. Veri Güvenliği (R1), Veri Gizliliği (R2) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S62. Veri Güvenliği (R1), Sağlığa Etkisi (R3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S63. Veri Güvenliği (R1), Standartlar (R4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S64. Veri Güvenliği (R1), Sistem Sağlayıcılar (R5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S65. Veri Gizliliği (R2), Sağlığa Etkisi (R3) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S66. Veri Gizliliği (R2), Standartlar (R4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S67. Veri Gizliliği (R2), Sistem Sağlayıcılar (R5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S68. Sağlığa Etkisi (R3), Standartlar (R4) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S69. Sağlığa Etkisi (R3), Sistem Sağlayıcılar (R5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

S70. Standartlar (R4), Sistem Sağlayıcılar (R5) ile karşılaştırıldığında ne kadar önemlidir?

		Kriterlerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri									
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S61	R1										R2
S62	R1										R3
S63	R1										R4
S64	R1										R5
S65	R2										R3
S66	R2										R4
S67	R2										R5
S68	R3										R4
S69	R3										R5
S70	R4										R5

Bundan sonraki sorularda alternatifler bir kriter bazında birbirlerine göre değerlendirilecektir.

Eğer karşılaştırılan iki alternatifin, söz konusu kriter bazında aynı derecede önemli olduğunu düşünüyorsanız, **"Eşit Derecede Önemli"** seçeneğini işaretleyiniz. Kriterlerden birinin diğerinden daha önemli olduğunu belirtmek için, kriterin yer aldığı taraftaki (**"Eşit Derecede Önemli"** ifadesinin sol ya da sağ tarafındaki) ifadelerden uygun gördüğünüzü işaretleyiniz.

Mesela; **"Ürün Tanımlama Özellikleri"** bakımından karşılaştırmada: RFT`nin uygulanması, RFT`nin uygulanmaması ile karşılaştırıldığında, hangisi daha önemlidir? Uygulansın seçeneği, Uygulanmasına göre biraz daha faydalı olarak düşünülüyorsa, aşağıdaki şekilde işaretlenmelidir.

		Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri									
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S72	Uygula				x						Uygulama

"Ürün tanımlama özellikleri" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S71	Uygula										Pilot
S72	Uygula										Uygulama
S73	Pilot										Uygulama

"Verilerin güncellenebilmesi" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S74	Uygula										Pilot
S75	Uygula										Uygulama
S76	Pilot										Uygulama

"Bellek kapasitesi" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S77	Uygula										Pilot
S78	Uygula										Uygulama
S79	Pilot										Uygulama

"Gerçek zamanlı bilgi akışı izleme" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S80	Uygula										Pilot
S81	Uygula										Uygulama
S82	Pilot										Uygulama

"Okunabilen etiket sayısı" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S83	Uygula										Pilot
S84	Uygula										Uygulama
S85	Pilot										Uygulama

"Etiketlerin görünür olması" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S86	Uygula										Pilot
S87	Uygula										Uygulama
S88	Pilot										Uygulama

"Okuma/Yazma alanı" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S89	Uygula										Pilot
S90	Uygula										Uygulama
S91	Pilot										Uygulama

"Çevresel koşulların etkisi" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S92	Uygula										Pilot
S93	Uygula										Uygulama
S94	Pilot										Uygulama

"Okuma hızı" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S95	Uygula										Pilot
S96	Uygula										Uygulama
S97	Pilot										Uygulama

"İnsan müdahalesi gerekliliği" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S98	Uygula										Pilot
S99	Uygula										Uygulama
S100	Pilot										Uygulama

"Etiket Maliyeti" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S101	Uygula										Pilot
S102	Uygula										Uygulama
S103	Pilot										Uygulama

"Donanım/Yazılım Maliyeti" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S104	Uygula										Pilot
S105	Uygula										Uygulama
S106	Pilot										Uygulama

"Sistem Tasarımı Maliyeti" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S107	Uygula										Pilot
S108	Uygula										Uygulama
S109	Pilot										Uygulama

"Test Maliyeti" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S110	Uygula										Pilot
S111	Uygula										Uygulama
S112	Pilot										Uygulama

