



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

**RFID KÜTÜPHANE SİSTEM BİLEŞENLERİNİN AHP
YÖNTEMİYLE SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RAMAZAN YENİGÜN

ŞUBAT 2020

**RFID KÜTÜPHANE SİSTEM BİLEŞENLERİNİN AHP YÖNTEMİYLE
SEÇİMİ**

Ramazan YENİGÜN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKNOLOJİ VE İNOVASYON YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Doç. Dr. Levent UĞUR

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2020

Ramazan YENİGÜN tarafından hazırlanan “RFID Kütüphane Sistem Bileşenlerinin AHP Yöntemiyle Seçimi” adlı tez çalışması aşağıdaki jürisi tarafından OY BİRLİĞİ /OY ÇOKLUĞU ile Amasya Üniversitesi Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Levent UĞUR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan: Doç. Dr. Arif ÖZKAN

Biyomekanik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye: Doç. Öğr. Üyesi Engin Ufuk ERGÜL

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 28/02/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Meryem EVECEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ramazan YENİGÜN

05.03.2020

RFID KÜTÜPHANE SİSTEM BİLEŞENLERİNİN AHP YÖNTEMİYLE SEÇİMİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Ramazan YENİGÜN

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2020

ÖZET

Son zamanlarda kablosuz tanımlama sistemleri kütüphaneler için önemli bir konu haline geldi. Kitaplar gibi çok sayıda nesnenin etiketlenmesi, tanımlanması ve sisteme işlenmesi oldukça zaman almaktadır. Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisi, radyo frekansını kullanarak kitapların tanımlanması ve işlenmesi konusunda hızlı ve verimli bir yöntem sunmaktadır. Ancak birçok RFID teknolojisi arasından en uygun olanı belirlemek içerisinde birçok kriter barındıran karmaşık bir karar problemidir ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak çözülmesi fayda sağlamaktadır.

Bu çalışmada kütüphanedeki kitapların tanımlanması ve tüm süreçlerin kolaylaştırılması için kurulmak istenen RFID sistemi için önemli bir bileşen olan RFID etiketleri arasından en uygun olanını seçmek amaçlanmıştır. İlk olarak, belirlenen seçim kriterleri ve alternatiflere göre hiyerarşik ve ağ yapıları oluşturulmuştur. Daha sonra Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. Çalışma sonunda her iki yöntemden elde edilen alternatif önem ağırlıklarına göre en uygun RFID etiketi tespit edilmiştir.

Sayfa Adedi : 82
Anahtar Kelimeler : RFID, Kütüphane, AHP
Danışman : Doç. Dr. Levent UĞUR

SELECTION OF RFID LIBRARY SYSTEM COMPONENTS BY AHP METHOD
(M. Sc. Thesis)

Ramazan YENİGÜN

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
Şubat 2020

ABSTRACT

It takes a lot of time to tag, identify, and processes a large number of objects such as books. Radio Frequency Identification (RFID) technology provides a fast and efficient way to identify and process books using radio frequency. However, it is a complex decision problem with many criteria for determining the most appropriate among many RFID technologies. And provide benefit by using multi-criteria decision making methods.

Recently, wireless identification systems have become an important issue for libraries. In this study, it is aimed to select the most appropriate RFID tag which is an important component for the RFID system that is intended to be established in order to identify the books in the library and facilitate all the processes. First, hierarchical and network structures were established according to the selection criteria and alternatives identified. Then, alternatives were listed using Analytical Hierarchy Process (AHP) method. At the end of the study, the most appropriate RFID tag was determined according to the alternative importance weights obtained from both method.

Page Number : 82
Key Words : RFID, Library, AHP
Supervisor : Assoc. Dr. Levent UĞUR

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü desteğini esirgemeyen saygı değer danışmanım Doç. Dr. Levent UĞUR' a araştırmalarım sırasında bana destek olan Doç. Dr. Aytaç Yıldız'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez dönemi boyunca benden desteklerini

hiçbir zaman esirgemeyen çok sevdiğim eşim Elif YENİGÜN'e, görüş ve düşünceleri ile yanımda olan Amasya Üniversitesi Teknoloji ve İnovasyon Yönetimi anabilim dalının tüm öğretim elamanlarına teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
RESİMLER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. RFID TEKNOLOJİSİ	3
2.1. RFID Tarihi.....	4
2.2. RFID Sistem Bileşenleri	7
2.2.1. RFID etiket	7
2.2.2. RFID etiket tipleri.....	10
2.2.3. RFID etiketin çalışması	16
2.2.4. RFID okuyucular	17
2.2.5. RFID antenler	22
2.3. RFID Standartları.....	26
2.3.1. ISO standartlar	27
2.3.2. GS1 EPCglobal.....	27
2.4. RFID Sistem Arayüzü.....	28
2.4.1 Etiket okuyucu bağlantısı	28
2.4.2. Veri Kodlama.....	29
2.4.3. Modülasyon	29

	Sayfa
2.4.4. Çarpışma	30
2.5. RFID'in Başka Sistemlerle Karşılaştırılması.....	31
2.5.1. RFID ve NFC arasındaki fark	31
2.5.2. Barkod ve RFID arasındaki fark	32
3. KÜTÜPHANELERDE RFID UYGULAMASI.....	35
3.1. RFID Kütüphane Sisteminin Bileşenleri	36
3.1.1. RFID etiketleri	36
3.1.2. Okuyucular	36
3.1.3. Anten.....	36
3.1.4. Mobil okuyucu.....	37
3.1.5. RFID hızlı etiketleme istasyonu	37
3.1.6. Sirkülasyon istasyonları.....	37
3.1.7. Kendi kendine çıkış istasyonları.....	37
3.1.8. Kitap bırakma istasyonları.....	37
3.1.9. Güvenlik kapıları	37
3.2. Kütüphanelerde RFID Sisteminin Çalışması.....	37
3.3. Kütüphanelerde RFID Sisteminin Avantajları.....	38
3.3.1. Müşteri memnuniyeti.....	38
3.3.2. Personel verimliliği ve memnuniyeti.....	38
3.3.3. Yüksek güvenilirlik	39
3.3.4. Yüksek hızlı stoklama.....	39
3.3.5. Otomatik malzeme taşıma	39
3.3.6. Personel sağlığı.....	39
3.3.7. Mali sorumluluk.....	40
3.4. Kütüphanelerde RFID Sisteminin Dezavantajları	40

	Sayfa
3.4.1. Yüksek maliyet	40
3.4.2. RFID güvenlik ve gizlilik endişeleri.....	40
3.4.3. Etiket çarpışması.....	41
4. YÖNTEM.....	42
4.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP).....	43
4.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	43
4.1.2. İkili karşılaştırma matrislerin oluşturulması	44
4.1.3. Önem derecelerinin belirlenmesi	46
4.1.4. Tutarlılık oranının hesaplanması	46
4.1.5. Analitik hiyerarşi sürecinin uygulama alanları.....	47
5. UYGULAMA.....	48
5.1. RFID Etiket Seçimi.....	51
5.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	53
5.1.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması	53
5.1.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması	53
5.1.4. Tutarlılık oranının hesaplanması	54
5.1.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması	54
5.1.6. Sıralama ve seçim aşaması	55
5.2. RFID Kapı Seçimi	56
5.2.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	57
5.2.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması	58
5.2.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması	58
5.2.4. Tutarlılık oranının hesaplanması	59
5.2.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması	59
5.2.6. Sıralama ve seçim aşaması	60
5.3. RFID Kiosk Seçimi.....	61

	Sayfa
5.3.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	62
5.3.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması.....	63
5.3.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması.....	63
5.3.4. Tutarlılık oranının hesaplanması.....	63
5.3.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması.....	64
5.3.6. Sıralama ve seçim aşaması.....	64
5.4. RFID Masaüstü Okuyucu Seçimi.....	65
5.4.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	67
5.4.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması.....	67
5.4.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması.....	67
5.4.4. Tutarlılık oranının hesaplanması.....	68
5.4.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması.....	68
5.4.6. Sıralama ve seçim aşaması.....	69
5.5. RFID Mobil Okuyucu Seçimi.....	69
5.5.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması.....	71
5.5.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması.....	72
5.5.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması.....	72
5.5.4. Tutarlılık oranının hesaplanması.....	72
5.5.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması.....	72
5.5.6. Sıralama ve seçim aşaması.....	73
5.6. Seçilen Sistem Bileşenleri.....	74
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Enerji elde etme yöntemine göre etiketler	122
Çizelge 4.1. 1-9 Temel ölçeği	45
Çizelge 4.2. Örnek ikili karşılaştırma matrisi	466
Çizelge 4.3. Rassal değer indeksi	477
Çizelge 5.1. RFID etiket için seçenekler ve kriterler	51
Çizelge 5.2. Etiket seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	53
Çizelge 5.3. Etiket seçicimi için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü	54
Çizelge 5.4. Etiket seçicimi için alternatiflerin karşılaştırılması	54
Çizelge 5.5. Etiketlerin malzeme kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi	55
Çizelge 5.6. Alternatif RFID etiketler için önem ağırlıkları	55
Çizelge 5.7. Etiket seçicimi için AHP ağırlıklar matrisi	55
Çizelge 5.8. Etiket seçicimi için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması	56
Çizelge 5.9. RFID kapı için seçenekler ve kriterler	57
Çizelge 5.10. RFID kapı seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	58
Çizelge 5.11. Kapı seçimi için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü	58
Çizelge 5.12. Kapı seçimi için alternatiflerin karşılaştırılması	59
Çizelge 5.13. Malzeme kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi	59
Çizelge 5.14. Alarm sistemi kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi	59
Çizelge 5.15. Alternatif RFID güvenlik kapıları için önem ağırlıkları	600
Çizelge 5.16. Kapı seçimi için AHP ağırlıklar matrisi	60
Çizelge 5.17. Kapı seçimi için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması	60
Çizelge 5.18. RFID kiosk için seçenekler ve kriterler	631
Çizelge 5.19. Kiosk seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	633
Çizelge 5.20. Kiosk seçimi için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü	63
Çizelge 5.21. Kiosk seçimi için alternatiflerin karşılaştırılması	644

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.22. Alternatif RFID kiosk için önem ağırlıkları	644
Çizelge 5.23. Kiosk seçimi için AHP ağırlıklar matrisi.....	64
Çizelge 5.24. Kiosk seçimi için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması.....	65
Çizelge 5.25. RFID masaüstü okuyucu için seçenekler ve kriterler	65
Çizelge 5.26. Masaüstü okuyucu için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi	687
Çizelge 5.27. Masaüstü okuyucu için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü.....	68
Çizelge 5.28. Masaüstü okuyucu için alternatiflerin karşılaştırılması.....	68
Çizelge 5.29. Malzeme kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi	698
Çizelge 5.30. Alternatif RFID masaüstü okuyucular için önem ağırlıkları	699
Çizelge 5.31. Masaüstü okuyucu için AHP ağırlıklar matrisi	69
Çizelge 5.32. Masaüstü okuyucu için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması.....	69
Çizelge 5.33. RFID mobil okuyucu için seçenekler ve kriterler.....	70
Çizelge 5.34. Mobil okuyucu için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....	72
Çizelge 5.35. Mobil okuyucu için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü	72
Çizelge 5.36. Mobil okuyucu için alternatiflerin karşılaştırılması	73
Çizelge 5.37. Alternatif RFID mobil okuyucular için önem ağırlıkları.....	73
Çizelge 5.38. Mobil okuyucu için AHP ağırlıklar matrisi	73
Çizelge 5.39. Mobil okuyucu için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. RFID etiket tipleri	170
Şekil 2.2. RFID etiketinin çalışma şeması	177
Şekil 2.3. RFID okuyucu blok diyagramı	177
Şekil 2.4. RFID okuyucu kontrol ünitesinin blok şeması	188
Şekil 2.5. RFID pasif okuyucu blok şeması.....	221
Şekil 2.6. Aktif bir RFID okuyucunun bileşenleri	222
Şekil 4.1. Basit hiyerarşi modeli	444
Şekil 4.2. Kriter 1'in örnek hiyerarşik yapısı.....	455
Şekil 5.1. RFID kütüphane seçimi için oluşturulan hiyerarşik yapı	49
Şekil 5.2. RFID etiket seçimi probleminin hiyerarşik yapısı.....	53
Şekil 5.3. Nihai RFID etiket sıralaması	56
Şekil 5.4. RFID güvenlik kapısı seçimi probleminin hiyerarşik yapısı	588
Şekil 5.5. Nihai RFID kapı sıralaması	60
Şekil 5.6. RFID etiket seçimi probleminin hiyerarşik yapısı.....	63
Şekil 5.7. Nihai RFID kiosk sıralaması	65
Şekil 5.8. RFID masaüstü okuyucu seçimi probleminin hiyerarşik yapısı	687
Şekil 5.9. Nihai RFID masaüstü okuyucu sıralaması	69
Şekil 5.10. RFID mobil okuyucu seçimi probleminin hiyerarşik yapısı	721
Şekil 5.11. Nihai RFID mobil okuyucu sıralaması	74
Şekil 5.11.RFID kütüphane sistemi için seçilen sistem bileşenleri	74

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Etiketlerin güç/iletişim mekanizması	4
Resim 2.2. RFID sisteminin ana bileşenleri.....	4
Resim 2.3. İlk radar aparatına sahip Watson watt	5
Resim 2.4. Basit bir RFID sistemi ve iletişimi	8
Resim 2.5. Tipik RFID etiket tasarımı.....	8
Resim 2.6. Etiket içyapısı	9
Resim 2.7. RFID frekans aralıkları ve tipik etiketleri.....	144
Resim 2.8. Düşük frekanslı etiket örneği.....	155
Resim 2.9. Hf etiket örneği.....	165
Resim 2.10. RFID okuyucu örneği	199
Resim 2.11. Sabit ağ okuyucusu.....	200
Resim 2.12. Elde taşınan RFID okuyucu.....	211
Resim 2.13. Etiket anteni	233
Resim 2.14. Küçük ve büyük boyutta RFID anten	244
Resim 2.15. Düşük ve yüksek kazançlı anten ışın genişlikleri	254
Resim 2.16. Doğrusal ve dairesel polarizasyon	265
Resim 2.17. 96 bit uzunluktaki bir epc'nin düzeni.....	288
Resim 3.1. RFID kütüphane yönetimi	366

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μ W	Mikrowatt
mW	Miliwatt
W	Watt
KHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
GHz	Gigahertz
V	Volt
dB	Desibel
IP	Sudan Korunma Derecesi
CI	Tutarlılık Göstergesi
RI	Rassal Göstergesi
CR	Tutarlılık Oranı
cm	Santimetre
λ	Lamda
pcs/s	Adet/saat
TL	Türk Lirası
Kısaltmalar	Açıklama
RFID	Radyo Frekans Tanımlaması
AHP	Analitik Hiyerarşi Yöntemi
RF	Radyo Frekansı
EDC	Elektronik Ürün Kodu

ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu
NFC	Yakın Alan İletişimi
ILS	Tümleşik Kütüphane Yazılımı
EAS	Elektrik Akustik Simülasyon
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ANP	Analitik Ağ Yönetimi
LF	Düşük Frekans
HF	Yüksek Frekans
UHF	Çok Yüksek Frekans
SHF	Süper Yüksek Frekans
AC	Alternatif Akım
DC	Doğru Akım
BP	Akülü Okuyucu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri

1. GİRİŞ

Çoğumuz, araba çalıştırmak için elektronik bir anahtar, binaya veya odaya erişmek için dijital bir kart, yine benzer bir şekilde kayak merkezlerindeki asansörleri kullanmak, otobüs ya da metroya binebilmek için elektronik bir karta ihtiyaç duymaktayız. Tüm bunları gerçekleştirebilmek için radyo frekanslı elektromanyetik alanlara dayanan otomatik veri yakalama teknolojisini kullanmaktayız. Bu teknoloji, radyo frekans tanımlaması veya RFID (Radio frequency identification) olarak bilinir.

Nasıl ki insanları tanımlamak için kimlik kartları kullanıyorlarsa nesnelere de üretimden depolamaya oradan da satış noktalarına kadar tanımlamak ve takip etmek için RFID sistemlerine bağlı etiketler kullanılmaktadır. Nesnelere ve canlıları birçok tanımlama yöntemi vardır, fakat yaygın olarak kullanılan yöntem ise anten aracılığıyla nesne veya canlı üzerindeki etiketin yaydığı radyo dalgalarının dijital verilere çevrilerek bilgisayar sistemlerince tanımlanması yöntemidir [1].

RFID gelişmekte olan bir teknolojidir. Günümüzün otomatik tanımlama ve veri yakalama endüstrisinin en hızlı büyüyen bölümlerinden biridir. RFID hayatımızın ayrılmaz bir parçasıdır. RFID otoparklar, oyun salonları, eğlence parkları, ev, site ve garaj kapıları, ulaşım araçları, güvenlik kontrol noktaları, otoban ve köprüler, oteller, pansiyonlar, tatil köyleri, marketler, üretim bantları, stok kontrolleri, çiftlik ve evcil hayvanların izlenmesi, tehlikeli madde kontrolleri, yangın söndürme araçlarının kontrolleri, otobüs terminallerinin giriş çıkış kapıları, bagaj kontrolleri, havaalanı yolcu kontrolleri, güvenli alanların giriş çıkışları, envanter yönetimi, malların dağıtımı, kütüphane kitaplarının takip edilmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır [2].

Kütüphanelerin otomasyonunda da RFID sistemlerinin kullanımı tüm dünyada aktif olarak geliştirilmektedir. RFID, kütüphanelerde öncelikle ödeme, envanter bakımı ve check-in dahil olmak üzere kitap işleme sürecini otomatikleştirmektedir. Otomatik veya bilgisayar destekli sıralama ekipmanlarıyla birleştirildiğinde, RFID kitap sıralamasını kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Ayrıca özel self servis istasyonları ve elektronik okuyucu biletlerin kullanılması ile okuyucuların bağımsız olarak kitap teslim etmesine ve almasına izin verilmektedir. RFID sistemi, kitapların kütüphaneden izinsiz olarak alınmasına yönelik girişimleri engelleyerek hırsızlık önleme işlevi de sağlamaktadır.

Bu çalışmada kütüphanedeki kitapların tanımlanması ve tüm süreçlerin kolaylaştırılması için kurulmak istenen RFID sisteminin bileşenleri arasından en uygun olanını seçmek amaçlanmıştır. İlk olarak, RFID sistem bileşenleri için belirlenen, seçim kriterleri ve alternatiflere göre hiyerarşik ve ağ yapıları oluşturulmuştur. Daha sonra Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. Çalışma sonunda Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile elde edilen alternatif önem ağırlıklarına göre en uygun RFID bileşenleri tespit edilmiştir.



2. RFID TEKNOLOJİSİ

Son yıllarda otomatik tanımlama prosedürlerinin (Auto-ID) kullanımı endüstride, hizmet sektöründe, satın alma ve dağıtım lojistiğinde, imalat şirketlerinde ve malzeme sistemlerinde oldukça yaygın hale gelmiştir. İnsanlar, hayvanlar, nesnelere ve transit ürünler hakkında bilgi sağlamak için otomatik tanımlama prosedürleri mevcuttur.

Auto-ID teknolojileri barkodlar, optik karakter okuyucular ve retina taramaları gibi bazı biyometrik teknolojileri içermektedir. Auto-ID teknolojileri, verileri manuel olarak girmek ve veri doğruluğunu artırmak için gereken zaman ve işgücü miktarını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır.

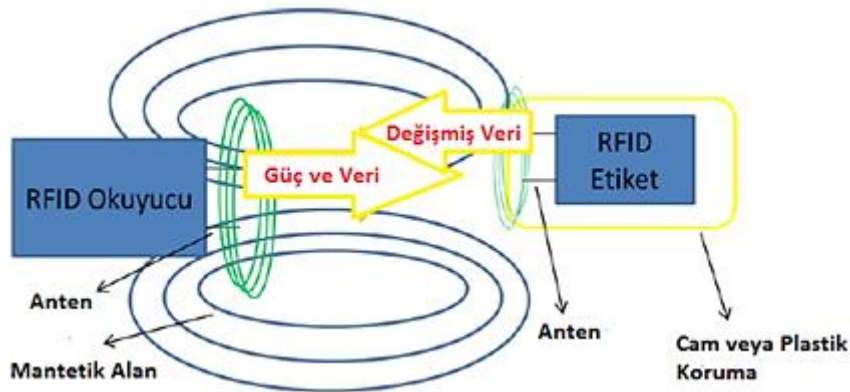
Önemli bir süre önce, tanımlama sistemlerinde hemen hemen her yerde kullanılan barkod etiketleri, giderek artan ihtiyaç durumunda yetersiz kalmaktadır. Barkodların maliyetleri ne kadar az olsa da, sorunlu tasarımları, düşük depolama kapasitesi ve yeniden programlanamamaları tercih edilmemesine neden olmaktadır.

Bunun yanında çevresel faktörlerin etkisiyle birçok otomatik tanımlama prosedürü özelliklerini yitirmektedir. Çevresel etkilere en uygun çözüm, verilerin silikon çip içinde saklanmasıdır. Günlük yaşamda kullanılan en yaygın elektronik veri taşıma cihazı, iletişim alanına (telefon sim kartı, banka kartları) dayanan akıllı karttır. Yalnız, akıllı kartlarda kullanılan mekanik temas özelliği pratik değildir. Veri taşıyan cihaz ile okuyucu arasında temassız veri aktarımı çok daha kolaydır. En ideal durum, elektronik veri taşıma cihazını çalıştırmak için gereken gücün, temassız teknoloji kullanılarak okuyucudan aktarılması olacaktır. Güç ve veri aktarımı için kullanılan en yaygın temassız kimlik tanımlama sistemlerinden biride RFID sistemleridir.

RFID sistemlerinin geliştirilmesinde ve satışında aktif olarak yer alan şirketlerin sayısı, RFID sisteminin ciddiye alınması gereken bir pazar olduğunu göstermektedir. RFID sistemlerinin küresel satışları 2000 yılında yaklaşık 900 milyon ABD doları iken, bu oran 2005 yılında 2.65 milyar ABD doları, 2015 yılında ise 12 milyar ABD dolarına ulaşmıştır [3]. Bu nedenle RFID pazarı, cep telefonları ve telsiz telefonlar dâhil olmak üzere radyo teknolojisi endüstrisinin en hızlı büyüyen sektörü içerisinde yer almaktadır.

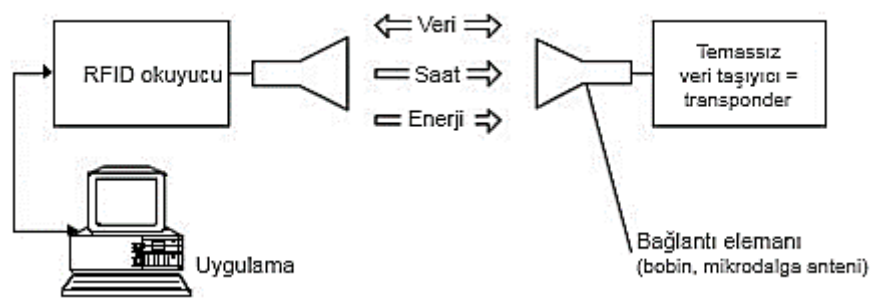
Tipik bir RFID etiketi, üzerine monte edilmiş radyo antenine bağlı bir mikroçip içermektedir. Çip, 2 kilobaytlık veri depolayabilmektedir. Etiket içerisinde bulunan

verilerde, üretim tarihi, varış yeri ve satış tarihi gibi ürüne veya göndericiye ilişkin bilgiler yer almaktadır. RFID etiketinde saklanan verileri görebilmek için RFID bir okuyucuya ihtiyacımız vardır. Tipik bir RFID okuyucu, radyo dalgaları yayıp, geri yansıyan sinyalleri alan bir veya daha fazla antene sahip bir cihazdır. Okuyucu daha sonra alınan verileri bir bilgisayar sistemine dijital biçimde aktarır. RFID'in temel çalışma prensibi Resim 2.1. gösterilmiştir.



Resim 2.1. Etiketlerin güç/iletişim mekanizması [4].

RFID sistemi temel olarak iki bileşenden oluşmaktadır. Bunlar nesnede bulunan etiket ve okuyucudur. Resim 2.2. de sistemin ana bileşenlerinden okuyucu, temassız veri taşıyıcının gönderdiği verileri uygulama sayesinde dijital ortama çevirerek bilgisayara aktarır. Alınan verileri iletmelerini sağlamak için ek bir arabirim (RS 232, RS 485 vb.) kullanılır.



Resim 2.2. RFID sisteminin ana bileşenleri [5].

2.1. RFID Tarihi

RFID teknolojisi İkinci Dünya Savaşı yılları başında telaffuz edilmeye başlansa da, geçmişi 1880'li yıllara dayanmaktadır. 1880'li yıllara kadar radyo dalgaları ile ilgili bilimsel çalışmalar çok yavaş ilerlemiştir. 1880'lerin başında elektromanyetik dalga

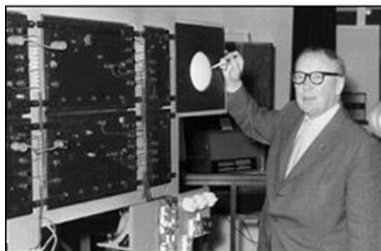
teorisinde ilk gelişmeler sağlanmış, 1846'da İngiliz bilim adamı Michael Faraday ışık ve radyo dalgalarının elektromanyetik enerji oluşturduğunu ortaya koymuştur. 1864'te Maxwell, elektromanyetik teorisini geliştirmiş, 1887'de Alman fizikçi Hertz, radyo sinyallerinin gönderilip alınabilmesini başarmıştır. Hertz'in çalışmalarını Rus bilim adamı Alexander Popov izlemiş, 1897 yılında Guglielmo Marconi radyo dalgaları ile ilk başarılı iletişimi gerçekleştirerek RFID'in temellerini atmıştır [6].

1906 yılında Ernst F.W. Alexanderson radyo sinyallerinin iletilmesinde ilk sürekli radyo dalgası aktarımını buldu. Bu buluş sayesinde radyo dalgaları tüm yönleriyle kontrol edilirken, modern telsiz iletişimine de geçilmiş oldu [7].

İkinci Dünya Savaşı'nda radar kullanmak önemli teknik bir gelişme sayılmaktaydı. Radarla bir nesneyi bulmak oldukça kolaydı. Radarın radyo dalgalarını yansıtılmasıyla nesnenin hızı ve pozisyonunu belirlenebiliyordu. Radarın nemi kısa zamanda birçok ülke tarafından anlaşılmıştı. Almanlar, Japonlar, Amerikalılar ve İngilizler, 1935'te İskoç fizikçi Sir Robert Alexander Watson Watt tarafından keşfedilen radarı kullanıyorlardı. Yalnız kullanılan bu radarla dost ve müttefik uçaklar ile düşmana ait olan uaıkları ayırt etmenin bir yolu yoktu.

İlerleyen zamanlarda Almanlar, uçaklarının üsse geri dönerken ters manevra yaptıklarında, radyo sinyallerini geri yansıtıklarını keşfettiler. Bu kaba yöntem ile gelen uçakların Alman ve müttefik uaıkları olup olmadığının anlaşılması sağlandı.

1940'larda Watson Watt (Resim 2.3.) nclğnde İngiliz ordusu dost ve düşman uçaklarını ayırt edilebilmek için okuyucu ve verici kullandı. Her İngiliz uçağına bir verici yerleştirildi. Radar istasyonları uaıklardan gelen sinyalleri tanımlayarak, uçakların dost veya düşman olarak ayırt edilebilmesini sağlamıştır. Sistem tarafından belirlenen veriler temelinde uçakların saldırıya uğrayıp uğramadıkları da anlaşılabilmıştir. RFID temel olarak aynı kavram üzerinde çalışmaktadır [8].



Resim 2.3. İlk radar aparatına sahip Watson Watt [8]

Radar ve RFID sistemlerinde ilerlemeler 1950'ler ve 1960'lar boyunca devam etti. Günümüzün tanınmış RFID sistemlerinin öncüleri 1960'lı yıllarda ticari olarak ortaya çıktı. Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Japonya'daki bilim adamları ve akademisyenler tarafından, radyo frekansı enerjisi ile nesnelere uzaktan nasıl tanımlanabileceğini açıklayan araştırma yapılmıştır. Bu araştırmayla şirketler için satılan ürünlerin ücretinin ödenip ödenmediği belirlemek için radyo dalgalarını kullanacak bir sistem geliştirildi. Bu sistemde her bir ürünün üzerine 1 bitlik etiket yerleştirildi. Ürün ödendiğinde 1 bitlik etiket, biti kapatarak kişinin mağazadan ayrılmasına izin verirken, aksi durumda ise bit açık kalarak kişinin ürünle mağazadan ayrılması halinde kapıdaki okuyucular etiketi algılayıp alarm vermekteydi. Yine 1960'lı yıllarda Sensomatic ve Checkpoint şirketleri mal hırsızlığına karşı elektronik gözetleme ekipmanı geliştiren Knogo şirketiyle işbirliği antlaşması yaptı. Böylece RFID'in ticarileşme adımları atıldı.

Mario W. Cardullo 23 Ocak 1973'te yeniden yazılabilir belleğe sahip aktif RFID etiketi bulduğunu iddia ederek ABD'de patent başvurusu yaptı. Aynı yıl Charles Walton adlı bir girişimci de anahtarsız bir şekilde kapı kilidini açmak için kullanılan pasif bir transponder geliştirerek patent aldı. Kart içinde gömülü halde bulunan transponder okuyucu yerleştirilmiş kapının yanına yaklaştığında okuyucuya bir sinyal iletiyordu. Okuyucu da kart içerisinde kayıtlı kimlik numarasını tespit ettiğinde mekanik aksan çalışarak kapının açılmasını sağlıyordu. Walton bu buluşunu ticarileştirerek şirketlerin kullanımına sundu.

1970'lerde ABD hükümeti Los Alamos Ulusal Laboratuvarına nükleer malzemelerin izlenmesine yönelik bir sistem geliştirmesi talebinde bulundu. Laboratuvarda çalışan bilim insanlarının aklına bir kamyon ve güvenli bölgelerdeki kapıların üstünde bulunan okuyuculara transponder koyma fikri geldi. Yapılan çalışmalar neticesinde okuyucular ile kamyon arasında bilgi alış verişi sağlandı. Los Alamos tarafından geliştirilen bu sistem daha sonra tüm dünyada yollar, tüneller ve köprülerden geçen araçların otomatik ödeme yapması için kullanıldı. Yine demiryollarındaki araçların izlenmesinde de bu sistem kullanıldı.

1980 yıllarında çiftlik hayvanların takibi için Los Alamos tarafından pasif RFID etiketi geliştirilmiştir. Otomobil üreticileri de bu etiketleri araçlara entegre ederek araçların sahipleri dışında izinsiz çalıştırılmasına engel olmak için kullanmıştır.

1990'lı yıllara kadar RFID uygulamaları genellikle düşük frekanslı sistemlerden oluşmaktaydı. Bu dönemde IBM mühendisleri tarafından ultra yüksek frekanslı (UHF) RFID sistemi geliştirilmiştir. UHF ile daha uzun okuma aralığı ve daha hızlı veri aktarımı sağlanmıştır [9].

2000'li yıllarda RFID sistemlerinin maliyetleri oldukça azalmıştır. Nesnelere uzaktan özel olarak tanımlama yeteneği birçok alanda kullanışlı olması günümüz RFID teknolojisine ulaşmayı sağlamıştır. Boyut olarak ta küçülen RFID sistemleri birçok alanda kullanılmaya başlamıştır [10]. Günümüzde RFID teknolojileri havacılık, giyim, enerji, savunma, kütüphane yönetimi, sağlık, lojistik, imalat ve perakende satışları gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

2.2. RFID Sistem Bileşenleri

RFID'i özetleyecek olursak, bir etiket içerisinde mikroişlemci ve anten barındıran nesnenin, kullanılan kablosuz iletişim teknolojisi sayesinde etikette taşıdığı bilgilerin ve hareketlerin izlenebilmesine imkân veren teknolojidir. RFID sistemlerinde, kablosuz iletişim teknolojileri kullanılarak herhangi bir nesnenin otomatik olarak tanımlanabilmesi, izlenebilmesi, nesneye ait dinamik bilgilerin ya da verilerin oluşturulması, toplanması ve yönetilmesi amacı güdülmektedir. Bu yeni teknoloji ve iletişim altyapısı ile veri toplama, hizmet dağıtımı, sistem yönetimi ve insan müdahalesi olmadan nesne takibi, nesne görünürlüğü sağlanmadan kablosuz iletişim kullanılarak gerçekleştirilmekte; hata oranı azaltılıp servis hızı ve kalitesi artırılmaktadır [11].

RFID sistemi birkaç temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler güvenilir veri iletimi ve alımını sağlamak için eş zamanlı olarak çalışmalıdır. RFID sisteminin kurulması için farklı yazılım ve donanımsal gereksinimler vardır. Bunlar;

- RFID etiketler
- RFID okuyucular
- Antenler
- Denetleyiciler/Sorgulayıcılar
- Programlayıcılar
- Frekanslar ve standartlar

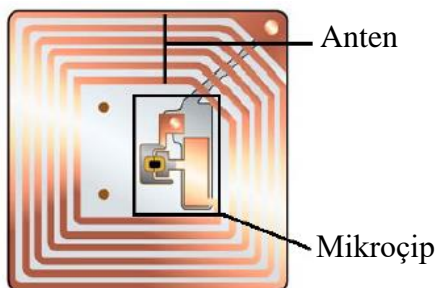
2.2.1. RFID etiket

RFID etiketi, içerisinde benzersiz şekilde tanımlama yapabilen, nesnelere ait bilgilerin depolandığı mikroçip biçiminde bellek ve okuyucuyla iletişime geçebilecek bir anten barındırır. Etiket kayıt alanına girdiğinde okuyucu tarafından okunur, gerekli durumlarda etiketi içerisindeki bilgiler değiştirilebilir ve yeni bilgiler kaydedilebilir. RFID etiketlerinde ürünün adı, ağırlığı, fiyatı ve okunmak istenen tüm bilgiler saklanabilir [12]. Okuyucu ile etiket arasında Resim 2.4.'deki gibi iletişim radyo frekansı sinyalleri ile sağlanır.



Resim 2.4. Basit bir RFID sistemi ve iletişimi [11]

Her etiket tanımlanması için benzersiz bir ID numarası kullanılır. RFID etiketindeki mikroçip 64 bitten 8 MB'a kadar veri depolama özelliğine sahip olabilir ki bu da üzerinde bulunduğu nesnenin üretim ve sevk tarihi, sipariş numarası, müşteri bilgileri, kurum personel bilgileri, seri numarası gibi önemli verileri kolayca taşıyabileceği anlamına gelir [13]. Etiketler enerji kaynağına göre pasif (pilsiz), aktif (pilli) ya da yarı pasif olabilir. Aktif etiketler haberleşmek ve işlem yapabilmek için kendilerine fiziksel olarak entegre edilmiş bir enerji kaynağından yararlanırken, pasif etiketler bu enerjiyi haberleşme alanına girdikleri okuyucudan sağlar [14].

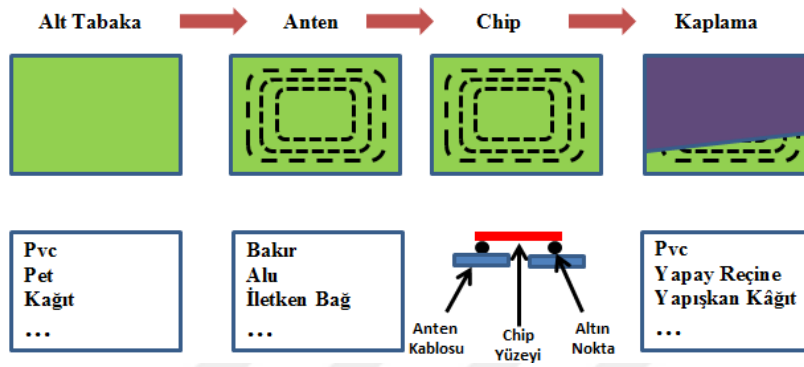


Resim 2.5. Tipik RFID etiket tasarımı

RFID uygulamalarında en önemli detaylardan biri de doğru etiketin seçimidir. Günümüzde RFID sistemi kurmak için yüzlerce etiket çeşidi mevcuttur. Resim 2.5.'de günümüzde

kullanılan tipik bir RFID etiketi resmedilmektedir. RFID etiket seçiminde kurulacak sisteme özel olarak etiket yapılması verimli bir sistem kurulması açısından önemlidir. RFID etiket seçiminde dikkat edilecek noktalar aşağıdaki gibidir [15].

- Etiketleme yüzeyi
- Okuma mesafesi
- Etiketlin büyüklüğü
- Çevresel koşullar
- Etiketleme biçimi



Resim 2.6. Etiket içyapısı [11]

RFID etiketin içyapısı Resim 2.6.'de görüldüğü gibi birinci tabaka genellikle kâğıttan veya polipropilenden yapılır ve koruyucu bir tabakadır. Bu katmanın altında erime ve basınca duyarlı olan yapışkan bir tabaka mevcuttur. Tabakalar birbirleri ile epoksi bant ya da macun gibi iletken yapıştırıcılar üzerinden bağlanabilir [16].

Etiket üzerindeki anten ise, alüminyum veya bakırdan yapılır ve bir plastik malzemeye tutturulur. Son tabaka silikon kaplı bir kâğıt olan astardır ve bu tabaka diğer katmanlara yapışkanla bağlanır. Etiket yapımında kullanılan malzemelerin uzun vadede dayanıklı olması, kullanım açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden etiket tasarımcıları etiketin kullanılacağı şartlara göre etiketi en uygun yapıda tasarlamaktadırlar.

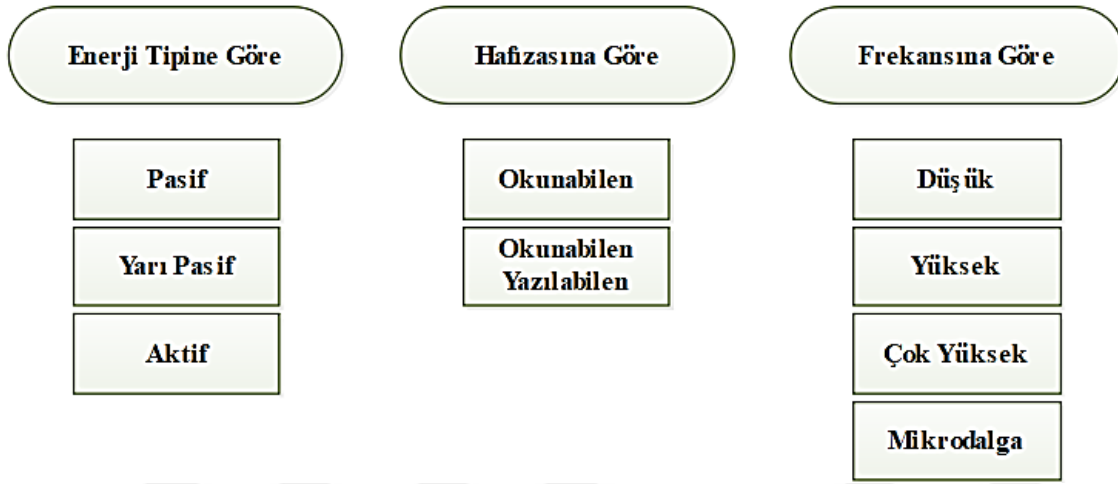
Etiket üzerindeki anten, okuyucudan gelen radyo frekansı (RF) dalgalarını alır ve yansıtır. Anten tasarımını uygulamanın frekansı ve etiketin boyutu belirler. Çip ise etiketin işlevselliğini sağlar. Entegre devrenin ana parçaları şunlardır.

- Kodlama/Kod çözme
- Hafıza

- Anten
- Güç ünitesi
- İletişim Kontrol Birim

2.2.2. RFID etiket tipleri

RFID etiketleri Şekil 2.1.' de gösterildiği gibi enerji elde etme yöntemine, hafızasına ve frekansına göre çeşitlenmektedir. RFID etiketlerini incelersek;



Şekil 2.1. RFID etiket tipleri

Enerji elde etme yöntemine göre etiketler

Pasif, yarı pasif ve aktif RFID etiketleri RFID teknolojisi dünyasında bir adım öne çıkmaktadır. Bu etiketlerin üretimi diğer etiketlere göre daha ucuzdur [17]. Boyut bakımından da oldukça kullanışlı olup neredeyse tüm ürünlere sığabilecek düzeydedir. Etiketler okuyucuyla irtibata geçebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu enerji ihtiyacını ya kendi üzerlerinde bulunan bir güç kaynağından ya da okuyucudan elde ederler. Etiketler enerji elde etme yöntemlerine göre 3'e ayrılırlar.

Pasif RFID etiketler

Adından da anlaşılacağı gibi pasif RFID etiketleri herhangi bir güç kaynağına sahip değildirler. Çalışması için gereken güç okuyucu tarafından okuyucuya yaklaşıldığında sağlanır. Okuyucudan gelen bu enerji etiket anteninde bir gerilim indüklemesi oluşturarak etiketin bütünleşmiş devresini harekete geçirir. Bütünleşmiş devre içinde barındırdığı bilgiyi yine anten aracılığı ile okuyucuya gönderir [18].

Aktif RFID etiketin aksine, pasif RFID etiketi kendi güç kaynağına sahip olmaması nedeniyle etiket anteni, okuyucu ile iletişim sağlamakla sorumludur. Güç iki farklı şekilde aktarılmaktadır. Birincisi manyetik indüksiyon metodu, ikincisi ise RF anteni; yani yakın alan ve uzak alan ile ilgili özellikleri kullanılarak elektromanyetik dalga transfer yöntemidir.

Elektromanyetik (EM) transfer yöntemlerinden biri olan yakın alan tekniğinde; okuyucu, yakın bölgede alternatif bir manyetik alan yaratılmasının sebebi ile okuma bobini boyunca büyük miktarda akım geçirir. Bu manyetik alan bölgesine bir etiket yerleştirilirse, alternatif voltaj ortaya çıkar. Bu voltaj düzeltilip bir kondansatöre bağlanarak etiket çipine güç verilmesi sağlanır.

Uzak alan tekniğinde ise etiket okuyucuya bağlı olan dipol anteninden iletilen EM dalgalarını yakalar. Küçük dipol anteni, enerjiyi dipolün kolları boyunca görünen potansiyel farkı şeklinde alır. Düzeltme işleminden sonra, etiketlere gerekli olan güç kapasitöre aktarılır [19]. Güç aktarımı, etiket türüne bağlı olarak $10\mu\text{W}$ ila 1mW arasındadır. Pasif etiketlerin çalışma frekansı aralıkları ise 128 KHz, 13,6 MHz, 915 MHz veya 2,45 GHz'dir.

Pasif RFID etiketi kullanımının dezavantajları

- Etiket sadece çok kısa mesafelerde okunabilir.
- Elektrik ile çalışan sensörleri sisteme dâhil etmek mümkün olmayabilir.
- Etiketin eklendiği ürün satıldıktan ve takibi bırakıldıktan çok uzun bir süre sonra bile okunabilir durumda kalır.

Pasif RFID etiketinin avantajları

- Etiket, pilsiz çalışır. Yirmi yıl veya daha uzun bir ömrü vardır.
- Üretilmesi çok daha ucuzdur.
- Diğer etiketlere göre çok daha küçüktür.
- Tüketim mallarında ve diğer alanlarda neredeyse sınırsız uygulamalara sahiptir [20].

Yarı pasif RFID etiketler

Yarı aktif olarak da adlandırılan yarı pasif RFID etiketleri, pasif etiketlere çok benzer, ancak çipe güç sağlayan pillerle donatılmıştır. Etiketler üzerinde küçük bir güç kaynağı

bulunmaktadır [21]. Veri aktarımı pasif RFID etiketlere göre biraz daha hızlı olsa da çalışma mantığı aynıdır.

Aktif RFID etiketler

Aktif RFID etiketleri temelde hem radyo vericisi hem de radyo alıcı devresi içerir. Aktif RFID etiketleri kendi güç kaynağına sahip olup okuyucunun enerjisine bağlı değildir. Bu sayede uzak mesafeden de okunabilir. Ancak, bu tür etiketler pahalıdır ve pil ömrü sınırlıdır. Aktif RFID sistemlerinin üç temel parçası vardır. Bunlar etiketler, okuyucular ve sunuculardır [22].

Aktif RFID etiketlerinde, çalışma frekansı olarak 2,4 GHz kullanılır, çünkü bu frekans aralığı dünya çapında kullanılabilir. Aktif RFID etiketler iletim gücü için radyo sinyali yayılsa da, radyo sinyalinin süresi çok kısadır. Yani çoğu zaman, sessiz kalırlar. Bu durum nedeniyle, etiket pil ömrüne etki eder. Pilin normal ömrü yaklaşık olarak bir yıldır.

Aktif RFID etiketinin avantajları

- Son derece uzun okuma aralığı vardır.
- Ortak teknolojilerle artan etiket yetenekleri.
- Son derece sağlam etiket seçenekleri.

Aktif RFID etiketinin dezavantajları

- Etiketinin ömrünü sınırlayan pil gücü olmadan çalışamaz.
- Genellikle daha pahalıdır.
- Fiziksel olarak daha büyüktür [23].

Çizelge 2.1. Enerji elde etme yöntemine göre etiketler [24]

Etiket Tipleri	Pasif	Yarı Pasif	Aktif
Güç Kaynağı	Okuyucudan alır	Batarya	Batarya
İletişim	Sadece Yanıt	Sadece Yanıt	Yanıt veri ve iletişime geçebilir.
Mesafe	LF, HF: 0,2 m UHF, SHF: 3 m UWB: 10 m	100 metreden daha uzak mesafelerde	100 metreden daha uzak mesafelerde
Maliyet	Düşük	Orta	Yüksek
Örnek Uygulamalar	EPC, Yakın mesafe kartları	Elektronik geçiş, Palet	Büyük çapta mal izleme, Hayvan takibi

Hafıza yapısına göre etiketler

RFID etiketleri ya sadece okunabilen RFID etiketi yâda hem okunup hem de yazılabilen RFID etiketi olabilir.

Sadece okunabilen etiketler

Sadece okunabilen etiketler farklı amaçlar için kullanılabilir. Tek fark, bu etiketlerin önceden kodlanmış olması sebebiyle verileri saklayabileceğiniz herhangi bir kullanıcı belleğinin olmamasıdır. Sadece okunabilen radyo frekansı tanımlama etiketleri genellikle fabrikalarda programlanmaktadır. Veriler, değiştirilemeyen benzersiz bir tanımlayıcı ile diğer kodlanmış bilgileri içermektedir. Önceden kodlanmış kimlik numarasıyla ilişkili öğeler, kendi kodladığımız kimlikleri olan öğeler gibi takip edebilmektedir [21].

Sadece okunabilen etiketler, RFID etiketinde saklanan benzersiz bir seri numarasına sahiptir. Seri numarası, imalat sırasında etikete eklenir, güncellenemez veya değiştirilemez. Bu etiketlerin ek belleği yoktur [24]. Etiketler bir ürünü tanımlama gerektiren giyim mağazaları ve diğer uygulamalar gibi basit tanımlama uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Maliyetleri düşüktür [25].

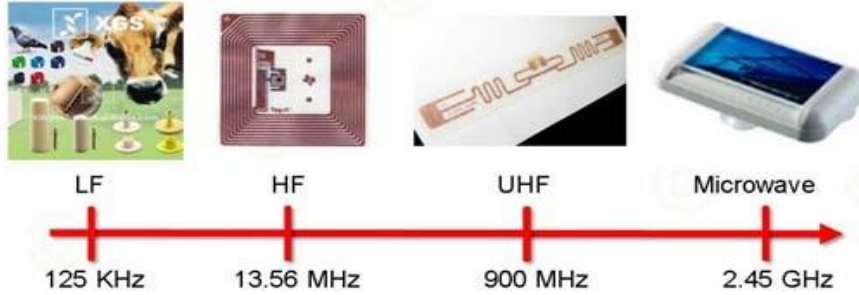
Hem okunup hem yazılabilen etiketler

Hem okunup hem yazılabilen etiketler, kullanıcılara etiket üzerinde depolanan bilgileri güncelleme veya yeniden yazma imkânı verir [26]. Etiketin seri numarası gerektiğinde güncellenebilir, ayrıca okuyucular da gerektiğinde etiket üzerine bilgi yazabilir. Bu sayede bir çeşit okuma günlüğü sağlanır [27]. Bu etiketler sadece okunur etiketlerden daha pahalıdır, ancak daha yüksek fiyatı haklı çıkarabilecek bir dizi kullanım özelliğine sahiptir [28].

Frekanslarına göre etiketler

RFID teknolojisinde bir dizi farklı frekanslar kullanılır. RFID kullanıcıların verimli bir sistem kurabilmeleri için en uygun frekansı seçmeleri önemlidir [29]. RFID sistemleri, Resim 2.7.'de gösterildiği gibi, çok farklı frekans bantlarında çalışırlar.

Farklı frekanslar, farklı uygulamaları daha kullanışlı hale getiren farklı özelliklere sahiptir. Örneğin, düşük frekanslı etiketler daha az güç kullanır ve metalik olmayan maddelere daha iyi nüfuz edebilmektedir. Meyve gibi yüksek su içeriğine sahip nesnelere taramak için idealdir, ancak okuma aralıkları 3 metreden daha azıyla sınırlıdır. Yüksek frekanslı etiketler, metalden yapılmış nesnelere üzerinde daha iyi çalışır [30]. Yaklaşık 1 metre okuma aralığı vardır. UHF frekansları ise genellikle daha iyi bir aralık sunmakla birlikte düşük ve yüksek frekanslardan daha hızlı veri aktarabilmektedir. Fakat daha fazla güç kullanırlar ve materyallerden geçme olasılıkları daha azdır [31]. UHF etiketleri, depo sistemlerinde kutuların taranması için kullanılmaktadır. Uygulama için doğru frekansı seçmemiz çok önemlidir. Bunun için yardımcı olabilecek bilgili bir danışman veya tedarikçi ile çalışmak en iyisidir.



Resim 2.7. RFID frekans aralıkları ve tipik etiketleri

Düşük frekanslı etiketler

Düşük frekans aralığı, 30 ila 300 KHz arasındaki frekansları içerir. Fakat RFID için sadece 125 KHz ve 134 KHz kullanılır. Bu aralık, 1979 yıllarından beri hayvan takibi için RFID etiketlerinde kullanılmaktadır ve kullanımda en uygun aralıktır. Resim 2.8.'da düşük frekanslı RFID etiket örneği görülmektedir. Bu aralıktaki etiketler genellikle Low frequency (LF) etiketleri olarak adlandırılır. Güç elde etmek ve sorgulayıcı ile iletişim kurmak için yakın alan endüktif kuplaj kullanırlar. LF etiketleri pasif etiketlerdir ve birkaç metrelik kısa bir okuma aralığına sahiptir. Tüm RFID frekansları arasında en düşük veri aktarım hızına sahiptirler ve genellikle az miktarda veri depolarlar. LF etiketlerinin hiçbir çarpışma önleyici özelliği yoktur. Bu nedenle aynı anda birden fazla etiket okumak

imkânsızdır ya da çok zordur [32]. Etiket antenleri genellikle, bir demir çekirdekli çekirdeğin etrafına sarılan yüzlerce dönüştürücü bir bakır bobinden yapılır. Üretmek pahalıdır ve bunları kullanan etiketler diğer frekanslardan daha kalındır. LF etiketleri, su, hayvansal dokular, metal, ağaç ve sıvılar içeren nesnelere bağlanarak kolayca okunabilmektedir [33].