"Sistem Entegrasyonu Maliyeti" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S113	Uygula										Pilot
S114	Uygula										Uygulama
S115	Pilot										Uygulama

"Bakım / Destek Maliyeti" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S116	Uygula										Pilot
S117	Uygula										Uygulama
S118	Pilot										Uygulama

"Mevcut uygulamaların / süreçlerin uygunluğu" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S119	Uygula										Pilot
S120	Uygula										Uygulama
S121	Pilot										Uygulama

"Operasyon maliyetlerine etkisi" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S122	Uygula										Pilot
S123	Uygula										Uygulama
S124	Pilot										Uygulama

"Operasyon etkinliğine katkısı" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S125	Uygula										Pilot
S126	Uygula										Uygulama
S127	Pilot										Uygulama

"İnsangücü gereksinimi" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S128	Uygula										Pilot
S129	Uygula										Uygulama
S130	Pilot										Uygulama

"Rekabet avantajı sağlama" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S131	Uygula										Pilot
S132	Uygula										Uygulama
S133	Pilot										Uygulama

"Veri güvenliği" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S134	Uygula										Pilot
S135	Uygula										Uygulama
S136	Pilot										Uygulama

"Veri gizliliği" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S137	Uygula										Pilot
S138	Uygula										Uygulama
S139	Pilot										Uygulama

"Sağlığa etkisi" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S140	Uygula										Pilot
S141	Uygula										Uygulama
S142	Pilot										Uygulama

"Standartlar" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S143	Uygula										Pilot
S144	Uygula										Uygulama
S145	Pilot										Uygulama

"Sistem sağlayıcılar" bakımından alternatifler değerlendirilecektir.

Alternatiflerin Birbirlerine Göre Önem Dereceleri											
Soru	Kriter	Kesinlikle Daha Önemli	Çok Fazla Önemli	Oldukça Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit Derecede Önemli	Biraz Daha Önemli	Oldukça Önemli	Çok Fazla Önemli	Kesinlikle Daha Önemli	Kriter
S146	Uygula										Pilot
S147	Uygula										Uygulama
S148	Pilot										Uygulama

EK B: İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSLERİ VE AĞIRLIK VEKTÖRLERİ

Tablo B.1: Ana ölçütlerin birbirine göre karşılaştırması

	TU			OK			M			OR			R		
TU	1,00	1,00	1,00	0,64	0,79	1,17	0,67	1,13	1,75	0,79	1,17	1,75	0,88	1,00	1,13
OK	0,86	1,26	1,56	1,00	1,00	1,00	0,92	1,25	1,75	0,63	0,92	1,75	0,92	1,25	1,75
M	0,57	0,89	1,50	0,57	0,80	1,09	1,00	1,00	1,00	0,75	1,13	2,00	0,67	1,13	1,75
OR	0,57	0,86	1,26	0,57	1,09	1,60	0,50	0,89	1,33	1,00	1,00	1,00	0,63	1,13	1,63
R	0,89	1,00	1,14	0,57	0,80	1,09	0,57	0,89	1,50	0,62	0,89	1,60	1,00	1,00	1,00

TU: Teknik unsurlar

M: Maliyet

OK: Okunabilirlik

OR: Organizasyonel unsurlar

R: Risk unsurları

Ağırlık vektörü:

0,20	0,22	0,20	0,20	0,18
------	------	------	------	------

Tablo B.2: Teknik Unsurlar ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması

	TU1			TU2			TU3			TU4			TU5		
TU1	1,00	1,00	1,00	0,79	0,92	1,25	0,71	0,92	1,50	0,83	1,10	1,38	0,54	0,92	1,50
TU2	0,80	1,09	1,26	1,00	1,00	1,00	0,71	1,13	1,88	0,68	1,00	1,67	0,67	1,00	1,50
TU3	0,67	1,09	1,41	0,53	0,89	1,41	1,00	1,00	1,00	0,68	0,88	1,42	0,50	1,00	1,50
TU4	0,73	0,91	1,20	0,60	1,00	1,46	0,71	1,14	1,46	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,46
TU5	0,67	1,09	1,85	0,67	1,00	1,50	0,67	1,00	2,00	0,68	0,89	1,21	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,19	0,21	0,19	0,21	0,20
------	------	------	------	------

Tablo B.3: Organizasyonel Unsurlar ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması

	OR1			OR2			OR3			OR4			OR5		
OR1	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,50	0,50	0,92	1,38	0,92	1,13	1,50	0,58	0,92	1,63
OR2	0,67	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	0,67	0,92	1,38	0,83	1,13	1,75	0,79	1,13	1,63
OR3	0,72	1,09	2,00	0,72	1,09	1,50	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75	0,75	1,00	1,75
OR4	0,67	0,89	1,09	0,57	0,89	1,20	0,57	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00	0,67	1,04	1,63
OR5	0,61	1,09	1,72	0,61	0,89	1,27	0,57	1,00	1,33	0,61	0,96	1,50	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,20	0,21	0,21	0,19	0,20
------	------	------	------	------

Tablo B.4: Risk Unsurları ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması

	R1			R2			R3			R4			R5		
R1	1,00	1,00	1,00	0,88	1,25	2,13	0,75	1,17	1,63	0,79	1,13	1,63	0,88	1,25	2,13
R2	0,47	0,80	1,14	1,00	1,00	1,00	0,79	1,13	1,63	0,75	1,00	1,75	0,79	1,13	1,63
R3	0,61	0,85	1,33	0,61	0,89	1,27	1,00	1,00	1,00	0,79	1,00	1,38	0,75	1,00	1,75
R4	0,61	0,89	1,27	0,57	1,00	1,33	0,72	1,00	0,61	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,50
R5	0,47	0,80	1,14	0,61	0,89	1,27	0,57	1,00	1,33	0,67	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,23	0,20	0,19	0,19	0,19
------	------	------	------	------

Tablo B.5: Okunabilirlik ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması

	OK1			OK2			OK3			OK4			OK5			OK6		
OK1	1.00	1.00	1.00	0.83	1.25	2.00	0.67	1.00	1.50	0.63	1.00	1.88	0.63	0.92	1.25	0.67	0.96	1.50
OK2	0.50	0.80	1.20	1.00	1.00	1.00	0.54	0.92	1.50	0.67	0.92	1.38	0.60	0.88	1.17	0.75	0.92	1.13
OK3	0.67	1.00	1.50	0.67	1.09	1.85	1.00	1.00	1.00	0.71	1.04	1.75	0.77	0.88	1.17	0.88	1.00	1.13
OK4	0.53	1.00	1.59	0.72	1.09	1.50	0.57	0.96	1.41	1.00	1.00	1.00	0.54	1.00	1.63	0.67	0.96	1.50
OK5	0.80	1.09	1.59	0.85	1.14	1.67	0.85	1.14	1.30	0.61	1.00	1.85	1.00	1.00	1.00	1.13	1.50	1.88
OK6	0.67	1.04	1.50	0.89	1.09	1.33	0.89	1.00	0.14	0.67	1.04	1.50	0.53	0.67	0.89	1.00	1.00	1.00

Ağırlık vektörü:

0.17	0.15	0.17	0.17	0.19	0.15
------	------	------	------	------	------

Tablo B.6: Maliyet ölçütüne bağlı alt ölçütlerin karşılaştırması

	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
M1	1.00	1.00	1.00	0.77	1.00	1.42	0.88	1.17	1.50	0.71	1.13	1.88	0.63	0.84	1.13	0.67	1.00	2.00
M2	0.70	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	0.79	1.13	1.63	0.75	1.13	1.50	0.83	1.00	1.50	0.75	1.13	2.00
M3	0.67	0.85	0.14	0.61	0.89	1.27	1.00	1.00	1.00	0.96	1.38	2.13	0.67	1.00	1.50	0.63	1.00	1.88
M4	0.53	0.89	1.41	0.67	0.89	1.33	0.47	0.72	1.04	1.00	1.00	1.00	0.63	1.00	1.38	0.83	1.00	1.50
M5	0.89	1.19	1.59	0.67	1.00	1.20	0.67	1.00	1.50	0.72	1.00	1.59	1.00	1.00	1.00	0.96	1.25	1.88
M6	0.50	1.00	1.50	0.50	0.89	1.33	0.53	1.00	1.59	0.67	1.00	1.20	0.53	0.80	1.04	1.00	1.00	1.00