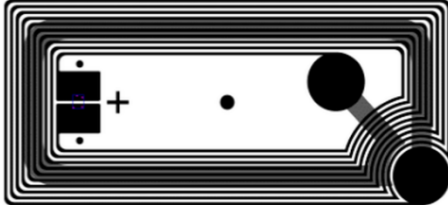


Resim 2.8. Düşük frekanslı etiket örneği [32]

Yüksek frekanslı etiketler

Yüksek frekans aralığı, 3 ila 30 MHz frekansları içermektedir, ancak RFID uygulamaları için sadece 13,56 MHz frekansını kullanılır. Bu frekans, dünya çapında aynı güç seviyesine sahip RFID uygulamaları için kullanılmaktadır. 13,56 MHz kullanan etiketler ve sorgulayıcılar genellikle High frequency (HF) etiketleri ve HF sorgulayıcıları olarak adlandırılır. Resim 2.9.'da da gösterilen bu etiketler, LF etiketleri gibi, aynı zamanda güç elde etmek ve sorgulayıcı ile iletişim kurmak için yakın alan endüktif kuplaj kullanırlar. HF etiketleri pasif etiketlerdir ve kısa okuma aralığına sahiptir. Okuma mesafesi 20 cm ile 1 metre arasındadır. UHF frekanslarından daha düşük LF'den ise daha yüksek bir veri aktarım hızına sahiptirler. HF etiketlerinde anti çarpışma olmaktadır. Bu sayede aynı anda birden fazla etiketin okunması sağlanır. Birçok HF etiketi ve sorgulayıcılarının okuma aralığı küçük olduğundan, genellikle çarpışma karşıtı uygulama yapamazlar. Bu durum karmaşıklığı ve maliyeti azaltır [34].

HF etiketlerinin uygulamaları arasında kredi kartları, akıllı kartlar, kütüphane kitapları, havayolu bagajı ve varlık takibi bulunmaktadır. HF frekansının kullanımı ve akıllı kartların popülerliği konusunda kısıtlamaların olmaması nedeniyle, HF etiketleri şu anda dünya çapında en çok kullanılan etiketlerdir.



Resim 2.9. HF etiket örneği

Çok yüksek frekanslı etiketler

Ultra yüksek frekans (UHF) aralığı 300 ila 1000 MHz frekans aralığını içerir, ancak RFID uygulamaları için yalnızca iki frekans aralığı, 433 MHz ve 860-960 MHz kullanılır. Aktif etiketler için 433 MHz frekans kullanılırken, 860–960 MHz aralığı çoğunlukla pasif etiketler ve bazı yarı pasif etiketler için kullanılır. UHF etiketlerinin yaklaşık olarak 60 cm ile 12 metre arasında bir okuma aralığı vardır. UHF serisindeki tüm protokoller, aynı anda birden fazla etiketin okunmasına izin veren bir tür anti çarpışma özelliğine sahiptir. Yeni Gen 2 protokolü UHF etiketleri için saniyede birkaç yüz etiket okumak için tasarlanmıştır. UHF sorgulayıcıları genellikle HF sorgulayıcılarından daha maliyetlidir, ancak UHF etiketleri daha ekonomiktir.

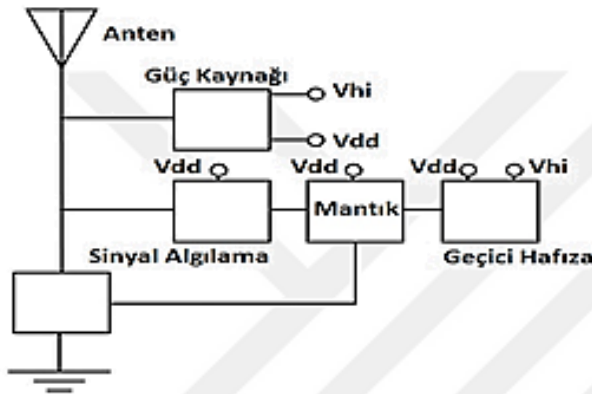
Mikrodalga etiketleri

Mikrodalga frekans aralığı 1 ila 10 GHz arasındaki frekansları içerir, ancak RFID uygulamaları için sadece 2,45 GHz ve 5,8 GHz civarında iki frekans aralığı kullanılır. Hemen hemen tüm mikrodalga etiketleri 2,45 GHz frekansını kullanır. Mikrodalga etiketleri pasif, yarı pasif ve aktif tip olarak mevcuttur. Pasif ve yarı pasif etiketler, sorgulayıcılarla iletişim kurmak için sorgulayıcıların vericilerini kullanır. Aktif etiketler ise iletişim kurmak için kendi vericilerini kullanır. Pasif mikrodalga etiketleri genellikle pasif UHF etiketlerinden daha küçüktür ve yaklaşık 15 metreye kadar okuma aralığına sahiptir. Yarı pasif mikrodalga etiketleri yaklaşık 100 metrelik bir okuma menziline sahipken, aktif mikrodalga etiketleri yaklaşık 300 metrelik bir okuma menziline sahiptir.

2.2.3. RFID etiketin çalışması

RFID etiketinin mikroçip ve anten (bobin) olmak üzere iki önemli bileşeni vardır. Anten RFID okuyucusundan güç ve RF sinyalleri alır. Bu sinyalleri çipe gönderir. Çip bu sinyalleri alır, hesaplar ve verileri RFID okuyucuya geri gönderir.

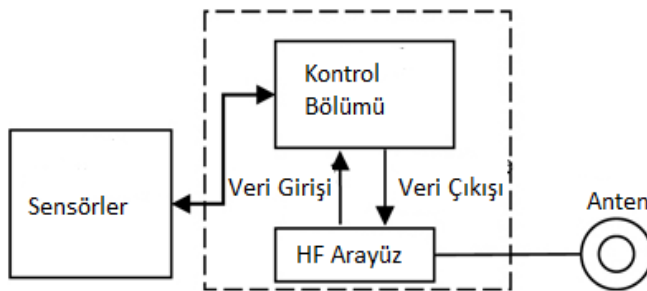
RFID etiketinin kimliğini tanımak için RFID okuyucu, etiket içinde bulunan bobine (anten olarak çalışan) yakalanan radyo sinyallerini gönderir. Bobin bu sinyalleri alternatif akım olarak alır ve çipe geçer. Çip, bu alternatif akımdan hem gücü hem de bilgiyi alır. Bilgileri depolayan çip iletişim kurarak, gerekli sinyali RFID okuyucusuna iletilen antene geri gönderir [35]. Şekil 2.2.'de RFID etiketin çalışmasını gösteren şema görülmektedir.



Şekil 2.2. RFID etiketinin çalışma şeması

2.2.4. RFID okuyucular

RFID okuyucu, RFID sisteminin beyni olarak kabul edilip sistemin çalışması için en gerekli bileşendir. Sorgulayıcı olarak da adlandırılan okuyucular, RFID etiketleriyle iletişim kurmak için radyo dalgaları ileten ve alan aygıtlardır [36]. RFID okuyucular tipik olarak sabit RFID okuyucu ve mobil RFID okuyucu olarak iki ayrı türe ayrılır. Sabit okuyucular genellikle duvarlara, masalara, kapılara veya diğer sabit yerlere monte edilir.

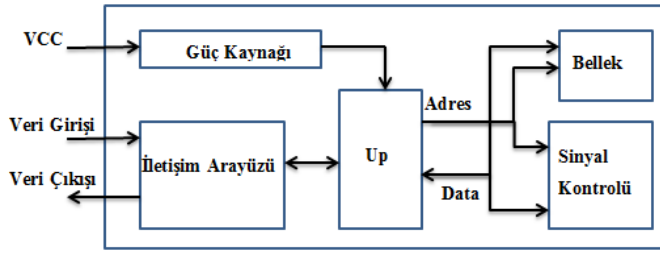


Şekil 2.3. RFID okuyucu blok diyagramı [40]

RFID okuyucu, Şekil 2.3.'de gösterildiği gibi üç bölümden oluşur. Bu bölümler;

- Kontrol bölümü
- Yüksek frekanslı (HF) arayüz
- Anten

RFID okuyucunun kontrol bölümü, RFID aktarıcından alınan veriler üzerinde dijital sinyal işlemi gerçekleştirir. Ayrıca, kontrol bölümü okuyucunun modülasyon önleme işlemlerini gerçekleştirip alınan verileri transponderlerden çözer ve kablosuz olarak transponderlerle iletişim kurmasını sağlar. Bu veriler genellikle etiketleri sorgulamak (okumak) veya etiketi yeniden yazmak için kullanılır. Bu bölüm mikroişlemci, bellek bloğu, birkaç analog-dijital dönüştürücüsü ve yazılım uygulaması için iletişim bloğundan oluşur. Şekil 2.4'de okuyucu kontrol bölümünün blok diyagramını gösterilmektedir.



Şekil 2.4. RFID okuyucu kontrol ünitesinin blok şeması [40]

RFID okuyucularının sınıflandırılması

Sınıflandırma; güç kaynağı, iletişim arayüzü, hareketlilik, etiket sorgulaması, frekans cevabı ve okuyucunun destekleyici protokollerine dayanmaktadır [37].

Güç kaynağı

RFID okuyucunun güç kaynağına göre sınıflandırılması iki türdür:

- Güç şebekesinden sağlanan okuyucular
- Akülü okuyucular

Güç şebekesi tarafından sağlanan okuyucular genellikle uygun bir harici elektrik prizine bağlı güç kablosu kullanır. RFID okuyucuları elektronik cihazlar olduğundan, elektronik devreleri ve bileşenleri için DC voltaj kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu, okuyucuların güç kaynağı için uygun bir AC / DC adaptörünün kullanılması anlamına gelir. Güç kaynağını

kullanan çoğu okuyucu sabit okuyucu olup çalışma aralığı 5V-12V arasında değişmektedir. Ancak 24V kadar yüksek voltaj seviyelerinde çalışan okuyucu örnekleri de vardır [38].

Akülü okuyucular ise hafif ve taşınabilirdir. Akü genellikle okuyucunun ana kartını açmak için kullanılır [39]. Çoğu akülü okuyucu mobil okuyuculardır, ancak sabit okuyucuları da destekleyenler vardır. Akülü okuyucuların, güç beslemesi için 5V'dan 12 V'a kadar piller kullanırlar.



Resim 2.10. RFID okuyucu örneği [43]

İletişim arabirimi

RFID okuyucuları (Resim 2.10.), okuyucunun iletişim için sağladığı arayüz temelinde sınıflandırılır;

- Seri okuyucu
- Ağ okuyucu

Seri okuyucular, ana bilgisayarlar veya yazılım uygulamalarıyla iletişim kurmak için seri iletişim bağlantısını kullanmaktadırlar [40]. Okuyucu, ana bilgisayara RS-232, RS-485, IC2 veya USB seri bağlantısı kullanılarak fiziksel olarak bağlanmaktadır [41]. Seri okuyucular, veri iletiminde ağ okuyucularına göre daha güvenilirdir. Seri okuyucuların dezavantajı, ana bilgisayardaki seri portların sayısı ile sınırlı olmasıdır. Bu sebeple tüm seri okuyucuları bağlamak için çok sayıda ana bilgisayara sahip olmak gerekmektedir [42].

Ağ okuyucular (Resim 2.11.) ise ana bilgisayara kablolu veya kablosuz ağ üzerinden bağlanabilmektedir. Bu tür okuyucular standart ağ aygıtı gibi davranmaktadır. Donanım ve sistem yapılandırması hakkında özel bilgi gerektirmez. Günümüzün RFID okuyucuları Ethernet, TCP / IP, UDP / IP, HTTP, LAN, WLAN ve diğerleri gibi çoklu ağ protokollerini desteklemektedir. Bu, sisteme yüklü okuyucuların daha kolay takip edilmesini ve bakımını sağlamaktadır. Örneğin, ağda uygulanan okuyucuların

güncellenmesi gerekiyorsa veya ürün yazılımı ve sürücüler yeni bir sürücü sürümü ile yeniden yüklenirse, bu sadece ağ bağlantıları penceresini kullanarak ana bilgisayardan cihazı seçerek gerçekleştirilebilmektedir. Seri okuyucularla karşılaştırıldığında çok sayıda okuyucu yüklemek için daha az sayıda ana bilgisayara ihtiyaç duyulmaktadır. Okuyucunun sayısı veya sistem ortamındaki yerleşimleri, RS-232/485 bağlantılarında olduğu gibi kablolu bağlantı tarafından belirlenmez veya kısıtlanmaz [43]. Ağ okuyucularının veri iletim hızı, seri okuyuculardan çok daha büyüktür ve dolayısıyla veriler daha yüksek bir oranda toplanmaktadır. Ağ okuyucularının dezavantajı, iletişim bağlantısının seri iletişim kadar güvenilir olmamasıdır. İletişim linki düştüğünde, arka uçlara erişilemez. Sonuç olarak, RFID sistemi tamamen durabilir. RFID okuyucuları, alınan verileri etiketlerden saklamak için dâhili belleğe sahiptir, bu nedenle kısa süreli ağ arızaları telafi edilebilmektedir.



Resim 2.11. Sabit ağ okuyucusu [44]

Hareketlilik

RFID okuyucularını diğer bir sınıflandırma biçimi de kullanım hareketliliğine göre verir. Kullanım hareketliliğine göre iki tür okuyucuyu birbirinden ayırılır;

- Sabit
- Elde taşınabilir (Mobil)

Sabit RFID okuyucuları sabit sorgulayıcı olarak da bilinir. Bu terim, okuyucuların etkili transponder okumalarını gerçekleştirebilecekleri duvarlara, portallara, kapılara veya diğer nesnelere monte edilebilme yeteneğinden gelmektedir. Sabit RFID okuyucuları temel olarak tedarik zinciri yönetimi, varlık takibi ve ürün kontrolü gibi kablosuz veri yakalama yöntemlerinde kullanılmaktadır [45]. Sınırlı erişim alanlarına monte edilerek personel ve kimlik doğrulaması içinde yangın olarak kullanılmaktadır. Çoğu sabit okuyucu,

transponder okuyucu iletişimi için çoklu protokolleri destekler ve bağımsız ağ modunda çalışır.

El tipi RFID okuyucuları (Resim 2.12.), kullanıcılar tarafından taşınabilir üniteler olarak çalıştırılabilen mobil okuyuculardır. Pille çalışırlar ve hafiftirler. Sabit okuyuculardan daha kısa okuma aralıklarına sahiptirler. Elde kullanılan okuyucular, canlı hayvanları izlemede (koyun, keçi ve inek gibi çiftlik hayvanları), mağazalarda ve stokta yer alan eşya sayımlarında kullanılırlar. Kablosuz iletişim protokolleri ana bilgisayarla iletişim kurarak verileri sisteme kaydeder. Kullanıcı veri yakalamayı bitirdikten sonra, kablolu iletişim yoluyla okuyucudan veri tabanına veri aktarımı sağlar [46]. Çoğu el tipi okuyucu, belirli bir alıcı-vericiye çağrı yapma yeteneğine sahiptir.



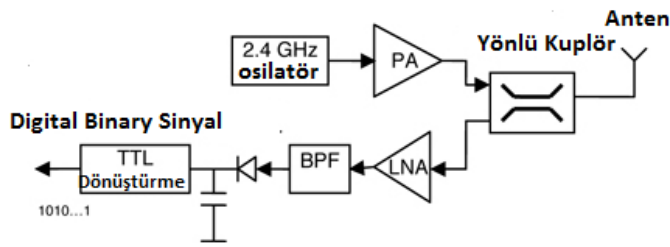
Resim 2.12. Elde taşınan bir okuyucu [47]

Sorgulama protokolü

RFID okuyucuları sınıflandırmanın başka bir yöntemi de sorgulama protokollerini işleyiş yöntemidir. Buna göre okuyucular şu şekilde olabilir;

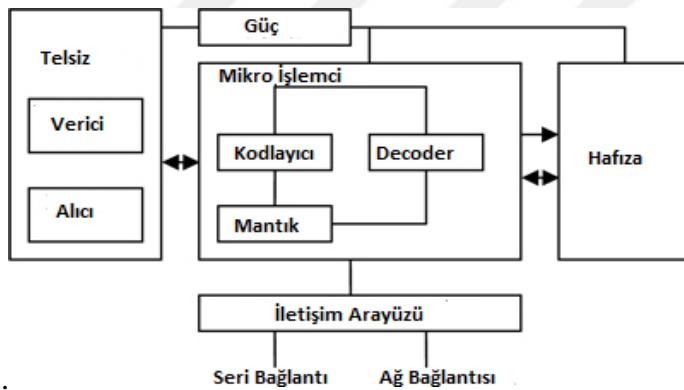
- Pasif
- Aktif

Pasif okuyucular sadece dinleme ile sınırlıdır ve ek etiket sorgulamalarını gerçekleştirmezler. Bu sebepten pasif okuyucular genellikle "aptal" okuyucular olarak adlandırılır. Pasif bir okuyucunun blok şeması Şekil 2.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Pasif okuyucu blok şeması

Aktif okuyucular ise etiket ve okuyucu arasında veri aktarımı için sistemde gömülü olan etiket ve iletişim protokollerinin sayısına bağlı olarak etiketleri sorgulayan ve dinleyen gerçek sorgulayıcılardır. Aktif okuyucular pasif okuyuculardan daha yetenekli ve kullanışlıdır. Aktif okuyucular, hem yazılım hem de donanım uygulamalarına göre tasarım açısından karmaşıktır [40]. Transponderlerin verileri işlemek veya iletmek için bir güç kaynağı ve ortam sağlaması dışında, taşıyıcı sinyalin bir modülasyonu olarak uygulanan etiketlere doğru veri iletimi gerçekleştirmesini de sağlar. Aktif okuyucular ticari olarak temin edilebilir ve esas olarak ürün tanımlaması için el tipi okuyucular formunda bulunur. Aktif bir okuyucunun bileşenleri Şekil 2.6.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Aktif bir RFID okuyucunun bileşenleri

2.2.5. RFID antenler

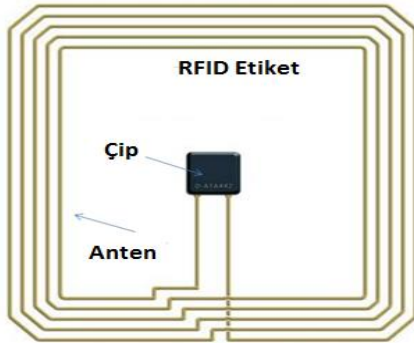
RFID anten boşlukta yayılan elektromanyetik dalgaları toplayarak bu dalgaların iletim hatları içerisinde yayılmasını sağlayan veya iletim hatlarından gelen sinyalleri boşluğa dalga olarak yayan cihazlardır [48].

RFID antenin tasarımında, radyasyon direnci, bant genişliği, verimlilik ve Q gibi parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekir. Böylece RFID anteni için tasarım gereksinimleri karşılanır ve istenen performans seviyesine ulaşılabilir. RFID anteni,

dalgayı hem dikey hem de yatay boyutlarda yaymaktadır. Dalganın alan kaplaması ve sinyal kuvveti, antenin ayrılmasından sonra dalganın genişlediği derece ile kısmen kontrol edilir. Yüksek derece sayısı daha büyük dalga kapsama alanı anlamına gelirken, aynı zamanda sinyalin daha düşük mukavemeti anlamına gelir. RFID sistemindeki işlevlerine göre, RFID antenleri iki sınıfa ayrılır;

Etiket anteni

Etiket antenleri enerjiyi toplar ve haberleşmek için çipe yönlendirir. Genel olarak, etiket antenin alanı ne kadar büyük olursa, etiket yongasına doğru daha fazla enerji toplayıp kanal oluşturabilir ve etiketin okuyacağı okuma aralığı artırılır. Etiket anteni, sadece etikette bulunan bilgiyi taşıyan dalgayı iletmekle kalmaz, aynı zamanda etiket iletimini sağlayan enerjiyi tedarik etmek içinde okuyucu dalgasının yakalanmasına yardımcı olur. Etiket anteni, küçük boyutlu, düşük maliyetli ve seri üretim için kolay imal edilmiş olmalıdır [49]. Resim 2.13.'de RFID etiket anteni gösterilmektedir.



Resim 2.13. Etiket anteni [50]

Okuyucu anten

Okuyucu antenler, elektrik akımını elektromanyetik dalgalara dönüştürürler. Etiket anteni tarafından alınabilecekleri ve tekrar elektrik akımına dönüştürülebilecekleri yerlere yayılırlar.

RFID anten seçimi

Belirli bir uygulama için RFID anteni seçmeden önce, doğru seçimi yapmak için anten tipleri ve seçenekleri hakkında dikkat etmemiz gereken hususlar şunlardır;

Frekans

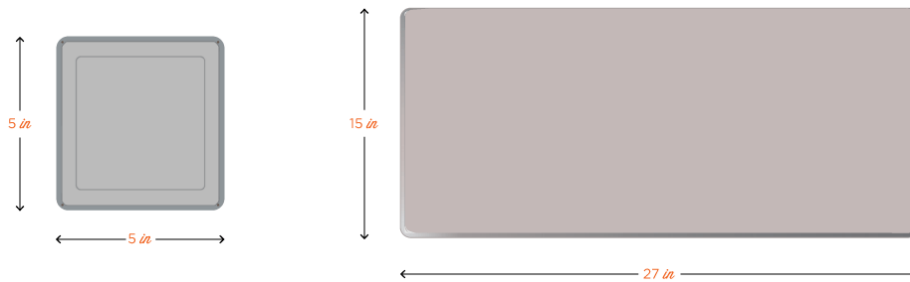
Etikete bağılı olarak değişiklik gösterir. LF, HF, UHF veya Mikrodalga frekansı arasında seçim yapılır.

Frekans bölgesi

RFID etiketleri gibi, RFID antenlerde belirli frekans aralıklarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bilindiği gibi, UHF RFID için frekans bantları ABD, Avrupa ve diğer bölgeler için biraz farklıdır. Çoğu UHF anteni global olarak belirtilmiştir ve 860 ila 960 MHz arasında çalıştırılmak üzere ayarlanmıştır. Farklı bölgeler için özel olarak ayarlanmış antenler bulunmaktadır. Örneğin, 865 - 868 MHz anten, Avrupa'da kullanıldığında global bir antenden daha iyi performans gösterecektir, ancak bu çoğu uygulamada ayırt edilememektedir. Global antenler çoğu uygulama için iyi performans sağlar ancak zorlu bölgelerde bölgeye özgü antenler seçilmelidir.

Okuma aralığı ve boyutu

Aynı frekansta çalışan küçük antenlerin daha kısa okuma menzili, büyük antenlerin ise daha büyük okuma menzili vardır. RFID antenleri değişik boyutlarda görülebilir. Bazen bir cep telefonunda küçük bir boyutta bazense bir televizyondan büyük boyutta olabilir. Küçük antenler genellikle eşya takibi veya güvenlik amaçları için kullanılır. Antenin boyutu uygulama ortamında bulunan alana bağlı olmalıdır. Resim 2.14.'de küçük ve büyük boyutta RFID anten gösterilmektedir.

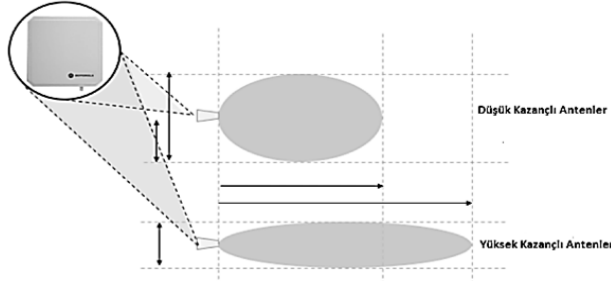


Resim 2.14. Küçük ve büyük boyutta RFID anten [49]

Kazanç

Kazanç okuma aralığını ve ışın genişliğini etkiler. Daha yüksek kazançlı antenler, daha uzun okuma menziline ancak daha dar ışın genişliğine sahiptir. Daha düşük kazançlı

antenler ise kısa okuma menziline ve daha geniş ışın genişliğine sahiptirler. Resim 2.15.'de düşük ve yüksek kazançlı anten ışın genişlikleri gösterilmektedir. Anten kazancı desibel cinsinden ifade edilir (dB). En yaygın kazanç 6dBi'dir ancak 1 dBi (düşük kazanç) ve 11 dBi (yüksek kazanç) anten de bulabilirsiniz [50].



Resim 2.15. Düşük ve yüksek kazançlı anten ışın genişlikleri [49]

Polarizasyon

RFID antenleri RF dalgaları yaydığı ve aldığı için, RFID anteni seçiminde polarizasyon önemlidir. Polarizasyon dalgalara uygulanır ve dalgaların salınımının geometrik yönüdür. RF dalgaları genellikle doğrusal olarak tarif edilebilen tek bir yönde veya dairesel olarak tarif edilebilen dönen bir modelde salınım yaparlar. Resim 2.16.'da doğrusal ve dairesel polarizasyon resmedilmiştir. Dairesel olarak polarize edilmiş antenler kısa okuma menziline sahip, ancak daha az oryantasyona duyarlıdır. Doğrusal polarize anten veya dairesel polarize bir antenin seçilmesi, uygulamanın ortamına ve etiketli öğelerin antenler tarafından nasıl okunacağına bağlıdır. Eğer etiketler sabit bir yükseklikte ve oryantasyonda olacaksa, doğrusal antenler tercih edilmelidir. Etiketlerde yükseklik ve açılarla ilgili bilinmeyenler varsa, dairesel polarize antenler daha iyidir. Kararsızlık halinde, dairesel polarize anten seçimi daha iyi bir tercih olacaktır.



Resim 2.16. Doğrusal ve dairesel polarizasyon [49]

Entegre

RFID antenleri okuyucu içine tek bir cihaz olarak entegre edilebilir veya harici bir donanım parçası olarak ayrı olarak da satın alınabilir. Okuyucuyu ve anteni entegre etmek, yerden tasarruf sağladığı gibi uzun kablolamadan kurtararak daha hareketli bir sistem kurulmasını sağlar. Entegre okuyucu antenler aynı zamanda perakende veya masaüstü uygulamaları için de idealdir; çünkü bunlar genellikle kompakt sistemlerdir, kullanımı kolaydır ve görsel olarak çekicidir. Diğer yandan harici antenler, herhangi bir uygulamada daha fazla seçenek ve esneklik sağlar.

Çevresel faktörler

RFID uygulamaları hemen hemen her ortamda uygulanabildiğinden, RFID sisteminin her bir parçası su ve toza karşı incelenmeli ve test edilmelidir. Tüm elektronik cihazlar, 60529 no'lu ABD IEC standardı ve IP 60'dan IP 69'a kadar olan İngiliz standardı EN 60529 tarafından toz ve sudan korumasına (IP) göre derecelendirilmiştir. Uygun bir IP derecesine sahip, kurulacağı ortama dayanacak malzemelerden üretilen antenler tercih edilmelidir. Çoğu antenler sert plastikle kaplıdır, ancak tüm yüzeyi metal olan antenler de vardır [51].

2.3. RFID Standartları

Farklı RFID sistemlerini bilmek, RFID standartlarını anlamamıza, kullanıcı için en uygun çözümü belirlememize yardımcı olmakla birlikte RFID sektörünün nasıl düzenlendiğine dair fikirde vermektedir.

RFID standartları, ürün geliştirme ve kullanımı için belirlenen yönergeler veya özelliklerdir. Standartlar, RFID sistemlerinin nasıl çalıştığı, iletişim ile okuyucu arasında iletişimin nasıl yapıldığı, verilerin nasıl aktarıldığı ve hangi frekanslarda çalıştıkları hakkında kılavuz bilgiler sağlar.

RFID'i endüstri, ticaret ve kamu sektörüne yayılmasını teşvik eden en önemli faktörlerden biride, standardizasyonun ne ölçüde arttığı olmuştur. Ürün kodları gibi bilgilerin etiketler üzerinde nasıl tutulduğu, verilerin nasıl depolandığı, etiket okuyucularının ve etiketlerinin nasıl iletişim kurması gerektiği RFID sistemlerinde belirli standartlarla sağlanır [52].

Standartlar ayrıca şirketlerin farklı türdeki etiketler, okuyucular, yazılımlar ve aksesuarlar gibi tamamlayıcı ürünleri geliştirebilecek yönergelere sahiptir. Ek olarak, standartlar piyasaları genişletmeye ve endüstri içindeki rekabeti artırmaya yardımcı olmakta ve buda standart RFID ürünlerinin fiyatlarını aşağıya çekmektedir [53].

Standartlar ulusal, bölgesel ve küresel kurumlar tarafından geliştirilmekte ve yayınlanmaktadır. RFID standartları ve protokolleri onaylamak için birlikte çalışan iki ana uluslararası kuruluş vardır;

- ISO - Uluslararası Standartlar Organizasyonu
- EPCglobal - Elektronik Ürün Kodu Global Incorporated

ISO RFID standartları, RFID'in ele alınma yönüne göre bir dizi kategoriye sahiptir. Bunlar; hava arayüzü ile ilgili protokoller, veri içeriği ve formatlama, uygunluk testi uygulamaları ve diğer çeşitli küçük alanlardır [54].

2.3.1. ISO standartlar

RFID alanında birçok ISO standardı mevcuttur. Bunlara örnek verirsek;

- ISO 10536: Yakın bağlanmış kartlar için ISO RFID standardı.
- ISO 11784: Verilerin RFID etiketinde yapılandırılma şeklini tanımlayan ISO RFID standardı.
- ISO 11785: Hava arayüzü protokolünü tanımlayan ISO RFID standardı.
- ISO 14443: Ödeme sistemlerinde kullanılması amaçlanan yakınlık sistemlerinde kullanılan RFID etiketleri için hava arayüzü protokolü tanımlarını sağlayan ISO RFID standardı.
- ISO 15459: Taşıma birimleri için benzersiz tanımlayıcılar.
- ISO 15693: Çevre kartları adı ile kullanım için ISO RFID standardı.
- ISO 15961: Ürün yönetimi için ISO RFID standardı.
- ISO 15962: Ürün yönetimi için ISO RFID standardı, veri kodlama kuralları ve mantıksal bellek fonksiyonları.
- ISO 16963: Ürün yönetimi için ISO RFID standardı, RF etiketinin benzersiz tanımlayıcısı.
- ISO 18000: Dünya çapında RFID frekansları için hava arayüzü için ISO RFID standardı.

- ISO 18001: Ürün yönetimi için RFID uygulama gereksinimleri profilleri.
- ISO 18046: RFID etiketi ve sorgulayıcı performans testi yöntemleri.
- ISO 18047: RFID etiketlerinin ve okuyucuların uyumluluk testleri dâhil olmak üzere testi tanımlayan ISO RFID standardı.
- ISO 24710: Bilgi teknolojisi, otomatik tanımlama ve veri yakalama teknikleri.
- ISO 24729: RFID uygulama yönergeleri.
- ISO 24730: RFID gerçek zamanlı konumlandırma sistemi.
- ISO 24752: RFID kullanarak otomatik tanımlama ve veri yakalama için sistem yönetim protokolü.
- ISO 24753: Akü desteği ve sensör fonksiyonu için hava arayüzü komutları.
- ISO 24769: Gerçek zamanlı yer tespit sistemi (RTLS) cihaz uygunluk test yöntemleri.
- ISO 24770: Gerçek zamanlı yer tespit sistemi (RTLS) cihaz performans testi yöntemleri.

2.3.2. GS1 EPCglobal

EPCglobal ağı; Elektronik Ürün Kodu (EPC), internet, nesne adlandırma hizmeti ve RFID etiketlerini kullanarak, tedarik zinciri boyunca ürünleri takip etmeyi sağlayan, EPCglobal tarafından geliştirilmekte olan küresel bir ağıdır. EPC teknolojisinin sorumlu bir şekilde standartlaştırılması ve dünya çapında benimsenmesini sağlamak amacıyla kurulmuştur [55,56].

EPC düzeni

EPC düzeninde kullanılan kod, barkodlarda kullanılan UPC'ye (Universal Ürün Kodu) benzerdir ve aşağıda Resim 2.17.'de açıklanan 4 ayrı alanla 64 bit'ten 256 bit'e kadar uzanır. EPC'yi barkodlardan ayıran, seri numarasını veren koddur. Bu kod sayesinde ürünü ayırt eder ve tedarik zinciri boyunca izleriz [57].



Resim 2.17. 96 bit uzunluktaki bir EPC'nin düzeni

Epc düzenini şu şekilde açıklayabiliriz;

- Başlık (0-7) bit; üstbilgi 8 bittir ve kodun uzunluğunu tanımlar.
- EPC yöneticisi (8- 35) bit; genellikle EPC etiketinin bağlı olduğu ürünün üreticisini içerir.
- Ürün Sınıfı (36-59) bit; ürünün sınıfını ifade eder.
- Seri Numarası (60 - 96) bit; 296 ürüne kadar benzersiz bir tanımlayıcı sağlar.

2.4. RFID Sistem Arayüzü

2.4.1 Etiket okuyucu bağlantısı

Pasif RFID etiketleri, elektromanyetik alandan enerji toplayarak güç alır. Okuyucu genellikle bir etiketle iletişim kurar. Bu, tüm pasif RFID sistemleri ve bazı aktif sistemler için geçerlidir [58]. Aktif RFID etiketleri kullanan gerçek zamanlı konum sistemleri, etiketleri seri numaralarını birkaç saniyede veya dakikada bir yayınlayacak şekilde ayarlar. Temel olarak, okuyucu bir sinyal yayınlayacaktır; birden fazla etiket yanıt verirse, aygıt, etiketlerin belirli bir sırayla yanıt vermesini bildiren başka bir komut yayınlar, böylece etiketler tek tek okunabilirler.

Basit anlamda, okuyucu "Seri numaranızdaki ilk rakam bir ise, lütfen cevap verin" diyebilir. Eğer iki ya da daha fazla etiket bir ile başlayan bir seri numarasına sahipse, sorgulayıcı daha sonra bir seri numarası olan ve ikinci basamağı sıfır veya bir ile başlayan tüm etiketlere cevap vermesini ister.

Etiket seri numarasını okuyucuyla tam olarak paylaşana kadar okuyucu etikete komutla geri dönecektir. Okuyucu şu komutu verebilir: "Lütfen bellek bloğu içinde saklanan bilgiyi iletin". Etiket, birinci satırda saklanan bilgiyi veya daha sonra okuyucunun isteyeceği farklı bir bilgiyi okuyucuya iletir. Etiket ve okuyucu arasındaki bu iletişim, tasarlanan kullanım şekline uygun olarak gerçekleşir.

2.4.2. Veri Kodlama

Verilerin işlenmesi veya değiştirilmesi anlamına gelir. Etiketlerde saklanan veriler öncelikle okuyuculara güvenli bir şekilde gönderilmelidir. Güvenli iletimin iki kritik aşaması vardır. Verileri kodlamak ve modüle edilmiş bir sinyal üzerinden iletmek. Kodlama yapılırken sahip olunan bant genişliği ve etiket ile okuyucu iletişimi sırasındaki güç tüketimi dikkat edilmesi gereken hususlardır [59].

Farklı farklı kodlama yöntemleri vardır. Nrz kodlama yöntemi bunlardan bir tanesidir. Bu yöntemde hiç veri kodlaması yapılmaz. Çıkış transistörü tarafından belirli bir zaman aralığında verilerin okunması için sinyal yollar. Okuyucu tarafından gönderilen sinyale göre düşük frekansta cevap alınırsa 0, yüksek frekansta cevap alınırsa 1 olarak okunur. Bu sayede etiket okunmuş olunur. Diğer bir kodlama yöntemi darbe duraklatma modülasyonudur (PPM). PPM kodları dar bant genişliğine sahiptir ve uygulanması kolaydır, ancak düşük bit hızına sahiptir. Manchester kodlama yönteminde ise bant genişliği ve bit hızı yüksektir.

2.4.3. Modülasyon

RFID etiketinin, bilgi aktarmak için okuyucu anteninin taşıyıcı sinyalini değiştirdiği işlemi ifade eder [60]. Bunu gerçekleştirmek için çeşitli modülasyonlar mevcuttur.

Genlik modülasyonu

RFID etiketi ve okuyucu arasında bir iletişim aracıdır. Veriler, okuyucu tarafından gönderilen taşıyıcı dalganın genliğindeki farklılıklarda yer almaktadır.

Sürekli dalga modülasyonu

RFID etiketi ve okuyucu arasında bir iletişim aracıdır. Veriler, okuyucu tarafından gönderilen taşıyıcı dalganın darbelerinde bulunur.

Frekans modülasyonu

RFID etiketi ve okuyucu arasında bir iletişim aracıdır. Veriler, okuyucu tarafından gönderilen taşıyıcı dalganın frekansındaki değişikliklerde bulunur.

Frekans anahtarlama modülasyonu

Veriler okuyucu tarafından gönderilen taşıyıcı dalganın iki frekansı arasındaki değişikliklerde yer almaktadır.

Faz modülasyonu

Veriler okuyucu tarafından gönderilen taşıyıcı dalganın fazındaki değişikliklerde yer almaktadır.

2.4.4. Çarpışma

Etiket çarpışması

RFID sistemlerinde etiket çarpışması, RFID etiket okuyucusu tarafından aynı anda birçok etikete enerji verildiğinde ve ilgili sinyallerin aynı anda okuyucuya geri yansıtıldığında olur. Bu problem, aynı RF alanında büyük miktarda etiketin birlikte okunması gerektiğinde görülür. Etiket çarpışmasında okuyucuyu sinyalleri karıştırır ve ayırt edemez, başarısız bir iletişim gerçekleşir [61].

Farklı türde okuyucular, etiket çarpışmasını izole etmek için icat edilmiştir. Örneğin, okuyucu etiket çarpışmasının gerçekleştiğini fark ettiğinde, boşluk darbesi gibi özel bir sinyal gönderir. Bu sinyali aldıktan sonra, her etiket, verilerini göndermeden önce beklenene aralığı belirlemek için rastgele bir sayı sayacına başvurur. Her etiket benzersiz bir sayı aralığı aldığından, etiketler verilerini farklı zamanlarda gönderir.

RFID okuyucu çarpışması

RFID okuyucunun kapsama alanı başka bir okuyucunun kapsama alanıyla çakıştığı zaman RFID sistemlerinde okuyucu çarpması meydana gelir. Bu iki farklı soruna neden olur;

Sinyal girişimi

İki veya daha fazla okuyucunun RF alanları örtüşebilir veya karışabilir. Bu, okuyucuların fraksiyonel olarak farklı zamanlarda okumayı programlamasıyla çözülebilir. Bu teknik yine aynı etiketin iki kere okunmasına neden olabilir [62].

Aynı etiketin çoklu okumaları

Buradaki problem, aynı etiketin üst üste binen okuyucular tarafından bir kez okunmasıdır. Tek çözüm, RFID sisteminin, belirli bir etiketin bir oturumda yalnızca bir kez okutulduğundan emin olmak için programlanmasıdır [63].

2.5. RFID'in Başka Sistemlerle Karşılaştırılması

2.5.1. RFID ve NFC arasındaki fark

RFID, günümüzde kullanılan mevcut etiketleme teknolojilerine kıyasla sunduğu çok sayıda avantajdan dolayı ilgi gören bir etiketleme teknolojisidir. Yakın alan iletişimi veya daha yaygın bilinen NFC, iletişim aralığını 10 santimetre arasında sınırlayan RFID' in alt kümesidir.

RFID pasif veya aktif olan radyo frekansı dalgalarını kullanır. Aktif RFID etiketleri, aralıklarını daha da uzatmaya yardımcı olan bir güç kaynağına sahipken, pasif cihazlar kendi bilgilerini göndermek için sorgulama cihazından aldığı enerjiye güvenir. RFID'in avantajları arasında, küçük ürünlerle kullanılmasını ve gizlenmesini mümkün kılan çok küçük boyutlarda etiketin bulunabilmesidir [64]. Diğer bir mükemmel avantaj ise, okunacak bilgiler için doğrudan bir görüş hattına ihtiyaç duyulmamasıdır. Hızın çok önemli olduğu bagaj izleme uygulamasında bu özellik ön plana çıkmaktadır.

RF dalgaları çok uzun mesafeler boyunca bilgi iletmek için kullanılır. RF dalgaları, özellikle güç verildiğinde çok uzun mesafelere ulaşabilir. Bu tür bir aralık, izlenen hayvanların birkaç kilometre hareket edebileceği hayvan izleme gibi bazı uygulamalarda kullanılabilir. Ancak kredi kartları veya pasaportlar gibi uygulamalarda kullanılmak istenmez. Çok uzun mesafelere ulaşılabilirdiğinden kötü niyetli kişiler tarafından bilgileriniz alınabilir, başka bir etikete kopyalayabilir ve kendileri için kullanabilir. NFC'nin öne çıktığı yer burası.

NFC ile etiketlenen nesnelere genellikle pasiftir çünkü çok fazla aralık gerektirmez. Bazıları, bilgilerinin okunabilmeleri olasılığını azaltmak için koruyucu olarak NFC kullanılırlar. Hâlihazırda, hemen hemen tüm insanlar cep telefonlarını bir çeşit kredi kartı olarak kullandıklarından herhangi bir tehditte karşı cep telefonları NFC ile donatılmaktadır.

2.5.2. Barkod ve RFID arasındaki fark

Barkod ve RFID, verileri okumak ve toplamak için kullanılan iki farklı teknoloji biçimidir. Her ikisi de varlık takibi ve işletmelerde envanter takibi için yaygın olarak kullanılmasına rağmen, yapısal olarak ve çalışma yöntemleri yönünden önemli ölçüde farklılık göstermektedir [65]. Her birinin avantajları ve dezavantajları da dâhil olmak üzere, her ikisinin de nasıl çalıştığını anlamak, hangi teknolojinin kullanımının en iyi olduğunu seçmenize yardımcı olur.

Barkod teknolojisi

Çoğu işletme, stok envanterini yönetme ve izleme aracı olarak barkod envanter sistemini kullanmaktadır. Perakende satışlarda, barkod kullanımı aynı zamanda hızlı ödeme imkânı sağlar.

Barkodlar, optik bir barkod okuyucu veya tarayıcı kullanımını gerektirir. Tarayıcı, genellikle bir dizi sayıyı temsil eden barkodun siyah çubuklarının kodunu çözer. Dekode edilen bilgi, okunanları yorumlayan bir bilgisayara gönderilir. Bu bilgiler genellikle üretici, ürün ve fiyat ile ilgili verileri içerir [66].

Bir barkodu taramak için, tarayıcı düzgün bir şekilde yönlendirilmeli ve tarayıcının ürünü okumasını engelleyen bir görüntü olmamalıdır. Bu görüş hattı olarak adlandırılır. Net bir görüş açısı olmadan, tarayıcı barkodu okuyamayabilir. Bu, barkod envanter sistemi ile RFID arasındaki farklılıklardan bir tanesidir, çünkü RFID için bir görüş hattı gerekmez [67].

RFID teknolojisi

RFID teknolojisi, barkod teknolojisinin aksine radyo frekanslarını kullanarak bilgi okur. RFID envanter yönetim sistemlerinde etiket ve RFID okuyucuya ihtiyaç vardır [68].

RFID ve barkod sistemlerinin avantajları ve dezavantajlarını şunlardır;

Barkod ve RFID 'in avantajları

- Barkodlar RFID etiketlerine göre çok daha küçük ve hafiftir ve bu nedenle kullanımı daha kolaydır.
- Barkodlar RFID etiketlerinden daha ucuzdur. Barkodlar doğrudan plastik veya kâğıt materyaller üzerine basıldıklarından içerdiği tek maliyet mürekkeptir.
- Barkodlar, yerleştirildikleri çeşitli materyallerde aynı hassasiyetle çalışırlar.
- Barkodlar, perakende ürünlerle adapte olduklarından evrensel bir teknolojidir. Bir barkod okuyucuya sahip olan mağaza, dünyanın her yerinden barkodları işleyebilir.
- Çoğu durumda barkod doğruluğunun RFID etiketlerinden aynı veya daha iyi olduğu söylenmiştir.
- Bugün barkotlar hemen hemen her ögede bulunur ve kullanımı ile ilgili hiçbir gizlilik sorunu yoktur.
- RFID, etiketlerini barkodlardan daha uzak bir mesafeden okuyabilir.

- RFID, etiketlerinin tarayıcıyla bir görüş alanında konumlandırılması gerekmez.
- RFID etiketleri barkodlardan daha hızlı okunabilir.
- RFID etiketleri çok daha büyük mesafelerde çalışabilir.
- RFID etiketleri hem okunabilir hem de yazılabilir.
- RFID yüksek düzeyde güvenlik içerir.
- RFID etiketlerinde, ürün bakımı, nakliye tarihleri ve son kullanma tarihleri gibi büyük veriler saklanabilir.
- RFID kullanımında iş gücü azalır.
- RFID etiketleri, plastik bir kapakla korundukları için tekrar kullanılabilir ve sağlamdır [69].

Barkod ve RFID'in dezavantajları

- Barkod tarayıcılarının barkodu okuyabilmesi için barkodun doğrudan bir görüş hattında olması gerekir.
- Barkodu okumak için barkod tarayıcının oldukça yakın olması gerekir.
- Barkodların okuma / yazma yetenekleri yoktur. Son kullanma tarihi vb. gibi ek bilgi içermezler. Sadece üretici ve ürün içerirler.
- Barkodda her etiketin bir bir taranması gerektiğinden çok fazla zaman kaybı gerçekleşir.
- Barkodların RFID'den daha az güvenliği vardır. Daha kolay çoğaltılabilir.
- Barkodlar daha kolay hasar görür.
- Barkod yırtılmış veya hasar görmüşse, ürünü taramanın bir yolu yoktur.
- RFID, daha pahalıdır.
- RFID sisteminde farklı okuyuculardan gelen iki sinyalin çakıştığı ve etiketin her ikisine birden cevap veremediği durumlarda okuyucu çakışması meydana gelebilir.
- RFID sisteminde aynı bölgedeki çok sayıda etiket aynı anda yanıt verdiğinde etiket çakışması meydana gelebilir [70].

3. KÜTÜPHANELERDE RFID UYGULAMASI

Kütüphane, toplum üyelerinin yaşam boyu öğrenme etkinliklerine katılmalarına yardımcı olan sosyal, kültürel ve ekonomik geçmişe bakılmaksızın herkes için güvenli bir yer olarak kabul edilen ücretsiz bir kurumdur. Kütüphaneler, her gün daha uygun programlar, ortaklıklar, sosyal yardım, inovasyon ve topluluk bağlantıları oluşturmakla görevlidir [70]. Günümüzün kütüphane kullanıcıları yaratıcı alanlardan, yardımcı personelden, benzersiz kaynak koleksiyonlarından, ücretsiz wifi ve halka açık bilgisayarlardan yararlanır. Topluluk üyeleri için özenle hazırlanmış programlar, alanlar ve insan bağlantılarıyla bilgilerini genişletmelerini sağlayan temel bir öğrenme merkezi olarak kabul edilen kütüphaneler, verimliliği artırmak amacıyla personelin en yoğun çalışma alanlarına yönlendirilmesini sağlamak için çözüm önerileri bulunmalıdır.

Hem kütüphane kullanıcılarına hem de çalışanlarına daha faydalı hizmet edebilmek için, kütüphaneler iş akışlarını ve süreçlerini otomatikleştirme yöntemleri ve teknolojileri aramaktadır. Modern kütüphaneler milyonlarca kitabın, dergilerin, CD'lerin, DVD'lerin ve diğer elektronik okuma materyallerinin bulunduğu bir yerdir [72]. Kütüphaneleri yönetmek oldukça zordur. Radyo Frekans Tanımlama, dünya genelinde pek çok kütüphanenin personel verimliliğini artırmak ve kullanıcılara uygun bir self servis deneyimi sunmak için uygulanan gelişmiş bir teknolojidir. RFID teknolojisinin yararlı olup olmadığına karar vermek için, kütüphane yönetimi, personel ve kütüphane kullanıcılarına yararlarını, yakın dönemdeki maliyetleri ve yeni teknolojiyi sunma argümanlarına dikkat edilmelidir.

RFID teknolojisinin kullanımı ile birlikte RFID kütüphane yönetimi oldukça kolay ve kullanışlı bir hal almıştır. RFID, kütüphanelerde öncelikle ödeme, envanter bakımı ve kitap işleme sürecini otomatikleştirmek için kullanılır. RFID otomatik veya bilgisayar destekli sıralama ekipmanlarıyla birleştirildiğinde, kitap sıralamasını kolaylaştırır ve hızlandırır. Bu süreci otomatikleştirmek, kütüphanecilerin daha fazla kullanıcıya erişmesini ve kullanıcı memnuniyetini artırarak kullanıcıların kütüphanede daha fazla zaman geçirmelerini sağlar.

Bazı yeni teknolojiler kullanıcılar için korkutucu olabilir, ancak RFID bunlardan biri değildir. RFID'in hızlı ve kolay olması, kütüphane personeli ve kullanıcıları için hem sezgisel hem de tatmin edici deneyimler sağlar. RFID kütüphanecilere büyük değer sağlamakla birlikte kullanım kolaylığı açısından küçük çocukların kullanması için bile yeterince basittir [73].

3.1. RFID Kütüphane Sisteminin Bileşenleri

RFID kütüphane otomasyon sisteminin merkezinde, kütüphane yönetim sürecinin her aşamasında yeni işlevsellik ve verimlilik getiren, kütüphane koleksiyonunun her bir ögesine uygulanan RFID etiketi yer almaktadır. RFID etiketleri, kişisel bilgisayarlar veya servis istasyonları gibi herhangi bir Tümlşik Kütüphane Yazılımı (ILS) istemcisine bağlı olan ve veri tabanının gerçek zamanlı güncellemelerini sağlayan RFID istasyonlarıyla iletişim kurar. Resim 3.1.'de RFID kütüphane yönetimi gösterilmektedir. RFID kütüphane yönetimini oluşturulan bileşenleri incelersek;



Resim 3.1. RFID kütüphane yönetimi

3.1.1. RFID etiketleri

Ürün tanımlama ve koruma için kendinden yapışkanlı ve ince olan kâğıt, doğrudan kitaplara, CD'lere ve diğer materyallere yapıştırılmak üzere tasarlanmıştır.

3.1.2. Okuyucular

Okuyucu olarak adlandırılan alıcı cihaz, sinyali yayıldığı anda algılar. Radyo aralığı ve yorumlama için sinyalin kodunu çözer.

3.1.3. Anten

Okuyucunun tanımlamasına yardımcı olmak için kullanılır.

3.1.4. Mobil okuyucu

Raflardaki ürünlere dokunulmadan erişim sağlar. Kitap aranmasında, stok kontrolünde kullanılır.

3.1.5. RFID hızlı etiketleme istasyonu

Kitaplık öğelerine yapıştırılmaya hazır RFID etiketlerini programlar ve dağıtır.

3.1.6. Sirkülasyon istasyonları

Birkaç öğenin bir kerede alınması ve bırakılması işlemlerini hızlı ve verimli bir şekilde yapmak için kullanılan masaüstü istasyonlardır.

3.1.7. Kendi kendine çıkış istasyonları

Kendi kendine çıkış istasyonu, kullanıcıların kütüphane personelinin yardımı olmadan kütüphane öğelerini gizlilik içinde tanımlama, işleme ve dolaşım yapmasına imkân veren dokunmatik ekranlı yerleşik RFID okuyuculu bilgisayarlardır.