Ağırlık vektörü:

0.17	0.18	0.17	0.15	0.18	0.16
------	------	------	------	------	------

- A1:** RFT teknolojisi uygulansın
A2: RFT teknolojisi piloy olarak uygulansın
A3: RFT teknolojisi uygulanmasın

Tablo B.7: Alternatiflerin "Ürün tanımlama özellikleri"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,71	1,13	1,88	1,17	1,38	1,75
A2	0,53	0,89	1,41	1,00	1,00	1,00	0,96	1,25	1,88
A3	0,57	0,72	0,85	0,53	0,80	1,04	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,40	0,36	0,23
------	------	------

Tablo B.8: Alternatiflerin "Verilerin güncellenebilmesi"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,79	1,13	1,63	1,08	1,38	2,00
A2	0,61	0,89	1,27	1,00	1,00	1,00	1,04	1,38	1,88
A3	0,50	0,72	0,93	0,53	0,72	0,96	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,41	0,37	0,22
------	------	------

Tablo B.9: Alternatiflerin "Bellek kapasitesi"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,50	0,92	1,25	1,75
A2	0,67	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,04	1,38	1,88
A3	0,57	0,80	1,09	0,53	0,72	0,96	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,37	0,38	0,25
------	------	------

Tablo B.10: Alternatiflerin "Etiketlerin dayanıklılığı"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,50
A2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A3	0,67	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,33	0,33	0,33
------	------	------

Tablo B.11: Alternatiflerin "Gerçek zamanlı bilgi akışı izleme"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,92	1,13	1,50	1,25	1,50	1,75
A2	0,67	0,89	1,09	1,00	1,00	1,00	1,13	1,50	1,88
A3	0,57	0,67	0,80	0,53	0,67	0,89	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,47	0,42	0,11
------	------	------

Tablo B.12: Alternatiflerin "Okunabilen etiket sayısı"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,79	1,13	1,63	1,25	1,50	1,75
A2	0,01	0,89	1,27	1,00	1,00	1,00	1,08	1,38	2,00
A3	0,57	0,67	0,80	0,50	0,72	0,93	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,43	0,38	0,20
------	------	------

Tablo B.13: Alternatiflerin "Etiketlerin görünür olması"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,88	1,13	1,38	1,04	1,38	1,88
A2	0,72	0,89	0,14	1,00	1,00	1,00	0,83	1,25	2,00
A3	0,53	0,72	0,96	0,50	0,80	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,42	0,33	0,25
------	------	------

Tablo B.14: Alternatiflerin "Okuma/Yazma alanı"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,96	1,25	1,88	1,04	1,38	1,88
A2	0,53	0,80	1,04	1,00	1,00	1,00	0,88	1,25	2,13
A3	0,53	0,72	0,96	0,47	0,80	1,14	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,41	0,34	0,24
------	------	------

Tablo B.15: Alternatiflerin "Çevresel koşulların etkisi"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	1,50	0,92	1,13	1,50
A2	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,13	1,50
A3	0,67	0,89	1,09	0,67	0,89	1,09	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,41	0,32	0,27
------	------	------

Tablo B.16: Alternatiflerin "Okuma hızı"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	1,50	1,08	1,50	2,25
A2	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,08	1,50	2,25
A3	0,44	0,67	0,93	0,44	0,67	0,93	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,44	0,38	0,18
------	------	------

Tablo B.17: Alternatiflerin "İnsan müdahalesi gerekliliği"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	1,13	0,83	1,13	1,75
A2	0,89	1,00	1,14	1,00	1,00	1,00	0,75	1,13	2,00
A3	0,57	0,89	1,20	0,50	0,89	1,33	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,35	0,35	0,30
------	------	------