3.1.8. Kitap bırakma istasyonları

Kitap bırakma sistemi, yerleşik ekran ve makbuz verebilen yazıcıdan oluşmaktadır. Kullanıcıların sisteme bıraktığı kitaplar otomatik olarak kütüphane sistemine işlenir. Kitap bırakma işleminden sonra kullanıcıya iade ile ilgili olarak yazıcıdan makbuz verilir. Bu istasyonla kütüphane çalışanların iş yoğunluğunu azaltılmış olunur.

3.1.9. Güvenlik kapıları

Güvenlik kapısı kütüphaneler tarafından kullanılan bir hırsızlık önleme sistemidir. Ödünç alınmamış veya uygunsuz şekilde kontrol edilmiş kütüphane dokümanının tespitinde önemli bir rol oynar. Tanımlama ve hırsızlığa karşı koruma fonksiyonudur.

3.2. Kütüphanelerde RFID Sisteminin Çalışması

Kütüphane sistemlerindeki RFID teknolojisi, her bir belgenin kapağı içerisine yerleştirilebilen esnek, kâğıt inceliğindeki RFID etiketleriyle çalışır. Kütüphane yönetim yazılımına her belge hakkında kendine ait bilgiler girilir. Bir kullanıcı iade amacıyla bir belge getirdiğinde, kütüphane personelinin yardımı ile RFID okuyucusu, söz konusu kitaba

ait etiketten gelen bilgileri okur ve verileri sisteme aktararak kitabın iadesi birkaç saniye içinde gerçekleştirilir [74].

Kullanıcı bir belgeyi kütüphanenin dışına çıkarmak istediğinde, çıkış kapısına yerleştirilen RFID anten sayesinde belge üzerinde bulunan etiketteki bilgiler otomatik olarak okunur. Belgenin uygun şekilde düzenlenmiş olup olmadığı tespit edilir. Uygunsuz durumlarda belgenin kütüphaneden çalınma durumuna karşı güvenlik kapısı bunu algılar ve anında uyarı verir. Böylece, belgelerin başarılı şekilde korunması sağlanmış olur. RFID teknolojisi kütüphanelerde yalnızca dolaşım amacı ile değil, ayrıca stok amacıyla da kullanılır.

3.3. Kütüphanelerde RFID Sisteminin Avantajları

1998 yılından beri kütüphanelerde RFID sistemleri kullanılmaktadır. RFID teknolojisi, kütüphanelerde müşteri memnuniyetinin artmasına, personel verimliliğinin çoğalmasına ve mali açıdan daha sorumlu hale gelmesine yardımcı olmaktadır. Kütüphanelerde RFID sisteminin avantajları;

3.3.1. Müşteri memnuniyeti

RFID teknolojisi ile kitaplar ve diğer materyallere, hızlı bir şekilde erişilebilir. Örneğin, kütüphane kullanıcıları RFID teknolojisine sahip bir otomatik kontrol ünitesinde aynı anda birden fazla materyali kontrol edebilirler. Bu, diğer kullanıcıların kendi kendine hizmet etmesine olanak sağlarken aynı zamanda dolaşım masasındaki kütüphane personelinin önündeki müşteri birikiminin azalmasına sebep olur. RFID teknolojisi otomatik malzeme taşıma sistemleriyle birleştirildiğinde ise, yüksek talep gören ürünlerin raflara hızlı bir şekilde geri alınma sürecinin gerçekleştiği kanıtlanmıştır. Ek olarak, materyallerin daha doğru bir şekilde raflara yerleştirildiği, bu durum da kullanıcıların rahatlığının arttığı, hayal kırıklığının ise azaldığı gözlemlenmiştir.

3.3.2. Personel verimliliği ve memnuniyeti

RFID ile kütüphaneciler daha az zamanda daha fazla iş yapmaktadırlar. En çok zaman alan görevlerden biri olan kitap alım ve iadelerde bekletilen veya kaybolan kitapları arama ve raf yerleşimi RFID ile tamamen veya kısmen otomatik hale getirilmektedir. Bu durum, mevcut hizmetlerin iyileştirilmesi ve kütüphane misyonunun ilerletilmesi için yeni fırsatlar açar. Birçok kütüphanede, RFID sisteminin kurulması, kütüphanecilerin toplumlarının gelişen ihtiyaçlarını karşılamak için daha çeşitli programlar ve ortaklıklar oluşturmalarını

sağlamıştır. Bunun yanında RFID teknolojisi ile kütüphane personeli rutin fiziksel işler için daha az zaman harcadıklarından, insan ilişkilerine ve müşteri memnuniyetine daha fazla dikkat edebilmektedir.

3.3.3. Yüksek güvenilirlik

RFID etiketler sayesinde kütüphane içerisindeki hırsızlıklar büyük oranda önlenmektedir. Kütüphane içerisindeki materyallere yapıştırılan RFID etiketlerde materyallerin dolaşım durumu kodlanır. İzinsiz şekilde dışarı çıkarılmak istenen materyaller kodlanan hırsızlık biti sayesinde kolayca tespit edilir. İzinsiz dışarı çıkışlarda alarm sistemi devreye girerek materyalin çıkışı önlenir.

3.3.4. Yüksek hızlı stoklama

RFID sistemlerinin benzersiz bir avantajı da, kitapları raftan çıkarmadan raflarda tarayabilmektir. Etiketlerde tanımlanan bilgileri okumak için elde tutulan okuyucu ile kitap raflarında hızlıca hareket ettirmek yeterlidir. Kablosuz teknolojiyi kullanarak envanteri güncellemenin yanında, uygun olmayan öğeleri tanımlamak da mümkündür.

3.3.5. Otomatik malzeme taşıma

RFID teknolojisinin bir başka avantajı da otomatik malzeme kullanımınıdır. Kütüphane materyallerini taşıyabilecek ve kategorilere göre ayrı kutulara veya ayrı arabalara ayırabilecek taşıyıcı ve sıralama sistemlerini içerir. Bu, rafları yeniden hazırlamak için gereken personel süresini önemli ölçüde azaltır.

3.3.6. Personel sağlığı

Birçok kütüphane personeli dolaşım faaliyetlerinin stres oluşumunu arttırdığına inanmaktadır. Bu faaliyetler arasında kitapların toplu olarak ele alınması, malzemelerin taşınması, yeniden yerleştirilmesi ve içeriklerin kontrol edilmesi yer almaktadır. RFID sistemleri bu faaliyetleri tamamen ortadan kaldırmaz, ancak kütüphanecilerin raf taşıma ihtiyacını büyük ölçüde azaltır. Bazı kütüphaneler RFID sistemlerinin, tekrarlanan stres problemlerini minimize ettiği düşüncüsüyle kurulmuştur.

3.3.7. Mali sorumluluk

Kütüphanelerin RFID sistemlerine yatırım yapmak için en güçlü argüman, teknolojinin tipik olarak iki veya üç yıl içinde maliyetini karşılamaıdır. RFID sistemleri personel maliyetlerini sabit ve öngörülebilir tutmaya da yardımcı olmaktadır. Bunun yanında kayıp ya da yanlış yerleştirilmiş kalemlerden kaynaklanan malzeme maliyetleri azaltılabilir. Yatırım telafi edildikten sonra, RFID sistemleri uzun süre fayda sağlar.

3.4. Kütüphanelerde RFID Sisteminin Dezavantajları

3.4.1. Yüksek maliyet

RFID'in en önemli dezavantajlarından biridir. RFID sistemleri hala kurulum ve kullanım açısından barkod sistemlerinden daha yüksek maliyetlidir. Bununla birlikte, RFID sistemleri, düşük işgücü maliyetleri ve gelişmiş verimlilik gibi kendi maliyet avantajlarını sağlar. RFID sistemini fiyatlandırırken, yalnızca satın aldığınız gündeki fiyatı değil, sistemin kullanım ömrünü üzerindeki maliyetleri de göz önünde bulundurmalıyız.

RFID'deki yatırım hızla tasarruf sağlar ve bu da ek yatırım ihtiyacı olan alanlara yatırım fırsatı doğurur. RFID dönüşümü sırasında çoğu kütüphane, kaybolduğu veya çalındığı düşünülen birçok öğeyi bularak bu öğelerin yerine koyma gereksinimlerini azaltır. RFID teknolojisini kullanmak aynı zamanda topluluk algısını da iyileştirir, kütüphaneyi genel kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesine yatırım yapan ve çalışanlarını kişisel etkileşimlere odaklanan modern, yenilikçi ve ileri teknolojik bir kurum olarak gösterir.

3.4.2. RFID güvenlik ve gizlilik endişeleri

RFID bazı güvenlik sorunlarını da barındırmaktadır. Yetkisiz cihazlar, kişinin bilgisi olmadan etiketlerdeki verileri okuyabilir ve hatta değiştirebilir. Bilgiler etiketten okuyucuya geçerken RFID verilerini alabilir; bu da saldırganın güvenli olması gereken parolalara veya bilgilere erişimini sağlayabilir.

Hiç kimse kütüphanedeki kişisel faaliyetlerinin başkaları tarafından takip edilmesinin istemez. Bu sebepten kütüphanelerde kullanılan RFID etiketleri kullanıcı bilgisi içermez. Yalnızca her bir etikete ilişkin ürün barkod kimliklerini ve kitaplıkla ilgili bilgileri içerir, yani kullanıcı gizliliğinden ödün verilemez. Ayrıca, kitaplık öğelerinde kullanılan yüksek

frekanslı RFID etiketleri, bir okuyucu antenden 2 ile 4 metre mesafeden daha fazla mesafede okunamaz [75].

Ek olarak, kütüphane materyallerine uygulanan RFID etiketleri pasif ve güçsüzdür, bir sinyal yaymazlar. Etiket in bir sinyal yayması için RFID etiket inin frekansı ayarlanmış bir okuyucu bulunmalıdır.

3.4.3. Etiket çarpışması

Sisteminizde çok yavaş bir veri hızı olmadıkça fark etmeyeceğiniz bir durumdur. Bir yol boyunca zıt yönlerde seyahat eden otomobiller gibi, RFID veri trafiğinin de çarpışmalardan kaçınmaya yardımcı olmak için kendi kuralları ve standartları vardır.

Genellikle, her şey o kadar hızlı olur ki, eğer okuma başarılı olmazsa, okuyucu tekrar dener. Cevap alırsa, okuyucu en azından etiket in ve ekli öğenin orada olduğunu bilir.

4. YÖNTEM

Hepimiz hayatın her alanında çeşitli kararlar vermek durumundayız. Bu kararlardan bir kısmı kolaylıkla verebildiğimiz kararlar iken bir kısmı daha zorlandığımız, çok düşündüğümüz ayrıntılı analiz gerektiren kararlardır. Karar kavramını bir iş ya da sorun hakkında düşünülerek verilen kesin yargı olarak açıklayabiliriz. Bu yargıya ulaşmak için gerekli olan süreçte karar verme sürecidir. Karar verme süreci karar verici tarafından amaca ulaşabilmek için, mevcut olanak ve koşullarda uygulanabilecek farklı hareket biçimlerinin belirlenmesi ve bunlar içinden uygun seçeneğin seçilme sürecidir [76].

Gerçek hayatta karşılaşılan problemler çok karmaşık yapıda olabilir. Bu karmaşık yapının kaynağı olarak;

- Birden fazla faktörün ve amacın bir arada değerlendirilmesi gerekliliği
- Amaçların sıklıkla birbirleriyle çatışması
- Karar durumlarının içerdiği belirsizlikler
- Karar verme sürecine birden fazla kişinin dâhil olması
- Kararın sonuçlarının genellikle pek çok kişiyi ilgilendirilmesi sayılabilir.

Karar vericilerin bu tür problemleri çözümünde kullanabileceği pek çok yöntem ve teknik bulunmaktadır. Bu teknikler sonlu sayıda seçeneğin birden fazla kritere göre değerlendirilmesi, karşılaştırılması, sıralanması ya da bunlar arasından en iyisinin seçilmesinde kullanılan teknikler çok kriterli karar verme teknikleri olarak ifade edilir.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birçok karmaşık karar için uygulayabileceğimiz değerli bir araçtır. Alternatifler arasında bir seçenek olarak tanımlanan problemleri çözmek için en uygun yöntemdir. Yararlı bir karar destek aracının tüm özelliklerine sahiptir: Neyin önemli, mantıklı, tutarlı ve kullanımı kolay olduğuna odaklanmamıza yardımcı olur. Karmaşık problemlerin bilinçli ve doğru bir şekilde yapılandırılması için çoklu kriterlerin göz önünde bulundurulması önemlidir.

Karmaşık problemleri çözmek için farklı düşüncelerde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri geliştirilmiştir. Birçoğu etkin olarak uygulanan bu yöntemlerden en popülerleri Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), ELECTRE (Outranking), Hedef Programlama (GP), PROMETHEE (Öteleme), Değer Analizi (VA),

Çok Özellikli Fayda Teorisi (MAUT)'dir [77]. Bizim problemimizin çözümünde en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) uygulanacaktır.

4.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)

1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ve hala o zamandan beri yoğun bir şekilde incelenen Analitik Hiyerarşi Yöntemi; karmaşık karar problemlerinde, alternatiflerin ve kriterlerin ikili kıyaslanmaları sonucu kriter ağırlıklarının belirlenip alternatiflerin göreceli önem değerleri hesaplanarak sıralamalarının belirlenmesinde ve en iyi alternatifin seçilmesinde sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. Bu yöntem karmaşık problemleri matematik ve psikolojiye dayalı olarak organize ve analiz etmeye dayanır.

Bir karar probleminde kriterler sayısal değerlerle ifade edilebilen nicel kriterler olabileceği gibi sayısal değerle ifade edilemeyen nitel kriterler biçiminde de olabilir [78]. Analitik Hiyerarşi Yöntemi problemin çözümünü nitel ve nicel kriterleri birlikte ele alabilen bir tekniktir. Karar probleminin çözümünde sağladığı basitlik, esneklik, ve kullanım kolaylığı sayesinde pek çok karar vericinin kullandığı bir tekniktir.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile bir problemin çözümünde şu aşamaları izlememiz gerekmektedir;

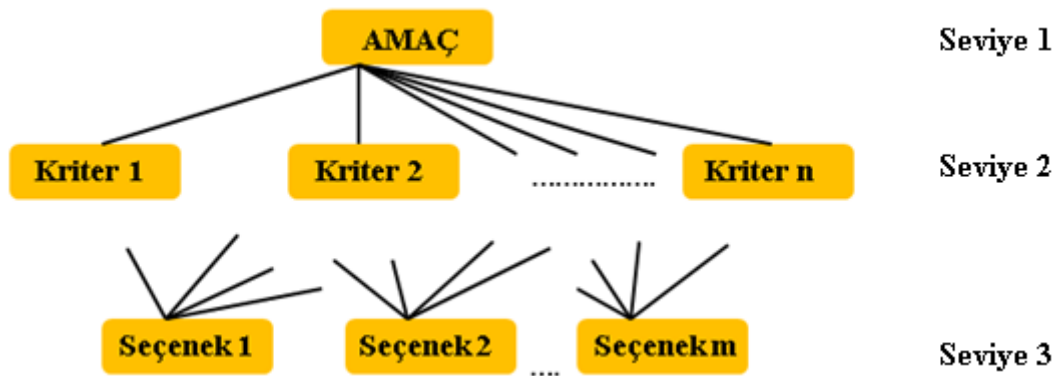
- Ele alınan problem hiyerarşik yapıya dönüştürülmesi.
- Karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin kendi aralarında ve seçenekler üzerinde karşılaştırılması.
- Kriterlerin önem dereceleri belirlenmesi.
- İkili karşılaştırma matrisleri analiz edilerek, seçenekler arası sıralama ve tercihin belirlenmesi.

4.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Hiyerarşik yapı, problemin ayrıntılı biçimde ortaya konması amacıyla oluşturulan ve bir dizi elemandan oluşan katmandır. Hiyerarşik yapı sayesinde problemin bileşenlerine ayrıştırılması ve bu bileşenlerin hiyerarşik bir yapıda düzenlenmesi veya gösterilmesi problemin anlaşılabilirliğini artırır. Analitik hiyerarşi sürecinde karar problemi hiyerarşik bir modele dönüştürülür. Bu hiyerarşik modeli oluştururken hiyerarşinin birinci

seviyesindeki elemanların kendisinden önce gelen bir üst seviyedeki tüm elemanlar göre anlamlı bir şekilde karşılaştırılabilir olup olmadığı belirlenir. Hiyerarşik amaç, kriter ve seçeneklerden oluşur [79].

Hiyerarşik yapının oluşturulmasındaki ilk adım amacın belirlenmesidir. Kriterler ve seçenekler amaca göre şekillendirilir. Amaç hiyerarşik yapıda her zaman en üst seviyede yer alır. Amaç belirlenirken neyin başarıldığı sorusuna cevap aranır. Hiyerarşide amacı izleyen ikinci seviyede kriterler yer alır. Kriterler amacın başarılmasında katkıda bulunulacağı düşünülen faktörlerdir. Gerekli görülmesi durumunda kriterlerin daha alt seviyesinde kriterler tanımlanır. Alt kriterlerde ilgili kriterin başarılmasında etkili olan faktörler olarak ifade edilir. Hiyerarşinin en alt seviyesinde ise seçenekler yer alır. Şekil 4.1.'de basit hiyerarşik yapı modeli gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Basit hiyerarşi modeli

Hiyerarşik yapının tüm bileşenleri birbiriyle ilişkilidir ve bir bileşendeki değişimin diğer bileşenleri nasıl etkilediği hiyerarşik yapıdan kolayca görülebilir. Problem hiyerarşik yapıda ifade edilirken, kriterlere ilişkin alt kriterlerin tanımlanması durumunda seviye sayısı kullanılan alt kriter seviye sayısına bağlı olarak değişkenlik gösterir.

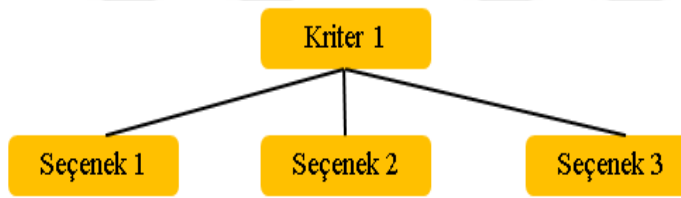
4.1.2. İkili karşılaştırma matrislerin oluşturulması

Analitik hiyerarşi sürecinde homojen elemanlar ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmalarda yargılar 1-9 temel ölçeği (Çizelge 4.1.) kullanarak sayısallaştırılır. Karar vericinin sayısal bir ölçekten elde edilmiş gerçek değerlerin bilgisine sahip olması durumunda bu değerlerde ikili karşılaştırmalarda kullanılabilir [80].

Çizelge 4.1. 1-9 Temel ölçeği

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2, 4, 6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

İkili karşılaştırmalar matrisi analitik hiyerarşi sürecinde ikili karşılaştırmalar kriterler ve seçenekler için yapılır ve karşılaştırmada temel ölçekten yararlanır. Baskınlık ifadesi kriterler karşılaştırırken önem olarak, kriterlere göre seçeneklerin değerlendirilmesinde ise tercih olarak yorumlanmaktadır.



Şekil 4.2. Kriter 1'in örnek hiyerarşik yapısı

İkili karşılaştırmalarda ulaşılan yargıların temel ölçek yardımıyla dönüştürülen sayısal değerli bir matrise girilerek ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir. Bu ikili karşılaştırmalar amaca göre kriterler ve ayrıca bu kriterlere bağlı olarak seçenekler için gerçekleştirilmektedir. Örnek olarak bir karar probleminde bir kriter ve bu kriterle ilişkilendirilmiş 3 seçenek olduğunu kabul edelim (Şekil 4.2.). Değerlendirmeyi gerçekleştiren karar verici Kriter1'e göre Seçenek1'in Seçenek2'ye, Seçenek1'in Seçenek3'e ve Seçenek2'nin Seçenek3'e kaç kat tercih edildiği sorusunun cevabını temel ölçekten bulur. Bulduğu değeri bir matrise dâhil eder. Elde edilen bu matris ikili karşılaştırmalar matrisi olarak adlandırılır (Çizelge 4.2.). Kriter1 tüm seçenekler için ortak bir değer unsurudur. Matriste yer alan değerler ise seçeneklerin bu ortak unsura göre ne kadar tercih edilebilir olduğunu ifade eder. İkili karşılaştırmalar matrisi analitik hiyerarşi sürecinde gerçekleştirilen analizin girdisini oluşturmaktadır [81].

Çizelge 4.2. Örnek ikili karşılaştırma matrisi

Kriter 1	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek 3
Seçenek 1	s1/s1	s1/s2	s1/s3
Seçenek 2	s2/s1	s2/s2	s2/s3
Seçenek 3	s3/s1	s3/s2	s3/s3

Analitik hiyerarşi süreci kullanılarak problem çözümünde izlenen aşamalar;

- Hiyerarşik yapının geliştirilmesi
- Tercihlerin ikili karşılaştırılması
- Sentez

4.1.3. Önem derecelerinin belirlenmesi

Önem derecelerinin belirlenmesi için önce matriste her bir sütun değeri ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünerek normalleştirilme işlemi yapılır. Daha sonra normalleştirilmiş matriste her bir satırın ortalaması alınır. Bu değerler karşılaştırılması yapılan elemanların önem derecelerini verir. Bu hesaplamalar ikili karşılaştırmaların yer aldığı matrisin tutarlı olması durumunda geçerli olacaktır [82].

4.1.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Karar vericilerin karşılaştırmalarında tutarlı olmaları beklenir. Bununla birlikte karar vericilerin yargularının tüm ikili karşılaştırmalarda tam bir tutarlık göstermesi beklenemez.

Tutarsızlık belirli bir oranın altında ise (%10) kabul edilebilirken bu oranın üzerine çıktığında karar vericiden ikili karşılaştırma yargularını tekrar gözden geçirmesi istenilir. Tutarlılık oranını (CR) hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır;

$$\text{Tutarlılık Göstergesi (CI)} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

Rassal Gösterge (RI) olsun,

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{CI}{RI}$$

Tutarlılık Oranının 0,1'den küçük olması istenir (CR<0,10), bu oran 0,1'den büyük olduğunda tutarlı yargılar elde edene kadar karar vericilere tekrar dönüş yapılır [83].

λ_{max} 'ı hesaplayabilmek için tüm öncelikler matrisinin her bir elemanı, öncelikler vektörü elemanlarına bölünerek elde edilen yeni matrisin elemanlarının ortalaması alınmaktadır. RI ise rastgele değer indeksidir ve karşılaştırma matrisinin boyutuna yani n değerine göre değişik değerler alır. 1-15 boyutundaki matrisler için geliştirilmiş rastgele değer indeksi aşağıda Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir [84].

Çizelge 4.3. Rastgele değer indeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

4.1.5. Analitik hiyerarşi sürecinin uygulama alanları

Analitik hiyerarşi süreci uygulamaları alanları şu şekildedir;

- Sağlık
- Savunma
- Proje Planlama
- Tahmin
- Pazarlama
- Yeni ürün fiyat belirleme
- Politika Değerlendirme
- Finans ve Yönetim

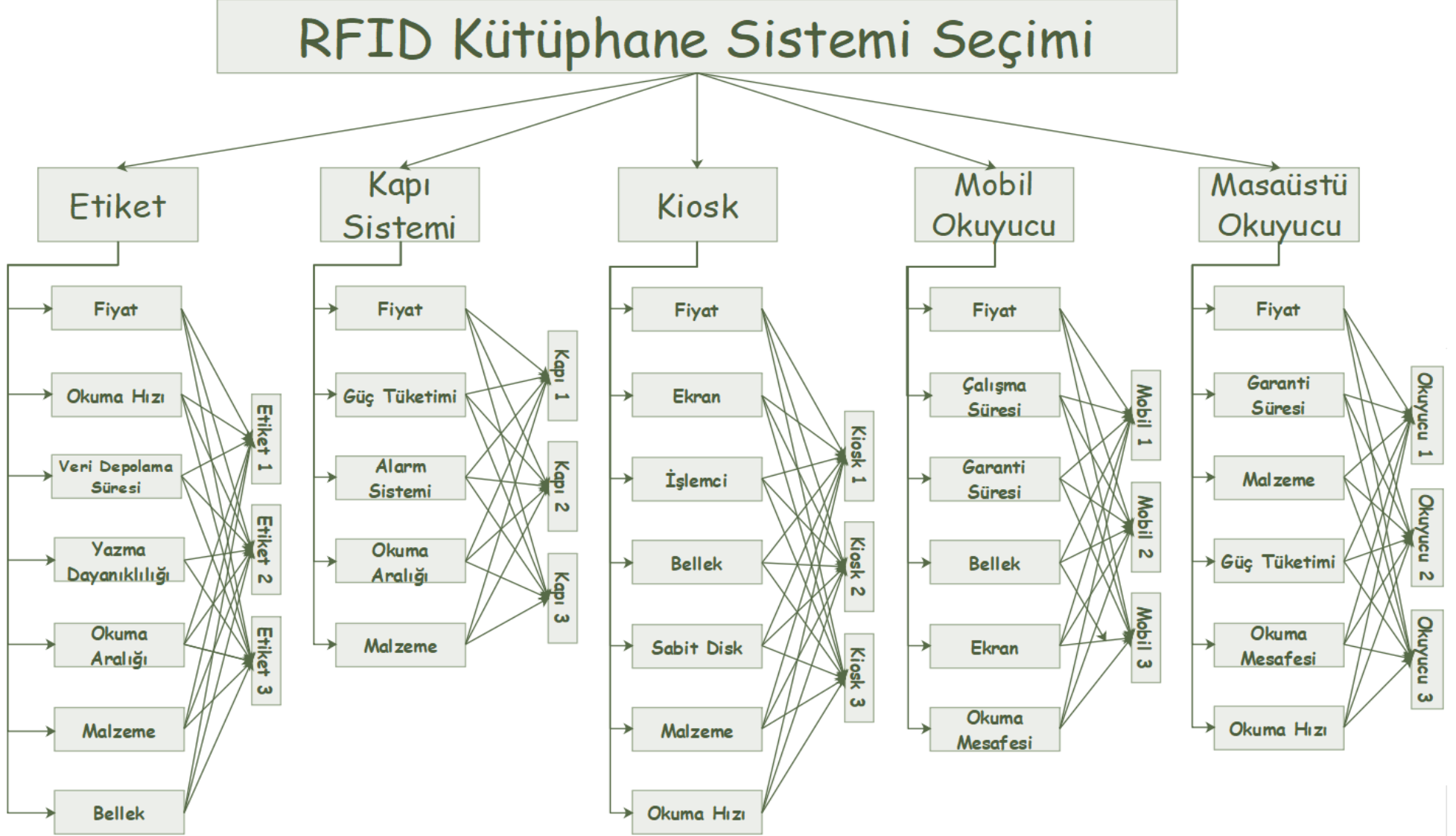
5. UYGULAMA

Birçok kütüphane bütçesi, hızla büyüyen topluluklara ve buna bağlı olarak artış gösteren kullanıcılara ayak uyduramamaktadır. Kütüphanelerden personel sayısı artırılmadan, hizmet kalitesinin artırılması ve müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesi beklenmektedir. Kütüphanelerin çoğu dolaşım ve raf fonksiyonların hızını ve doğruluğunu artırmak için Radyo Frekanslı Tanımlama teknolojisine yönelmekte, böylece kütüphane personelinin kullanıcılara doğrudan hizmet vermesini sağlamaktadır. RFID teknolojisinin kurulumu bir yatırım maliyeti getirmektedir, fakat bu yatırım genellikle iki yıl içerisinde kendini telafi ederek uzun yıllar faydalı bir sisteme dönüşür.

Bu çalışmada, RFID sistemi kurulacak kütüphanenin RFID özelliklere sahip etiket, kiosk yazıcı, masaüstü okuyucu, mobil okuyucu ve güvenlik kapısı alımında tüketicinin kendisine en uygun olan RFID ürünleri seçebilmesi için aşağıda belirtilen aşamaları dikkate alarak işlem yapması önerilmektedir;

- Tüketici bütçesine ve kuracağı sisteme uygun gördüğü RFID ürünleri belirler.
- Belirlenen RFID ürünler için AHP uygulaması yapılır.
- Tüketicinin subjektif değerlerine ilişkin bulanık yapıya uygun çözümler dikkate alınarak en uygun RFID ürün belirlenir.

Uygula yapmak için RFID kütüphane sistemi kurmak isteyen tüketici her bir RFID ürünü seçimi için üç alternatif tercih etmiştir. Ürünlerin seçimi için gerekli kriterler ve alternatifler Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. RFID kütüphane seçimi için oluşturulan hiyerarşik yapı

Belirlenen seçeneklerle ilgili AHP yönteminin uygulanma adımları 6 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Hiyerarşik yapının oluşturulması

RFID kütüphane sistemi için gerekli olan sistem bileşenlerinin seçilmesi için ilk olarak literatür taraması ve 3 kütüphane yöneticisinin görüşü alınmıştır. Yapılan araştırmada RFID etiket, güvenlik kapısı, kiosk, masaüstü ve mobil okuyucu bileşenlerinin sistemin kurulması için gerekli bileşenler oldukları belirlenmiştir. Her bir bileşenin seçimi için gerekli kriterler belirlenerek, Şekil 5.1.'deki hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.

- Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Sistem bileşenlerinin seçilmesi için belirlenen kriterler Çizelge 4.1.' de verilen 1-9 temel ölçeğine göre değerlendirilmiştir.

- Öncelik vektörünün hesaplanması

Kriterlerin önem derecelerinin hesaplandığı kısımdır. Hesaplamadan önce karşılaştırılan kriterlere normalizasyon işlemi uygulanır. AHP yöntemi karar verme sürecinde nitel ve nicel kriterler birlikte değerlendirilir. Nitel kriterlerin ölçülememesi veya ölçülse bile farklı birimlerde değerlendirilmesinden dolayı normalizasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemle mevcut değerleri birimi olmayan değerlere dönüştürülerek birlikte incelenmesine olanak sağlar.

- Tutarlılık oranının hesaplanması

Sistem bileşenlerinin belirlenmesi için yapılan hesaplamaların tutarlı olup olmadığı belirlenir.

- Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması

Alternatiflerin kriterlerle karşılaştırıldığı kısımdır.

- Sıralama ve seçim aşaması

Yapılan hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan sonuç tablosuna göre alternatiflerin sıralama ve seçim işlemi yapılır.

5.1. RFID Etiket Seçimi

RFID kütüphane sistemi kurulumu için gerekli olan sistem bileşenlerinden RFID etiket için Çizelge 5.1.'de seçenekler ve seçim için gerekli olan kriterler gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. RFID etiket için seçenekler ve kriterler

	RFID-Etiket 1	RFID-Etiket 2	RFID-Etiket 3
Fiyat	65 Kuruş	30 Kuruş	50 Kuruş
Okuma Hızı	50 Pcs/s	30 Pcs/s	50 Pcs/s
Veri Depolama Süresi	20 Yıl	10 Yıl	50 Yıl
Yazma Dayanıklılığı	200000 Döngü	50000 Döngü	100000 Döngü
Okuma Aralığı	3 Metre	10 Metre	5 Metre
Malzeme	Pvc	Kâğıt	Pet
Bellek	128 Bit	512 Bit	96 Bit

Çalışmada ilk olarak en uygun RFID etiketinin seçilmesinde etkili olan kriterler literatür taraması ve kütüphane yöneticilerinin görüşleri alınarak; fiyat, okunma hızı, veri depolama süresi, yazma dayanıklılığı, okunma aralığı, malzeme, bellek olarak tespit edilmiştir. Bu kriterlerin seçim probleminin çözümünde kullanılma sebepleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Fiyat

RFID etiket seçiminde tüketici için en ideal maliyetteki etiket seçilmelidir. RFID etiketi karar vericinin maliyetini karşılayabileceği bir fiyatta olmalıdır. Genellikle daha iyi performans gösteren RFID etiketler biraz daha maliyetlidir ancak bu seçim ileriye dönük büyük tasarruflara yol açar.

Okuma hızı

Bu kriterde zamandan tasarruf sağlanması amaçlanmıştır. Kitapların üzerine yapıştırılan etiketlerden okuyucuya gönderilen verilerin hızlı bir şekilde transfer edilmesi etiketin okuma hızı ile doğru orantılıdır. Okuma hızı yüksek olan RFID etiketi okuyucu tarafından daha hızlı okunur.

Veri depolama süresi

Veri depolama süresi kütüphanelerde uzun yıllar korunan kitapların doğru şekilde depolanması, işlenmesi ve değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. RFID etiketleri belirli bir süre sonra bilgileri depolama özelliğini kaybetmektedir. Kütüphanedeki kitapların çok uzun yıllar saklandığını düşünürsek veri depolama süresi uzun olan RFID etiketi diğer etiketlere göre daha avantajlıdır.

Yazma dayanıklılığı

Yazma dayanıklılığı bütün RFID etiketler için yüksek öneme sahiptir. Etiketdeki bilgiler tekrar tekrar güncellenerek, kullanılan nesne hakkında güncel bilgilere erişilebilir. Kütüphane üyelerinin ödünç alma işlemleri, kitap etiketleri üzerinden yapılabilir. Bu nedenle RFID etiket üzerine birçok kez veri yazılıp silinebilir. Bu sebepten yazma döngüsü yüksek olan RFID etiketler daha sık tercih edilir.

Okuma aralığı

Okuma aralığı RFID sistemlerinin en önemli bileşenlerindedir. Kütüphanedeki kitaplara hızlı ve doğru bir şekilde ulaşılabilmesi için etiketlerin okuma aralığının geniş olması gerekir.

Malzeme

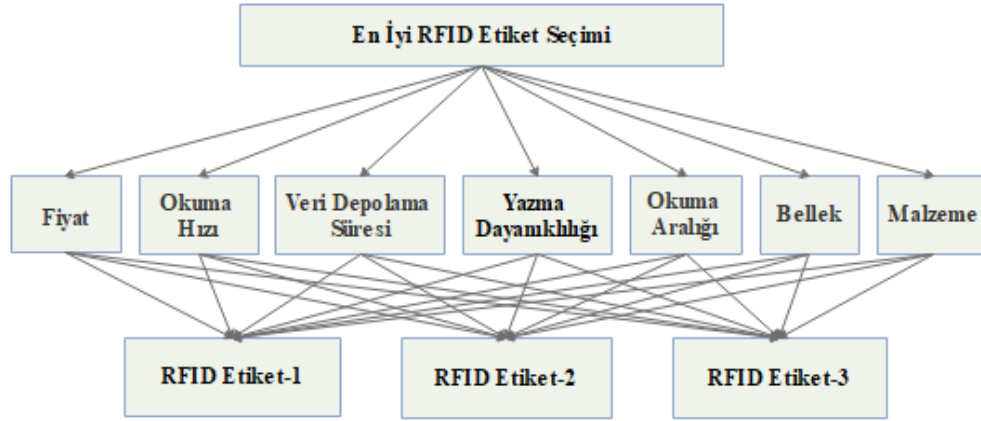
Etiketin kullanım ömrü boyunca karşılaşılabileceği çevresel koşullar, etiket seçimini etkileyen hususlardandır. Etiketin yapımında kullanılan malzeme etiketin ömrünün uzun olmasında büyük bir etkidir. Unutulmalıdır ki kitaplarda kullanılan etiketler yalnızca kütüphane içerisinde değil, kitapların ödünç verilmesiyle farklı çevre koşullarına maruz kalacaktır. Bu çevresel koşullar etiketin okuma aralığını veya okuma oranını etkileyebilir. Bu nedenle RFID etiket seçiminde malzeme seçimi göz ardı edilmemelidir.

Bellek

Etiketin bellek boyutu, üzerine depolanacak veri miktarını etkiler. Çoğu RFID etiketinin üzerinde bulunduğu nesneyle ilgili bazı temel bilgileri depolamaya yetecek kadar bir bellek boyutu vardır. Düşük maliyetle kurulan RFID sistemlerde yalnızca nesneyi tanımlayabilen salt okunur etiketler kullanılır. Bu tür sistemlerde nesne hakkındaki diğer ayrıntılı bilgiler kurulan veri tabanından elde edilir. Büyük hafızalara sahip etiketlere daha ayrıntılı kayıtlar yapılabilir.

5.1.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Belirlenen kriterler ve alternatiflere göre seçim işleminin hiyerarşik yapısı Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. RFID etiket seçimi probleminin hiyerarşik yapısı

5.1.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Belirlenen kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması Çizelge 4.1.’de verilen 1-9 ölçeğine göre 3 kütüphane yöneticisinin ortak görüşüne göre değerlendirilmiş ve değerlendirme sonucu Çizelge 5.2.’de verilmiştir. Ayrıca Çizelge 5.2.’de her bir kriter için önem ağırlıklarının toplamı da hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. Etiket seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Fiyatı	Okuma Hızı	Veri Depolama Süresi	Yazma Dayanıklılığı	Okuma Aralığı	Malzeme	Bellek
Fiyat	1	5	7	7	5	6	3
Okuma Hızı	1/5	1	4	4	1	3	1/3
Veri Depolama	1/7	1/4	1	1	1/3	1/2	1/6
Yazma	1/7	1/4	1	1	1	1/3	1/5
Okuma Aralığı	1/5	1	3	3	1	2	1/5
Malzeme	1/6	1/3	2	3	1/2	1	1/5
Bellek	1/3	3	6	5	5	5	1
Toplam	2,186	10,833	24,000	24,000	13,833	17,833	5,100

5.1.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması

Bu adımda öncelikli olarak her bir kriter için verilen değerlerin, sütun toplamına bölünerek normalizasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra normalize edilmiş matrisin her bir satırının

aritmetik ortalaması alınarak öncelik vektörü hesaplanmış ve Çizelge 5.3.'de verilmiştir. Hesaplanan bu öncelik vektörü kriterlerin önem derecelerini göstermektedir.

Çizelge 5.3. Etiket seçimi için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü

Kriterler	Fiyatı	Okuma Hızı	Veri Depolama Süresi	Yazma Dayanıklılığı	Okuma Aralığı	Malzeme	Bellek	Öncelik Vektörü
Fiyat	0,458	0,462	0,292	0,292	0,361	0,336	0,589	0,399
Okuma Hızı	0,092	0,092	0,167	0,166	0,072	0,168	0,065	0,117
Veri Depolama	0,065	0,023	0,042	0,042	0,024	0,028	0,033	0,037
Yazma Dayanıklılığı	0,065	0,023	0,042	0,042	0,072	0,019	0,039	0,043
Okuma Aralığı	0,092	0,092	0,125	0,125	0,072	0,112	0,039	0,094
Malzeme	0,076	0,031	0,082	0,125	0,037	0,057	0,039	0,064
Bellek	0,152	0,277	0,250	0,208	0,362	0,280	0,196	0,246

Çizelge 5.3.'deki öncelik vektörüne bakıldığında RFID etiket seçiminde en etkili kriterin fiyat olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla bellek, okuma hızı, okuma aralığı, malzeme, yazma dayanıklılığı ve veri depolama süresi kriterleri yer almaktadır.

5.1.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Normalize edilmiş matrisin tutarlılık oranının tespiti için öncelikle tutarlılık indeksi hesaplanmış ve 0,100 olarak bulunmuştur. Daha sonra rassallık indeksi 1,35 (7 kriter için) alınarak tutarlılık oranı (CR) 0.044 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.10'dan küçük olduğundan, karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

5.1.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması

Bu adımda her bir kriter tüm alternatifler için karşılaştırılmıştır. Kriterlerin karşılaştırmasında malzeme kriteri hariç diğer kriterlerde sayısal değerler kullanıldığı için öncelik vektörü hesaplanmasında ikili karşılaştırma yapılmamıştır. Kriter değerleri belirlenen alternatif RFID etiketlerinin kataloglarından elde edilmiş ve Çizelge 5.4.'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Etiket seçimi için alternatiflerin karşılaştırılması

	Fiyat (Kuruş)	Okuma Hızı (pcs/s)	Veri Depolama Süresi (Yıl)	Yazma Dayanıklılığı (Döngü)	Okuma Aralığı (metre)	Bellek (Bit)
RFID Etiket-1	65	50	20	200000	3	128
RFID Etiket-2	30	30	10	50000	10	512
RFID Etiket-3	50	50	50	100000	5	96
Toplam	145	130	80	350000	18	736

Çizelge 5.4.'te fiyat kriterinde fiyatın artması ürünün tercih edilmesini olumsuz etkileyeceğinden dolayı gerçek fiyatın tersi alınarak normalize işlemleri yapılmıştır. Çizelge 5.5.'de ise 3 kütüphane yöneticisinin ortak görüşü doğrultusunda tüm alternatifler malzeme kriteri için Çizelge 4.1.'deki ölçeğe göre ikili karşılaştırılmıştır ve aynı çizelgede normalize işlemi yapılmıştır.

Çizelge 5.5. Etiketlerin malzeme kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi

Alternatifler	RFID Etiket-1	RFID Etiket-2	RFID Etiket-3	Normalize Matris		
	RFID Etiket-1	1	3	7	0,678	0,706
RFID Etiket-2	0,333	1	4	0,226	0,235	0,333
RFID Etiket-3	0,142	0,25	1	0,096	0,059	0,084
Toplam	1,476	4,25	12	1	1	1

Hem nicel kriterler hem de nitel kriter olan malzeme kriteri için öncelik vektörü hesaplanarak Çizelge 5.6.'deki önem ağırlıkları elde edilmiştir.

Çizelge 5.6. Alternatif RFID etiketler için önem ağırlıkları

	Fiyat	Okuma Hızı	Veri Depolama Süresi	Yazma Dayanıklılığı	Okuma Aralığı	Bellek	Malzeme
RFID Etiket-1	0,224	0,385	0,250	0,571	0,167	0,174	0,656
RFID Etiket-2	0,485	0,231	0,125	0,143	0,556	0,696	0,265
RFID Etiket-3	0,291	0,385	0,625	0,286	0,278	0,130	0,079

5.1.6. Sıralama ve seçim aşaması

Bu son adımda hem Çizelge 5.3.'teki kriter ağırlıkları hem de Çizelge 5.6.'deki ağırlıklardan oluşan Çizelge 5.7.'deki AHP matrisi oluşturulmuştur.

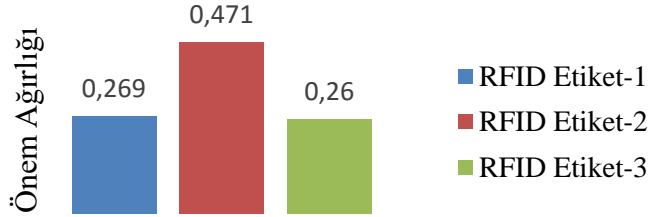
Çizelge 5.7. Etiket seçimi için AHP ağırlıklar matrisi

Kriter Ağırlıkları	0,399	0,117	0,037	0,043	0,094	0,064	0,246
	Fiyat	Okuma Hızı	Veri Depolama Süresi	Yazma Dayanıklılığı	Okuma Aralığı	Malzeme	Bellek
RFID Etiket-1	0,224	0,385	0,250	0,571	0,167	0,656	0,174
RFID Etiket-2	0,485	0,231	0,125	0,143	0,556	0,265	0,696
RFID Etiket-3	0,291	0,385	0,625	0,286	0,278	0,079	0,130

Nihai sıralamanın belirlenmesi için AHP matrisinde yer alan ağırlıklar satırı ile her bir kriter için hesaplanan değerlerin sütun çarpımıyla bir matris oluşturulmuştur (Çizelge 5.8.). Oluşturulan bu matriste her bir alternatif için toplam değerler hesaplanarak sıralama yapılmıştır.

Çizelge 5.8. Etiket seçimi için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması

	Fiyat	Okuma Hızı	Veri Depolama	Yazma Dayanıklılığ	Okuma Aralığı	Malzeme	Bellek	Ağırlık	Sıralama
RFID Etiket-1	0,089	0,045	0,009	0,025	0,016	0,042	0,043	0,269	2
RFID Etiket-2	0,194	0,027	0,005	0,006	0,052	0,017	0,171	0,471	1
RFID Etiket-3	0,116	0,045	0,023	0,012	0,026	0,005	0,032	0,260	3



Şekil 5.3. Nihai RFID etiket sıralaması

Yapılan AHP uygulaması sonucunda elde edilen ağırlık değerlerine göre kütüphane RFID sistemi için kütüphane yöneticilerinin “RFID Etiket-2”yi tercih etmeleri daha uygun ve yararlı olacaktır.

5.2. RFID Kapı Seçimi

RFID kapı seçilmesinde etkili olan kriterler literatür taraması ve kütüphane yöneticilerinin görüşleri alınarak; fiyat, güç tüketimi, alarm sistemi, okunma mesafesi ve malzeme olarak tespit edilmiştir. Bu kriterlerin seçim probleminin çözümünde kullanılma sebepleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Fiyat

RFID güvenlik kapısı seçiminde tüketici için en ideal maliyetteki kapı seçilmelidir. RFID güvenlik kapısı karar vericinin maliyetini karşılayabileceği bir fiyatta olmalıdır.

Güç tüketimi

Seçilen RFID kapısının harcayacağı elektrik maliyeti kullanıcı açısından önemlidir. Seçim sırasında mümkün olduğu kadar güç tüketimi az olan güvenlik kapısı tercih edilmelidir.

Alarm sistemi

Kütüphaneden izinsiz materyal çıkışının önlenmesi için çıkışlarda kullanılan güvenlik kapısının ses ve ışık yayma oranı sistemin en önemli unsurlarından biridir. Yeterli düzeyde

ses ve ışık yayma özelliği bulunan güvenlik kapıları izinsiz kullanımları önleme açısından oldukça başarılıdır.

Okuma mesafesi

Bu kriterde güvenlik kapısının etiketlenmiş materyalleri okuma mesafesini ölçmek için dikkatte alınmıştır. Güvenlik kapısının okuma mesafesi ne kadar yüksek olursa giriş ve çıkış esnasında materyallerin sisteme kaydı o kadar hızlı olur.

Malzeme

RFID güvenlik kapısı seçimine karar vericilerin malzeme tercihlerinde sağlamlık ve estetik ön plana çıkmıştır. Bu doğrultuda malzeme seçenekleri pvc, cam ve alüminyum olarak seçilmiştir.

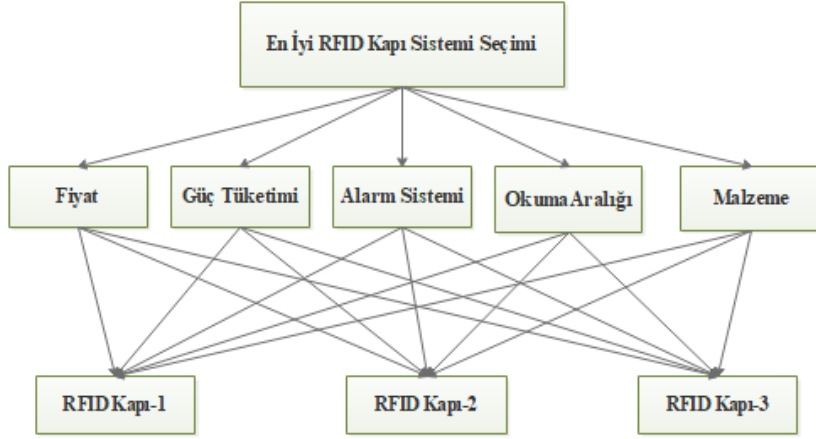
RFID kütüphane sistemi kurulumu için gerekli olan sistem bileşenlerinden RFID kapı için Çizelge 5.9.'da seçenekler ve seçim için gerekli olan kriterler gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. RFID kapı için seçenekler ve kriterler

	RFID-Kapı 1	RFID-Kapı 2	RFID-Kapı 3
Fiyat	10000 TL	8000 TL	9000 TL
Güç Tüketimi	20 W	30 W	12 W
EAS Alarm	Ses + Işık	Ses	Ses + Işık
Okuma Aralığı	2 Metre	4 Metre	3 Metre
Malzeme	Cam	Pvc	Alüminyum

5.2.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Belirlenen kriterler ve alternatiflere göre seçim işleminin hiyerarşik yapısı Şekil 5.4.'te verilmiştir.



Şekil 5.4. RFID güvenlik kapısı seçimi probleminin hiyerarşik yapısı

5.2.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

RFID kapı sistemleri için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulması ve önem ağırlıklarının toplamı Çizelge 5.10.'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. RFID kapı seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Fiyatı	Güç Tüketimi	Alarm Sistemi	Okuma Aralığı	Malzeme
Fiyat	1	5	3	9	7
Güç Tüketimi	1/5	1	1/3	5	3
Alarm Sistemi	1/3	3	1	6	5
Okuma Aralığı	1/9	1/5	1/6	1	1/2
Malzeme	1/9	1/5	1/6	2	1
Toplam	1,755	9,400	4,660	23,000	16,500

5.2.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması

Çizelge 5.11.'de RFID güvenlik kapısı seçiminde belirlenen kriterlerin önem derecesi gösterilmektedir. RFID güvenlik kapısı seçiminde en etkili kriterin fiyat olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla alarm sistemi, güç tüketimi, malzeme ve okuma aralığı kriterleri yer almaktadır.

Çizelge 5.11. Kapı seçimi için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü

Kriterler	Fiyatı	Güç Tüketimi	Alarm Sistemi	Okuma Aralığı	Malzeme	Öncelik Vektörü
Fiyat	0,569	0,531	0,642	0,391	0,424	0,511
Güç Tüketimi	0,113	0,106	0,071	0,217	0,181	0,138
Alarm Sistemi	0,189	0,319	0,214	0,260	0,303	0,257
Okuma Aralığı	0,063	0,021	0,035	0,043	0,030	0,038
Malzeme	0,063	0,021	0,035	0,086	0,060	0,053

5.2.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Tutarlılık oranının tespiti için öncelikle tutarlılık indeksi hesaplanmış ve 0,011 olarak bulunmuştur. Daha sonra rassallık indeksi 1,12 (5 kriter için) alınarak tutarlılık oranı (CR) 0.009 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.10'dan küçük olduğundan, karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

5.2.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması

Kriterlerin karşılaştırmasında malzeme ve alarm sistemi kriteri hariç diğer kriterlerde sayısal değerler kullanıldığı için öncelik vektörü hesaplanmasında ikili karşılaştırma yapılmamıştır. Kriter değerleri belirlenen alternatif RFID güvenlik kapısı kataloglarından elde edilmiş ve Çizelge 5.12.'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Kapı seçimi için alternatiflerin karşılaştırılması

	Fiyat (TL)	Güç Tüketimi (Watt)	Okuma Aralığı (metre)
RFID Kapı-1	10000	20	2
RFID Kapı-2	8000	30	4
RFID Kapı-3	9000	12	3
Toplam	27000	62	9

Çizelge 5.12.'de fiyat ve güç tüketimi kriterinde değerlerin artması ürünün tercih edilmesini olumsuz etkileyeceğinden dolayı gerçek değerlerin tersi alınarak normalize işlemleri yapılmıştır. Çizelge 5.13. ve Çizelge 5.14.' de ise kütüphane yöneticilerinin ortak görüşü doğrultusunda tüm alternatifler malzeme ve alarm sistemi kriteri için Çizelge 4.1.deki ölçeğe göre ikili karşılaştırılmıştır ve aynı çizelgede normalize işlemi yapılmıştır.