Tablo B.18: Alternatiflerin "Etiket Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,25	1,50	1,75	1,00	1,38	2,25
A2	0,57	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,29	1,63	2,13
A3	0,44	0,72	1,00	0,47	0,61	0,78	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,48	0,37	0,14
------	------	------

Tablo B.19: Alternatiflerin "Donanım/Yazılım Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,17	1,38	1,75	1,17	1,38	1,75
A2	0,57	0,72	0,85	1,00	1,00	1,00	0,89	1,13	1,54
A3	0,57	0,72	0,85	0,65	0,89	1,12	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,53	0,29	0,18
------	------	------

Tablo B.20: Alternatiflerin "Sistem Tasarımı Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	1,50	0,75	1,13	2,00
A2	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,13	1,50
A3	0,50	0,89	1,33	0,67	0,89	1,09	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,39	0,32	0,30
------	------	------

Tablo B.21: Alternatiflerin "Test Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75	0,92	1,13	1,50
A2	0,50	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75
A3	0,67	0,89	1,09	0,50	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,37	0,34	0,29
------	------	------

Tablo B.22: Alternatiflerin "Sistem Entegrasyonu Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25	1,50	1,00	1,38	2,25
A2	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,08	1,38	2,00
A3	0,44	0,73	1,00	0,50	0,73	0,92	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,43	0,36	0,21
------	------	------

Tablo B.23: Alternatiflerin "Bakım / Destek Maliyeti"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,92	1,13	1,50	1,08	1,38	2,00
A2	0,67	0,89	1,09	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75
A3	0,50	0,73	0,92	0,57	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,41	0,34	0,25
------	------	------

Tablo B.24: Alternatiflerin "Mevcut uygulamaların / süreçlerin uygunluğu"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,04	1,38	1,88	1,04	1,50	2,13
A2	0,53	0,73	0,96	1,00	1,00	1,00	1,04	1,50	2,13
A3	0,47	0,67	0,96	0,47	0,67	0,96	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,45	0,36	0,20
------	------	------

Tablo B.25: Alternatiflerin "Operasyon maliyetlerine etkisi"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,13	1,50	1,88	1,13	1,50	1,88
A2	0,53	0,67	0,89	1,00	1,00	1,00	1,13	1,50	1,88
A3	0,53	0,67	0,89	0,53	0,67	0,89	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,52	0,35	0,13
------	------	------

Tablo B.26: Alternatiflerin "Operasyon etkinliğine katkısı"na göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,25	1,63	2,00	1,25	1,63	2,00
A2	0,50	0,62	0,80	1,00	1,00	1,00	1,25	1,63	2,00
A3	0,50	0,62	0,80	0,50	0,62	0,80	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,61	0,37	0,02
------	------	------

Tablo B.27: Alternatiflerin "İnsangücü gereksinimi"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,88	1,25	1,63	0,88	1,25	1,63
A2	0,62	0,80	1,14	1,00	1,00	1,00	0,88	1,25	1,63
A3	0,62	0,80	1,14	0,62	0,80	1,14	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,40	0,34	0,26
------	------	------

Tablo B.28: Alternatiflerin "Rekabet avantajı sağlama"ya göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,50	1,04	1,38	1,88
A2	0,67	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75
A3	0,53	0,73	0,96	0,57	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,39	0,35	0,26
------	------	------

Tablo B.29: Alternatiflerin "Veri güvenliği"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75	0,96	1,38	2,13
A2	0,57	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00	0,96	1,38	2,13
A3	0,47	0,73	1,04	0,47	0,73	1,04	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,39	0,36	0,25
------	------	------

Tablo B.30: Alternatiflerin "Veri gizliliği"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,92	1,13	1,50	1,13	1,50	1,88
A2	0,67	0,89	1,09	1,00	1,00	1,00	1,04	1,38	1,88
A3	0,53	0,67	0,89	0,53	0,73	0,96	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,44	0,38	0,18
------	------	------

Tablo B.31: Alternatiflerin "Sağlığa etkisi"ne göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,13	1,25	1,00	1,17	1,38
A2	0,80	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,13	1,50
A3	0,73	0,86	1,00	0,67	0,89	1,09	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,41	0,34	0,24
------	------	------