Çizelge 5.13. Malzeme kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi

Alternatifler	RFID Kapı-1	RFID Kapı-2	RFID Kapı-3	Normalize Matris		
RFID Kapı-1	1	2	8	0,616	0,632	0,534
RFID Kapı-2	0,5	1	6	0,308	0,315	0,4
RFID Kapı-3	0,125	0,166	1	0,076	0,053	0,066
Toplam	1,625	3,166	15	1	1	1

Çizelge 5.14. Alarm sistemi kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi

Alternatifler	RFID Kapı-1	RFID Kapı-2	RFID Kapı-3	Normalize Matris		
RFID Kapı-1	1	7	3	0,678	0,637	0,693
RFID Kapı-2	0,142	1	0,333	0,097	0,090	0,077
RFID Kapı-3	0,333	3	1	0,225	0,273	0,230
Toplam	1,476	11	4,333	1	1	1

Hem nicel kriterlerin hem de nitel kriterin öncelik vektörü hesaplanarak Çizelge 5.15.’deki önem ağırlıkları elde edilmiştir.

Çizelge 5.15. Alternatif RFID güvenlik kapıları için önem ağırlıkları

	Fiyatı	Güç Tüketimi	Güvenlik Sistemi	Okuma Aralığı	Malzeme
RFID Kapı-1	0,297	0,3	0,668	0,222	0,593
RFID Kapı-2	0,371	0,2	0,088	0,444	0,341
RFID Kapı-3	0,330	0,5	0,243	0,333	0,065

5.2.6. Sıralama ve seçim aşaması

Çizelge 5.16. Kapı seçimi için AHP ağırlıklar matrisi

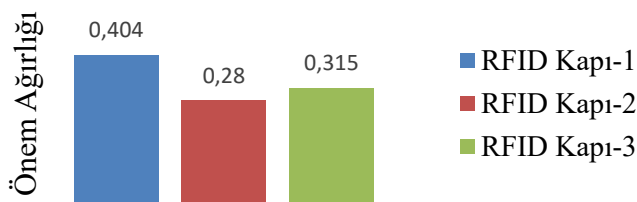
Kriter Ağırlıkları	0,511	0,138	0,257	0,038	0,053
	Fiyat	Güç Tüketimi	Alarm Sistemi	Okuma Aralığı	Malzeme
RFID Kapı-1	0,297	0,3	0,668	0,166	0,593
RFID Kapı-2	0,371	0,2	0,088	0,555	0,341
RFID Kapı-3	0,330	0,5	0,243	0,277	0,065

Çizelge 5.16.’de nihai sıralamanın belirlenmesi için oluşturulan AHP matrisi bulunmaktadır. Çizelge 5.17.’ de ise RFID güvenlik kapı seçiminde yapılan hesaplamalar sonucunda “ RFID Kapı-1” tercih edilmesi yöneticiler açısından daha faydalı ve uygun olacaktır.

Çizelge 5.17. Kapı seçimi için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması

	Fiyat	Güç Tüketimi	Alarm Sistemi	Okuma Aralığı	Malzeme	Ağırlık	Sıralama
RFID Kapı-1	0,152	0,041	0,172	0,006	0,031	0,404	1
RFID Kapı-2	0,190	0,027	0,022	0,021	0,018	0,280	3
RFID Kapı-3	0,169	0,069	0,062	0,010	0,003	0,315	2

AHP yöntemiyle RFID güvenlik kapısı seçiminde alternatiflerin önem ağırlığı Şekil 5.5.’de gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Nihai RFID kapı sıralaması

5.3. RFID Kiosk Seçimi

RFID kütüphane sistemi kurulumu için gerekli olan sistem bileşenlerinden RFID kiosk için Çizelge 5.18.'de seçenekler ve seçim için gerekli olan kriterler gösterilmiştir.

Çizelge 5.18. RFID kiosk için seçenekler ve kriterler

	RFID-Kiosk 1	RFID-Kiosk 2	RFID-Kiosk 3
Fiyat	2400 Dolar	3000 Dolar	1800 Dolar
Dokunmatik Ekran	17 inç	19 inç	19 inç
İşlemci	3.5 GHz	4.3 GHz	2.42 GHz
Ram	8 GB	16 GB	4 GB
Sabit Disk	300 GB	500 GB	64 GB
Okuma Hızı	50 Kitap	70 Kitap	10 Kitap
Malzeme	2 mm Çelik	1.5 mm Çelik	1 mm Çelik

Çizelge 5.18.'e bakıldığında RFID kiosk seçilmesinde etkili olan kriterler fiyat, ekran, işlemci, bellek, sabit disk, okuma hızı, malzeme olarak tespit edilmiştir. Bu kriterlerin seçim probleminin çözümünde kullanılma sebepleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Fiyat

Sistemin ekonomik olması aranan kriterlerdendir. Bu sistemin sadece müşteriler için değil, aynı zamanda personel içinde rahat ve ferah çalışma ortamı sağlanacağı düşünüldüğünde fiyat performans değerlendirmesi dikkatli incelenmelidir.

Ekran

Kioskun kullanım amacı müşterilerin yardıma ihtiyaç duymadan işlerini kendi halledebilmelidir. Bu sebepten ekranın basit, sade, yüksek çözünürlüklü ve boyutları kullanıcı için ideal olmalıdır.

İşlemci

Kioskun kullanıcılara etkili şekilde hizmet etmesi için hızlı olması gerekir. Bunu sağlayan en önemli bileşen işlemcidir. İşlemci gerekli hesaplamaları yapan elektronik entegredir. İşlemci ne kadar yüksek olursa kioskun hız o kadar artar.

Bellek

Kioskun hızın etkileyen bir başka bileşende bellektir. Verilerin aktarılmasında rol oynamaktadır. Bellek seçimi hızlı erişim isteyen kullanıcılar için önemlidir.

Sabit disk

Bilgilerin depolandığı bileşendir. Verilerin sürekli olarak saklandığı yer olma sebebiyle bilgiye ihtiyaç duyulduğunda kusursuz şekilde çalışmalıdır. Sabit disklerin ayırt edici özellikleri boyut ve okuma hızıdır.

Okuma hızı

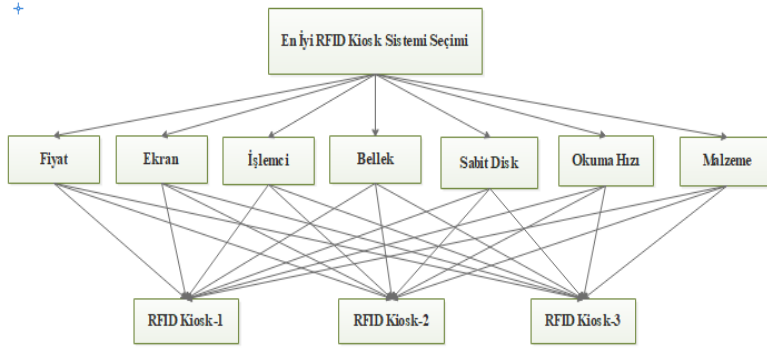
Kioskun kullanıcılarla iyi bir iletişim kurabilmesi için önemli kriterlerden biridir. Kullanıcılar istediği materyallere hızlı bir şekilde ulaşmak ister. Bu anlamda okuma hızı ön plana çıkmaktadır.

Malzeme

Kioskun kurulacağı fiziksel ortam, malzeme seçiminde ve kioskun tasarımında önemli rol oynamaktadır. Isı, nem, ışık ve toz dikkat edilmesi gereken konulardır. Malzemenin sağlam olması kioskun çevre koşullarına karşı direncini artırır. Ayrıca kiosk estetik bakımından ortamın dekorasyonuna uyum sağlamalıdır.

Yukarıda açıklanan kriterlere göre satın alınması düşünülen kiosk çeşitleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler ve alternatiflere göre seçim işleminin hiyerarşik yapısı Şekil 5.6.'da verilmiştir.

5.3.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması



Şekil 5.6. RFID kiosk seçimi probleminin hiyerarşik yapısı

5.3.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması Çizelge 4.1.'de verilen 1-9 ölçeğine göre değerlendirilmiş ve değerlendirme sonucu Çizelge 5.19.'da verilmiştir. Ayrıca bu çizelgede her bir kriter için önem ağırlıklarının toplamı da hesaplanmıştır.

Çizelge 5.19. Kiosk seçimi için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Fiyatı	Ekran	İşlemci	Bellek	Sabit Disk	Malzeme	Okuma Hızı
Fiyat	1	8	2	3	4	7	7
Ekran	1/8	1	1/7	1/6	1/5	1/2	1/3
İşlemci	1/2	6	1	3	3	6	6
Bellek	1/3	5	1/3	1	2	5	5
Sabit	1/4	4	1/3	3	1	3	4
Malzeme	1/7	2	1/6	1/5	1/3	1	2
Okuma	1/7	3	1/6	1/4	1/4	1/2	1
Toplam	2,494	29,000	4,142	10,616	10,783	23,000	25,333

5.3.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması

RFID kiosk seçiminde belirlenen kriterlerin önem derecesi Çizelge 5.20.'de gösterilmektedir. RFID kiosk seçiminde en etkili kriterin fiyat olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla işlemci, bellek, sabit disk, malzeme, okuma hızı ve ekran kriterleri yer almaktadır.

Çizelge 5.20. Kiosk seçimi için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü

Kriterler	Fiyatı	Ekran	İşlemci	Bellek	Sabit Disk	Malzeme	Okuma Hızı	Öncelik Vektörü
Fiyat	0,400	0,275	0,482	0,282	0,370	0,304	0,276	0,341
Ekran	0,050	0,034	0,034	0,0156	0,018	0,021	0,013	0,026
İşlemci	0,200	0,206	0,241	0,282	0,278	0,260	0,236	0,243

Bellek	0,133	0,172	0,080	0,094	0,185	0,217	0,197	0,154
Sabit Disk	0,100	0,137	0,080	0,282	0,092	0,130	0,157	0,140
Malzeme	0,057	0,068	0,040	0,018	0,030	0,043	0,078	0,048
Okuma Hızı	0,057	0,103	0,040	0,023	0,023	0,021	0,039	0,044

5.3.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Yapılan hesaplamalarla göre tutarlılık indeksi 0,131 olarak bulunmuştur. Daha sonra rassallık indeksi 1,32 (6 kriter için) alınarak tutarlılık oranı (CR) 0.099 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.10'dan küçük olduğundan, karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

5.3.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması

Çizelge 5.21.'de RFID kiosk için belirlenen alternatiflerin kriter değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.21. Kiosk seçimi için alternatiflerin karşılaştırılması

	Fiyat (Dolar)	Ekran (inç)	İşlemci (Ghz)	Bellek (GB)	Sabit Disk	Malzem e(mm)	Okuma Hızı (pcs/s)
RFID Kiosk-1	2400	17	3,5	8	300	2	50
RFID Kiosk-2	3000	19	4,3	16	500	1,5	70
RFID Kiosk-3	1800	19	2,42	4	64	1	10
Toplam	7200	55	10,22	28	864	4,5	130

Çizelge 5.22.'de kiosk için önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.22. Alternatif RFID kiosk için önem ağırlıkları

	Fiyatı	Ekran	İşlemci	Bellek	Sabit Disk	Malzeme	Okuma Hızı
RFID Kiosk-1	0,319	0,309	0,342	0,285	0,347	0,444	0,384
RFID Kiosk-2	0,255	0,345	0,420	0,571	0,578	0,333	0,538
RFID Kiosk-3	0,425	0,345	0,236	0,142	0,074	0,222	0,076

5.3.6. Sıralama ve seçim aşaması

Çizelge 5.23. Kiosk seçimi için AHP ağırlıklar matrisi

Kriter Ağırlıkları	0,341	0,026	0,243	0,154	0,140	0,048	0,044
	Fiyat	Ekran	İşlemci	Bellek	Sabit Disk	Malzeme	Okuma Hızı
RFID Kiosk-1	0,319	0,309	0,342	0,285	0,347	0,444	0,384
RFID Kiosk-2	0,255	0,345	0,420	0,571	0,578	0,333	0,538
RFID Kiosk-3	0,425	0,345	0,236	0,142	0,074	0,222	0,076

Çizelge 5.23.'de AHP ağırlıklar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan AHP matrisi kullanılarak RFID kiosk için alternatiflerin sıralaması Çizelge 5.24.'de gösterilmiştir.

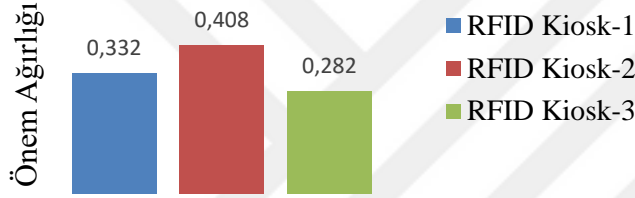
Çizelge 5.24. Kiosk seçimi için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması

	Fiyat	Ekran	İşlemci	Bellek	Sabit Disk	Malzeme	Okuma Hızı	Ağırlık	Sıralama
RFID Kiosk-1	0,109	0,008	0,083	0,044	0,048	0,021	0,0169	0,332	2
RFID Kiosk-2	0,087	0,009	0,102	0,088	0,081	0,016	0,023	0,408	1
RFID Kiosk-3	0,145	0,009	0,057	0,022	0,010	0,010	0,026	0,282	3

Yapılan AHP uygulamasına göre “RFID Kiosk-2 “ tercih etmeleri karar vericiler için daha faydalı olacaktır. Şekil 5.7.'dede grafiksel olarak gösterildiği gibi sırasıyla RFID Kiosk2,

RFID Kiosk-1 ve RFID Kiosk-3

tercih edilme önceliğindedir.



Şekil 5.7. Nihai RFID kiosk sıralaması

5.4. RFID Masaüstü Okuyucu Seçimi

Masaüstü okuyucular kütüphanedeki okuyucuların kütüphane içerisindeki materyalleri kendi kendine ödünç alması ve iade etmesi için kullanılan cihazlardır. Kitaplardaki mevcut RFID etiketlerin okunması suretiyle işlem yapar. Kütüphane görevlilerine ihtiyaç olmadan işlem yapılabilirdiğinden personel iş yükünün oldukça hafiflemesi sağlanır.

RFID masaüstü okuyucu seçimi için belirlenen kriter ve seçenekler Çizelge 5.25.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.25. RFID masaüstü okuyucu için seçenekler ve kriterler

	RFID-Okuyucu 1	RFID-Okuyucu 2	RFID-Okuyucu 3
Fiyat	300 Dolar	600 Dolar	290 Dolar
Garanti Süresi	1 Yıl	3 Yıl	2 Yıl
Malzeme	Akrilik	Alüminyum	Anti metal
Güç Tüketimi	3.5 W	7 W	3 W

Okuma Mesafesi	40 cm	50 cm	30 cm
Okuma Hızı	1 Kitap	3 Kitap	4 Kitap

RFID masaüstü okuyucu seçilmesinde etkili olan kriterler literatür taraması ve kütüphane yöneticilerinin görüşleri alınarak; fiyat, garanti süresi, malzeme, güç tüketimi, okuma mesafesi ve okuma hızı olarak tespit edilmiştir. Bu kriterlerin seçim probleminin çözümünde kullanılma sebepleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Fiyat

Fiyat aralığı oldukça geniştir. Ergonomik ve kullanışlı tasarımların kütüphanelere kolayca adapte edilip montaj gerektirmemesi fiyat oranının artmasına sebep olur.

Garanti süresi

Masaüstü okuyucuları oldukça pahalı olup kütüphane sistemi içinde önemli bir yeri teşkil etmektedir. Arıza durumlarında ek bir maliyet getirmemesi için garanti süresi yoldukça önem teşkil etmektedir. Garanti süresinin artması karar vericileri tercih sebeplerindedir.

Malzeme

Malzemenin dayanıklı ve ergonomik olması sistem yöneticileri tarafından tercih edilen unsurlardandır.

Güç tüketimi

RFID sisteminin kurulumunun temel esasları arasında belli zaman aralığının ardından kütüphane giderlerin daha aza indirgenmesi gelir. Bu açıdan bakıldığında sisteme entegre edilecek bileşenlerin güç tüketimi elektrik sarfiyatı açısından dikkate alınacak hususlardandır. Kütüphanenin fiziksel büyüklüğüne göre kullanılacak RFID masaüstü okuyucuların sayısı farkındalık gösterir. Ne kadar fazla okuyucu kurulursa güç tüketimi o kadar artar. Bu kriterde güç tüketimi az olan okuyucular tercih sebebidir.

Okuma mesafesi

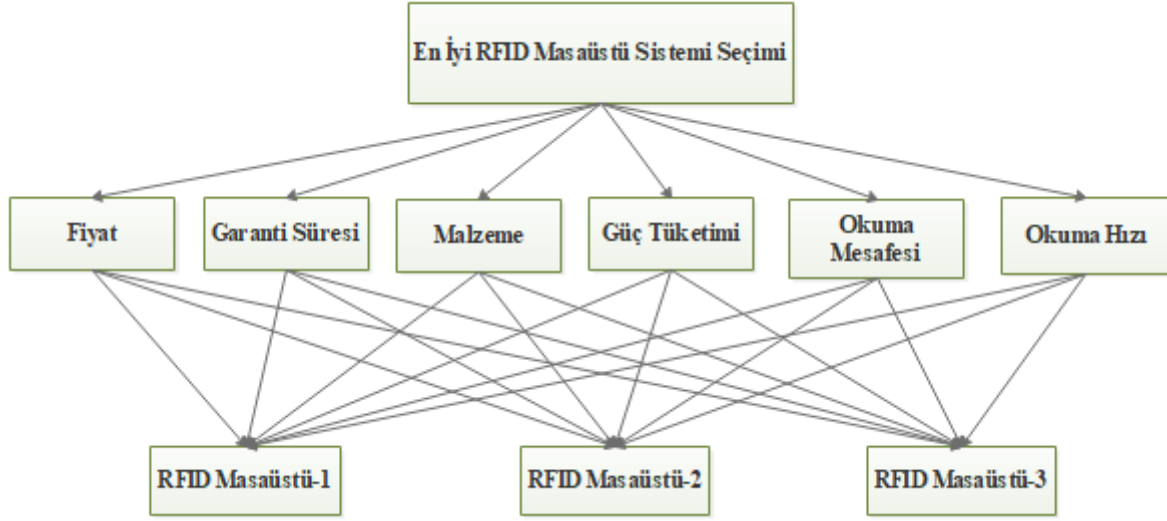
Okuma mesafesi, materyallerin ödünç alma ve iade işlemleri esnasında kullanıcıların daha kolay bir şekilde sisteme okutabilmesi için dikkate alınmıştır. Okuma mesafesi yüksek olan masaüstü okuyucunun kullanımı daha verimlidir.

Okuma hızı

Okuma hızı kullanıcılar açısından en çok önemsenen kriterdir. Kullanıcılar kütüphanedeki işlemlerin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini ister. Kütüphanelerdeki yoğunluk dikkate alındığında masaüstü okuyucuların materyalleri hızlı bir şekilde okuyup sisteme girmesi beklenmektedir. Müşteri memnuniyeti için okuma hızının hızlı olması önemli bir faktördür.

5.4.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Kriterler ve alternatiflere göre seçim işleminin hiyerarşik yapısı Şekil 5.8.'de verilmiştir.



Şekil 5.8. RFID masaüstü okuyucu seçimi probleminin hiyerarşik yapısı

5.4.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Çizelge 5.26.'da RFID masaüstü okuyucu için kriterlerin ikili karşılaştırmaları ve önem ağırlıkları toplamı gösterilmiştir.

Çizelge 5.26. Masaüstü okuyucu için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Fiyatı	Garanti Süresi	Malzeme	Güç Tüketimi	Okuma Mesafesi	Okuma Hızı
Fiyat	1	5	7	5	7	9
Garanti Süresi	1/5	1	4	1/3	5	7
Malzeme	1/7	¼	1	1/5	2	4
Güç Tüketimi	1/5	3	5	1	6	8
Okuma	1/7	1/5	1/2	1/6	1	3
Okuma Hızı	1/9	1/7	1/4	1/8	1/3	1
Toplam	1,796	9,592	17,750	6,825	21,333	32,000

5.4.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması

Çizelge 5.27.'de RFID masaüstü okuyucu için öncelik vektörü gösterilmektedir. Çizelge 5.27.'e bakıldığı sırasıyla fiyat, malzeme, güç tüketimi, okuma mesafesi, okuma hızı ve garanti süre kriterlerin etkin olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.27. Masaüstü okuyucu için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü

Kriterler	Fiyatı	Garanti Süresi	Malzeme	Güç Tüketimi	Okuma Mesafesi	Okuma Hızı	Öncelik Vektörü
Fiyat	0,556	0,521	0,394	0,732	0,328	0,281	0,341
Garanti Süresi	0,111	0,104	0,225	0,048	0,234	0,218	0,026
Malzeme	0,079	0,026	0,056	0,029	0,093	0,125	0,243

Güç Tüketimi	0,111	0,312	0,281	0,146	0,281	0,25	0,154
Okuma Mesafesi	0,079	0,020	0,028	0,024	0,046	0,093	0,140
Okuma Hızı	0,061	0,014	0,014	0,018	0,015	0,031	0,044

5.4.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Tutarlılık oranı (CR) 0.095 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.10'dan küçük olduğundan, karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

5.4.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması

Çizelge 5.28. Masaüstü okuyucu için alternatiflerin karşılaştırılması

	Fiyat (Dolar)	Garanti Süresi (Yıl)	Güç Tüketimi (Watt)	Okuma Mesafesi(c)	Okuma Hızı (pcs/s)
RFID Okuyucu -1	300	1	3,5	40	1
RFID Okuyucu -2	600	3	7	50	3
RFID Okuyucu -3	900	2	3	30	4
Toplam	1800	6	13,5	120	8

Çizelge 5.28.'de fiyat kriterinde fiyatın artması ürünün tercih edilmesini olumsuz etkileyeceğinden dolayı gerçek fiyatın tersi alınarak normalize işlemleri yapılmıştır. Çizelge 5.29.'da ise 3 kütüphane yöneticisinin ortak görüşü doğrultusunda tüm alternatifler malzeme kriteri için Çizelge 4.1.'deki ölçeğe göre ikili karşılaştırılmıştır ve aynı çizelge normalize işlemi yapılmıştır.

Çizelge 5.29. Malzeme kriterine göre karşılaştırılması ve normalize matrisi

Alternatifler	RFID Okuyucu -1	RFID Okuyucu -2	RFID Okuyucu -3	Normalize Matris		
RFID Okuyucu -1	1	5	0,25	0,193	0,357	0,182
RFID Okuyucu -2	0,2	1	0,125	0,038	0,071	0,090
RFID Okuyucu -3	4	8	1	0,769	0,572	0,728
Toplam	5,2	14	1,375	1	1	1

Çizelge 5.30.' da alternatif masaüstü okuyucuların önem ağırlıkları gösterilmektedir.

Çizelge 5.30. Alternatif RFID okuyucular için önem ağırlıkları

	Fiyat	Garanti Süresi	Malzem e	Güç Tüketimi	Okuma Mesafesi	Okuma Hızı
RFID Okuyucu -1	0,545	0,166	0,243	0,259	0,333	0,125
RFID Okuyucu -2	0,272	0,5	0,066	0,518	0,416	0,375
RFID Okuyucu -3	0,181	0,333	0,689	0,222	0,25	0,5

5.4.6. Sıralama ve seçim aşaması

Çizelge 5.31. Masaüstü okuyucu için AHP ağırlıklar matrisi

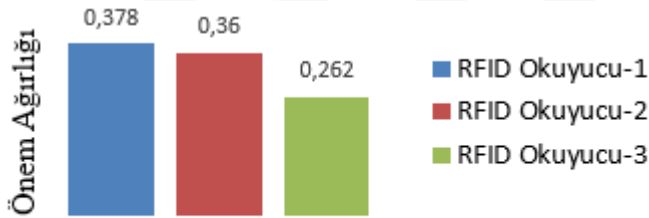
Kriter Ağırlıkları	0,469	0,157	0,068	0,230	0,048	0,026
	Fiyat	Garanti Süresi	Malzeme	Güç Tüketimi	Okuma Mesafesi	Okuma Hızı
RFID Okuyucu -1	0,545	0,166	0,243	0,259	0,333	0,125
RFID Okuyucu -2	0,272	0,5	0,066	0,518	0,416	0,375
RFID Okuyucu -3	0,181	0,333	0,689	0,222	0,25	0,5

Elde edilen verilerle oluşturulan AHP ağırlıklar matrisi Çizelge 5.31.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.32. Masaüstü okuyucu için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması

	Fiyat	Garanti Süresi	Malzeme	Güç Tüketimi	Okuma Mesafe	Okuma Hızı	Ağırlık	Sıralama
RFID Okuyucu -1	0,255	0,026	0,016	0,059	0,016	0,003	0,378	1
RFID Okuyucu -2	0,127	0,078	0,004	0,119	0,020	0,009	0,360	2
RFID Okuyucu -3	0,085	0,052	0,047	0,051	0,012	0,013	0,262	3

Seçim sıralama için Çizelge 5.32.'e bakıldığında “RFID Okuyucu-1” in ağırlığın en fazla olduğu hesaplanmıştır. Buna göre “RFID Okuyucu-1”in tercih edilmesi daha doğru bir karar olacaktır.



Şekil 5.9. Nihai RFID masaüstü okuyucu sıralaması

5.5. RFID Mobil Okuyucu Seçimi

Mobil okuyucu kütüphane içerisindeki materyallerin hızlıca sayılmasında, yanlış yerleştirilme durumlarında hatanın kolayca bulunmasında ve kütüphanedeki verimliliğin artmasında rol oynamaktadır. Büyük kütüphanelerde bütün materyallerin kontrolü oldukça büyük bir iş yüküdür. İyi bir RFID mobil okuyucu sayım işlemlerini hızlıca gerçekleştirerek zaman ve iş yükünden tasarruf sağlar.