Tablo B.32: Alternatiflerin "Standartlar"a göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00	1,25	0,83	1,13	1,75
A2	0,80	1,00	1,09	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75
A3	0,57	0,89	1,20	0,57	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,35	0,35	0,30
------	------	------

Tablo B.33: Alternatiflerin "Sistem sağlayıcılar"a göre değerlendirilmesi

	A1			A2			A3		
A1	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,50	0,83	1,13	1,75
A2	0,67	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	0,83	1,13	1,75
A3	0,57	0,89	1,20	0,57	0,89	1,20	1,00	1,00	1,00

Ağırlık vektörü:

0,35	0,35	0,30
------	------	------

Tablo B.34:

"Teknik Unsurlar" in alt kriterleri						
	TU1	TU2	TU3	TU4	TU5	Alternatifin Önem Ağırlığı
Ağırlık	0,19	0,21	0,19	0,21	0,20	
Uygula	0,40	0,41	0,37	0,33	0,47	0,40
Pilot	0,36	0,37	0,38	0,33	0,42	0,37
Uygulama	0,23	0,22	0,25	0,33	0,11	0,23

Tablo B.35:

"Okunabilirlik" in alt kriterleri							
	OK1	OK2	OK3	OK4	OK5	OK6	Alternatifin Önem Ağırlığı
Ağırlık	0,17	0,15	0,17	0,17	0,19	0,15	
Uygula	0,43	0,42	0,41	0,41	0,44	0,35	0,41
Pilot	0,38	0,33	0,34	0,32	0,38	0,35	0,35
Uygulama	0,20	0,25	0,24	0,27	0,18	0,30	0,24

Tablo B.36:

"Maliyet" in alt kriterleri							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	Alternatifin Önem Ağırlığı
Ağırlık	0,17	0,18	0,17	0,15	0,18	0,16	
Uygula	0,48	0,53	0,39	0,37	0,43	0,41	0,44
Pilot	0,37	0,29	0,32	0,34	0,36	0,34	0,34
Uygulama	0,14	0,18	0,30	0,29	0,21	0,25	0,22

Tablo B.37:

"Organizasyonel Unsurlar" in alt kriterleri						
	OR1	OR2	OR3	OR4	OR5	Alternatifin Önem Ağırlığı
Ağırlık	0,20	0,21	0,21	0,19	0,20	
Uygula	0,45	0,52	0,61	0,40	0,39	0,48
Pilot	0,36	0,35	0,37	0,34	0,35	0,35
Uygulama	0,20	0,13	0,02	0,26	0,26	0,17

Tablo B.38:

"Risk Unsurları" in alt kriterleri						
	R1	R2	R3	R4	R5	Alternatifin Önem Ağırlığı
Ağırlık	0,23	0,20	0,19	0,19	0,19	
Uygula	0,39	0,44	0,41	0,35	0,35	0,39
Pilot	0,36	0,38	0,34	0,35	0,35	0,36
Uygulama	0,25	0,18	0,24	0,30	0,30	0,25

Tablo B.39:

Amacın ana kriterleri						
	TU	OK	M	OR	R	Alternatifin Önem Ağırlığı
Ağırlık	0,20	0,22	0,20	0,20	0,18	
Uygula	0,40	0,41	0,44	0,48	0,39	0,424
Pilot	0,37	0,35	0,34	0,35	0,36	0,354
Uygulama	0,23	0,24	0,22	0,17	0,25	0,222

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	18.10.1980	
Doğum Yeri	İzmir	
Lise	1995 - 1998	İzmir Özel Türk Fen Lisesi
Lisans	1998 - 2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik Mühendisliği
Yüksek Lisans	2003 - 2007	İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Mühendisliği
	2005 - 2006 (Bahar)	Erasmus Öğrenci Değişim Programı, Berlin Teknik Üniversitesi
Çalıştığı Kurumlar	2006 - Devam ediyor	Garanti Teknoloji, Sistem Analisti