RFID mobil okuyucu seçimi için gerekli kriter ve seçenekler Çizelge 5.33.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.33. RFID mobil okuyucu için seçenekler ve kriterler

	RFID-Mobil 1	RFID-Mobil 2	RFID-Mobil 3
Fiyat	1500 Dolar	700 Dolar	3000 Dolar
Çalışma Süresi	8 Saat	6 Saat	20 Saat
Garanti Süresi	2 Yıl	1 Yıl	3 Yıl
Bellek	256 MB	128 MB	512 MB
Ekran	2.5 inç	3.5 inç	5 inç
Okuma Mesafesi	3 Metre	2.5 Metre	10 Metre

Fiyat, çalışma süresi, garanti süresi, bellek, ekran ve okuma mesafesi kriterleri mobil okuyucu seçiminde dikkate alınması gereken kriterler olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerin seçim probleminin çözümünde kullanılma sebepleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Fiyat

Fiyat kriteri daima öne çıkan kriterdir. RFID mobil okuyucunun hesaplı olması yöneticilerin aradığı özelliktir.

Çalışma süresi

Mobil okuyucular enerjilerini batarya üzerinden alırlar. Bu sebeple materyal sayımında mobil okuyucunun şarj süresi beklentileri karşılamalıdır. Bu kriter kütüphane personeli için önemlidir.

Garanti süresi

RFID mobil okuyucuya arızalanması personel verimliliğinin azalmasına ve ek maliyetlere neden olabilir. Garanti süresi meydana gelebilecek aksiliklerin öne geçmek için değerlendirilen kriterdir.

Bellek

Okuyucunun materyalleri hızlı bir şekilde taraması için bellek miktarının yüksek olması gerekir. Hızlı okuyucu seçiminde bakılması gereken kriterlerdendir.

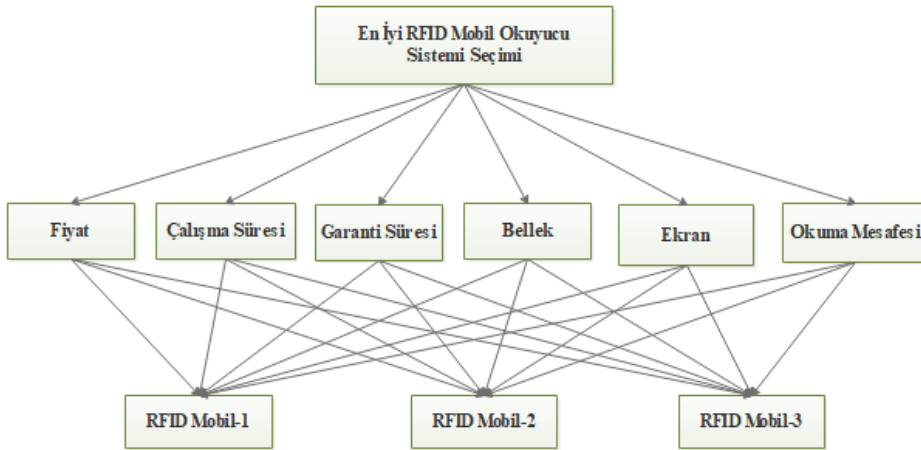
Ekran

Mobil okuyucu kullanan personelin sayım işlemlerini doğru ve kolayca yapabilmesi için ekranın anlaşılabilir bir şekilde dizayn edilmesi gerekir. Bunun yanında ekranın çözünürlüğü, büyüklüğü ve parlaklığı seçim için önemlidir.

Okuma mesafesi

Kütüphanelerin birçok alanında materyallere erişimi zor olmaktadır. Zor alanlarda bulunan materyallerin kontrolü mobil okuyucular sayesinde oldukça kolay bir hal almaktadır. Okuma mesafesi yüksek olan okuyucular sayesinde yüksek raflardaki materyal sayımları kısa bir sürede ve kolay bir şekilde gerçekleştirilir. Personel tarafından mobil okuyuculara dikkat edilen en önemli kriterdir.

5.5.1. Hiyerarşik yapının oluşturulması



Şekil 5.10. RFID mobil okuyucu seçimi probleminin hiyerarşik yapısı

Kriterler ve alternatiflere göre seçim işleminin hiyerarşik yapısı Şekil 5.10.'de verilmiştir.

5.5.2. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisi ve önem ağırlıkların toplamı Çizelge 5.34'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.34. Mobil okuyucu için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Fiyatı	Çalışma Süresi	Garanti Süresi	Bellek	Ekran	Okuma Mesafesi
-----------	--------	----------------	----------------	--------	-------	----------------

Fiyat	1	4	6	3	6	5
Çalışma Süresi	1/4	1	3	1/2	3	2
Garanti Süresi	1/6	1/3	1	1/3	1	1/2
Bellek	1/3	2	3	1	3	2
Ekran	1/6	1/3	1	1/3	1	1/2
Okuma	1/5	1/2	2	1/2	2	1
Toplam	2,116	8,166	16,000	5,666	16,000	11,000

5.5.3. Öncelik vektörünün (kriter ağırlığı) hesaplanması

Öncelik vektörü hesabı Çizelge 5.35’de görülmektedir. Kriterlerin etkinlik sıralaması ise sırasıyla fiyat, bellek, çalışma süresi, okuma mesafesi, ekran ve garanti süresidir.

Çizelge 5.35. Mobil okuyucu için normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü

Kriterler	Fiyatı	Çalışma Süresi	Garanti Süresi	Bellek	Ekran	Okuma Mesafesi	Öncelik Vektörü
Fiyat	0,472	0,489	0,375	0,529	0,375	0,454	0,449
Çalışma Süresi	0,118	0,122	0,187	0,088	0,187	0,181	0,147
Garanti Süresi	0,078	0,040	0,062	0,058	0,062	0,045	0,058
Bellek	0,157	0,244	0,187	0,176	0,187	0,181	0,189
Ekran	0,078	0,040	0,062	0,058	0,062	0,045	0,058
Okuma Mesafesi	0,094	0,061	0,125	0,088	0,125	0,090	0,097

5.5.4. Tutarlılık oranının hesaplanması

Rassallık indeksi 1,24 (6 kriter için) alınarak tutarlılık oranı (CR) 0.018 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.10’dan küçük olduğundan, karar vericinin kriterlere ilişkin yargılarının tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

5.5.5. Alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırılması

Her bir kriterin tüm alternatifler için karşılaştırılması Çizelge 5.36.’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.36. Mobil okuyucu için alternatiflerin karşılaştırılması

	Fiyat (Dolar)	Çalışma Süresi (saat)	Garanti Süresi (Yıl)	Bellek (MB)	Ekran	Okuma Aralığı (metre)
RFID Mobil -1	1500	8	2	256	2,5	3
RFID Mobil -2	700	6	1	128	3,5	2,5
RFID Mobil -3	3000	20	3	512	5	10
Toplam	5200	34	6	896	11	15,5

Çizelge 5.37.’de her bir RFID mobil okuyucu için önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.37. Alternatif RFID mobil okuyucular için önem ağırlıkları

	Fiyat	Çalışma Süresi	Garanti Süresi	Bellek	Ekran	Okuma Aralığı
RFID Mobil -1	0,274	0,235	0,333	0,285	0,227	0,193
RFID Mobil -2	0,588	0,176	0,166	0,142	0,318	0,161
RFID Mobil -3	0,137	0,588	0,5	0,571	0,454	0,645

5.5.6. Sıralama ve seçim aşaması

Çizelge 5.38. Mobil okuyucu için AHP ağırlıklar matrisi

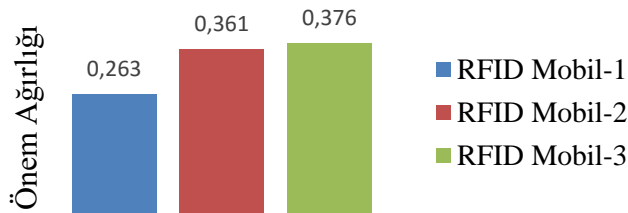
Kriter Ağırlıkları	0,469	0,157	0,068	0,230	0,048	0,026
	Fiyat	Çalışma Süresi	Garanti Süresi	Bellek	Ekran	Okuma Mesafesi
RFID Mobil-1	0,545	0,166	0,243	0,259	0,333	0,125
RFID Mobil -2	0,272	0,5	0,066	0,518	0,416	0,375
RFID Mobil -3	0,181	0,333	0,689	0,222	0,25	0,5

Elde edilen verilerle oluşturulan AHP ağırlıklar matrisi Çizelge 5.38.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.39. Mobil okuyucu için alternatiflerin ağırlıkları ve sıralaması

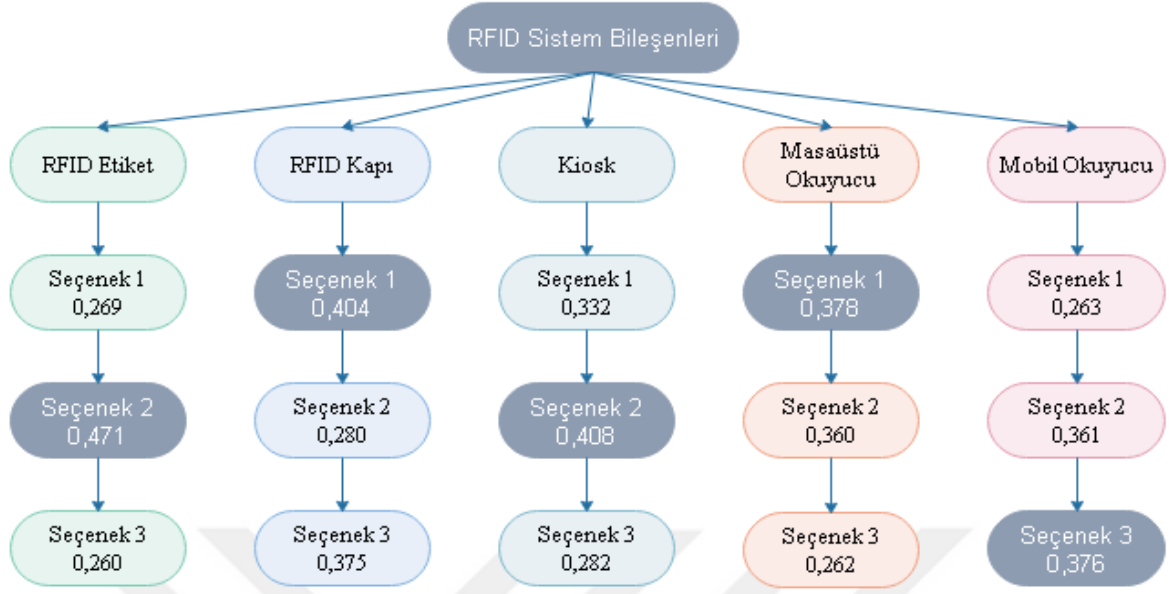
	Fiyat	Çalışma Süresi	Garanti Süresi	Bellek	Ekran	Okuma Mesafesi	Ağırlık	Sıralama
RFID Mobil -1	0,123	0,034	0,019	0,054	0,013	0,018	0,263	3
RFID Mobil -2	0,264	0,026	0,009	0,027	0,018	0,015	0,361	2
RFID Mobil -3	0,061	0,086	0,029	0,108	0,026	0,062	0,376	1

Çizelge 5.39.'da görüldüğü gibi "RFID Mobil-3" sıralamada önde yer almıştır. Şekil 5.11.'de gösterildiği gibi "RFID Mobil-3"ün tercih edilmesi RFID mobil okuyucu için uygun olacaktır.



Şekil 5.11. Nihai RFID mobil okuyucu sıralaması

5.6. Seçilen Sistem Bileşenleri



Şekil 5.12. RFID kütüphane sistemi için seçilen sistem bileşenleri

Kurulmak istenen RFID kütüphane sistemi için en uygun sistem bileşenleri Çizelge 5.40.'da gösterilmiştir. Buna göre RFID Etiket için Seçenek 2, RFID Kapı için Seçenek 1, Kiosk için Seçenek 2, Masaüstü okuyucu için Seçenek 1 ve Mobil Okuyucu için Seçenek 3'ün seçilmesi uygun olacaktır.

Kütüphane yöneticileri tespit edilen sistem bileşenlerini satın alması durumunda maliyet, iade alma, ödünç verme ve güvenlik gibi çok önemli sistem kriterleri açısından optimum fayda sağlayacak ve kütüphane sistemlerinin verimli işlemesine olanak sağlayacaklardır.

6. SONUÇ

Kablosuz iletişim teknolojileri arasında gerek erişilebilir gerekse maliyet avantajları ile gelişimini devam ettiren aynı zamanda hemen hemen her sektör kolunda uygulama imkânı bulunan bir teknoloji olan RFID teknolojisinin bilgi saklama, kontrol, erişim, kayıt alma ve takip işleminin gerçekleştirilmesinde artarak devam eden bir kullanımı söz konusudur. Bu bağlamda, RFID teknolojisi kütüphane kullanıcıları ve personeli için büyük değerler sağlarken, teknolojinin hangi şartlarda tesis ve temin edilmesi en önemli cevap bekleyen

durumu ifade etmektedir. Günümüz şartlarında da kütüphane hizmetlerinde bilgisayarların, dijital sistemlerin ve internetin kullanılmasıyla birlikte önemli değişimler hızla uygulanmak zorunlu ortaya çıkmasına müteakiben hazırlanan bu çalışma ile bu değişim için bir kaynak oluşturulmuştur.

Bu tez çalışmasında RFID kütüphane kurulumu için en uygun RFID sistem bileşenleri, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak karar vericiye sunulmuştur. Yapılan literatür araştırmaları ile birlikte kütüphane yöneticilerinde görüşleri alınarak kütüphane sistemi için gerekli olan etiket, güvenlik kapısı, kiosk, mobil okuyucu ve masaüstü okuyucu bileşenlerin seçimi için gerekli kriterler belirlenmiştir. Oluşturulan hiyerarşik yapıya AHP yöntemi uygulanmış olup önem ağırlığı ilk sırada olan alternatiflerin sistem için en doğru ve yararlı oldukları neticesine ulaşılmıştır.

Tüm yapının işleyiş olarak tesisi adına başlangıç için belirlenen seçim kriterleri ve alternatiflere göre hiyerarşik ve ağ yapıları oluşturulmuştur. Bu işlemin devamında AHP yöntemi kullanılarak alternatifler çalışma içinde açıklanmıştır. Çalışma sonunda her iki yöntemden elde edilen alternatif önem ağırlıklarına göre en uygun RFID etiketi tespit edilmiştir. Böylelikle, kütüphane yöneticileri tespit edilen sistem bileşenlerini satın alması durumunda maliyet, iade alma, ödünç verme ve güvenlik gibi çok önemli sistem kriterleri açısından optimum fayda sağlayacak ve kütüphane sistemlerinin verimli işlemesine olanak sağlayacaklardır.

Bu çalışma, RFID teknolojisi kullanılarak kütüphane ve benzeri kaynak depoları ile ilgili yapılacak uygulamalar için kaynak niteliğindedir. Bundan sonraki çalışmalarda ve ülkemizdeki benzer olanağa sahip yerlerde çalışmada açıklanan sistemi modeline uygun olarak entegrasyon yapıp geliştirilecek uygulamalar yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: From character to personality. (Nisan, 2013). *RFID nedir? RFID nerelerde ve nasıl kullanılır?* URL: <http://www.sembolbarkod.net/RFID-nedir/> Son Erişim Tarihi: 12.12.2018
2. Maraşlı, F. ve Çıbuk M. (2015). Araçlar için RFID tabanlı yeni bir yakıt kontrol sistemi. *Sürdürülebilir Ulaşım için Yol ve Trafik Güvenliği Ulusal Kongresi*. Ankara.

3. Nath, B., Reynolds, F., and Want, R. (2006). RFID Technology And Applications. *Ieee Pervasive Computing*. 5(1), 22-24.
4. Want R, 2006. An Introduction to RFID Technology. IEEE Pervasive Computing. Intel Research. Santa Clara
5. Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook*. (Third Edition). United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 5-8.
6. Bazaatı., S. (2012). *İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID)*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
7. Landth, J. (2005). The History Of RFID. *IEEE Potentials* 24(4), 8 – 11.
8. İnternet : Roberti, M., (Ocak, 2005). *The History Of RFID Technology*. RFID Journal, URL: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?1338> Son Erişim Tarihi: 07.01.2019
9. Jones, E.C. and Chung, C.A. (2007). *RFID İn Logistics*. Newyork: CRC Press, 26-29
10. Üstündağ, A. (2009). *Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri*. itüdergisi/d, 8 (4).
11. Yüksel, M.E. ve Zaim, A.H. (2009). *RFID'nin Kablosuz İletişim Teknolojileri İle Etkileşimi*. Akademik Bilişim.
12. Roberts, C.M., (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computers & Security* 25(1), 18-26.
13. Jones, A.K., (2006). Passive Active Radio Frequency Identification Tags. *International Journal Of Radio Frequency Identification Technology and Applications*. 1(1), 52-73.
14. Sarma, S., Brock D. And Engels D. (2001). Radio Frequency Identification And The *Electronic Product Code*. *Ieee Micro*, 21(6), 50-54.
15. İnternet: From character to personality. (Kasım, 2014). *The Basics Of An RFID System*. URL: <http://rfid.atlasrfidstore.com/hs-fs/hub/300870/file-252314647-pdf/Content/basics-of-an-rfid-system-atlasrfidstore.pdf> Son Erişim Tarihi: 01.12. 2018
16. İnternet: Repanovici, A. and Cristea, L. (April, 2011). *RFID-Application İn Info-Documentary Systems*. URL: <https://www.intechopen.com/books/designing-and-deploying-rfid-applications/rfid-application-in-info-documentary-systems> Son Erişim Tarihi: 17.06.2017
17. İnternet: Fenlon., W. and BONSOR K. (2007). *How RFID Works*. URL: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid.htm> Son Erişim Tarihi: 02.07.2017
18. İnternet: Smiley S. (2016). *Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference*. URL : <https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid> Son Erişim Tarihi: 11.03.2018

19. İnternet: Sisodiva, S. (2015). *Passive RFID Tags*. URL: <https://www.engineersgarage.com/articles/passive-rfid-tags> Son Erişim Tarihi : 23.07.2018
20. İnternet: From character to personality. (Mart, 2012). *Passive RFID Tag*. URL : <http://www.technovelgy.com/Ct/Technology-Article.Asp?Artnum=47> Son Erişim Tarihi: 14.06.2018
21. İnternet: From character to personality. (Kasım, 2016). *RFID Nedir?* URL : <http://aktif.biltera.com.tr/rfid-nedir> Son Erişim Tarihi: 12.05.2018
22. İnternet: Sisodiva, S. (Mayıs, 2016). *Active RFID Tags*. URL: <https://www.engineersgarage.com/articles/active-rfid-tags> Son Erişim Tarihi: 12.12. 2018
23. İnternet: From character to personality. (Mayıs, 2012). *Active Tag*. URL : <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=21> Son Erişim Tarihi: 05.10.2017
24. Weis, S.,A (2007). *Radio Frequency Identification. Principles and Applications System*. 2(3), 1-23.
25. İnternet: From character to personality. (Mart, 2011). *RFID Tags, Tagging, & Smart Labels*. URL : <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/rfid-radio-frequency-identification/tags-tagging-smart-labels.php> Son Erişim Tarihi: 04.03.2017
26. İnternet: Roberti., M. (Mayıs, 2017). *What Can Read-Only RFID Tags Be Used For*. URL: <https://www.rfidjournal.com/Blogs/Experts/Entry?11873> Son Erişim Tarihi: 18.03.2017
27. Zhu., L. (2011). A critical survey and analysis of RFID anti-collision mechanisms. *IEEE Communications Magazine*. 49 (5). Hong Kong
28. İnternet: From character to personality. (Kasım, 2013). *What's the difference between read-only and read-write RFID tags*. URL : <https://www.rfidjournal.com/faq/show?67> Son Erişim Tarihi: 14.06.2017
29. İnternet: From character to personality. (Ekim, 2016). *Which Frequency Is The Right Choice* URL: <https://www.advancedmobilegroup.com/Blog/-RFID-WhichFrequency%C4%B0sTheRightChoice> Son Erişim Tarihi: 12.12.2018
30. Jin, B. and Jin H. (2011). Security Analysis of RFID based on Multiple Readers. *Procedia Engineering*. 15(1), 2599-2604.
31. González., G., Z. (2013). *Radio Frequency Identification (RFID) Tags and Reader Antennas Based on Conjugate Matching and Metamaterial Concepts*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Universitat Autònoma de Barcelona, Barselona.
32. İnternet: From character to personality. (Haziran, 2017). *How To Select A Correct Tag* URL: <https://rfid4u.com/RFID-Basics-Resources/How-To-Select-A-Correct-Tag-Frequency/> Son Erişim Tarihi: 21.05.2019

33. İnternet: From character to personality. (Mart, 2017). *Understanding RFID and RFID Operating Ranges*. URL: <https://blog.acdist.com/understanding-rfid-and-rfid-operating-ranges> Son Erişim Tarihi: 01.04.2019
34. İnternet: From character to personality. (Mayıs, 2013). *Tag Components and Construction*. URL: <https://rfid4u.com/RFID-Basics-Resources/Dig-Deep-RFID-Tags-Construction/> Son Erişim Tarihi: 30.04.2019
35. İnternet: Sharma., A. (2017). *Insight - How RFID Tag Works*. URL : <https://www.engineersgarage.com/insight/how-rfid-tag-works> Son Erişim Tarihi: 07.03.2018
36. Preradovic, S., Karmakar, N. and Balbin İ. (Aralık, 2008). RFID transponders. *IEEE Microwave Magazine*. 9(5), 90 – 103
37. Vendelin, G., Rohde, U. and Pavio, A. (Haziran, 1997). *Microwave Circuit Design Using Linear And Nonlinear Techniques*. Microelectronics Reliability .
38. Koçer, F. (Mart, 2005). A long-range RFID IC with on-chip ADC in 0.25 /spl mu/m CMOS. *Ieee Radio Frequency Integrated Circuits (Rfic) Symposium*. California, Usa.
39. Karmakar, N., Preradovic, S., Jenvey, S. and Trung, D. (Eylül, 2006). Development Of Low-Cost Active RFID Tag At 2.4ghz. *2006 European Microwave Conference*. Manchester, UK
40. İnternet : Preradovic, S., and Karmakar, C. (Eylül , 2007). *Modern RFID Readers*. URL : <https://www.microwavejournal.com/articles/5271-modern-rfid-readers> Son Erişim Tarihi: 03.06.2019
41. Salonen, P., Sydanheimo, L., Kivikoski, M. and Keskilammi, M. (Şubat, 2000). An intelligent 2.45 GHz beam-scanning array for modern RFID reader. *Proceedings 2000 IEEE International Conference on Phased Array Systems and Technology*. CA, USA.
42. Padhi, S., Aditya, S., Yasası, C. and Karmakar, N. (Temmuz, 2001). A dual polarized aperture coupled microstrip patch antenna with high isolation for RFID applications. *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. 2001 Digest. Held in conjunction with: USNC/URSI National Radio Science Meeting*. Boston, USA.
43. İnternet: From character to personality. (Mart, 2001). *Dallas Semiconductor MAXIM, Uygulama notu 83: RS-232 Seri Haberleşmenin Temelleri*. URL : [Www.Maxim-Dallas.Com](http://www.Maxim-Dallas.Com) Son Erişim Tarihi: 03.04.2018
44. İnternet: From character to personality. (Aralık, 2011). *RFID Readers*. Asp URL : [Http://Www.Smartcodecorp.Com/Products/](http://Www.Smartcodecorp.Com/Products/) Son Erişim Tarihi: 12.12.2018
45. Karmakar., N.,C. (Ağustos, 2010). *Handbook of Smart Antennas for RFID Systems* (Second edition). Melbourne: John Wiley & Sons, 55-57

46. Tapasvee, M., Khantil, S., Parashar. H. and Patil, A. (Mart, 2014). *Radio Frequency Identification Based Wireless*. International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication.
47. İnternet: From character to personality. (Mayıs, 2010). *Motorola MC9090-G Endüstriyel El Terminali*. URL : <http://www.nexuser.com/urundetay.asp?icid=94> Son Erişim Tarihi: 12.04.2018
48. Naware, V., Mergen, G. and Tong, L. (Temmuz, 2005). *Stability and delay of finite-user slotted ALOHA with multipacket reception*. IEEE Transactions on Information Theory. (Vols. 51-7)
49. İnternet: İnternet: From character to personality. (Kasım, 2015) . *Choosing An RFID Antenna*. URL: <https://www.atlasrfidstore.com/9-Tactics-For-Choosing-An-RFID-Antenna/> Son Erişim Tarihi: 06.07.2018
50. İnternet: Kalnoskas, A., (Mayıs, 2017). *How Do RFID Tags And Reader Antennas Work*. URL: <https://www.analogictips.com/RFID-Tag-And-Reader-Antennas/> Son Erişim Tarihi: 22.07.2018
51. İnternet: From character to personality. (Haziran, 2016). *How To Select An RFID Antenna*. URL: <https://rfid4ustore.com/blog/how-to-select-an-rfid-antenna/> Son Erişim Tarihi: 04.04.2019
52. İnternet: From character to personality. (Mayıs, 2014). *What are RFID standards*. URL: <https://www.impinj.com/about-rfid/rfid-standards/> Son Erişim Tarihi: 13.08.2018
53. İnternet: From character to personality. (Kasım 2013). *RFID Standards*. URL: <https://www.corefid.com/rfid-technology/technology-issues/rfid-standards/> Son Erişim Tarihi: 21.03.2017
54. İnternet: Violino. B. (Ocak, 2005). *A Summary of RFID Standards*. URL: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?1335> Son Erişim Tarihi: 17.04.2018
55. İnternet: From character to personality. (Mayıs 2015). *Regulatory Constraints On The Use Of RFID*. URL: <http://www.rfidineurope.eu/SR> Son Erişim Tarihi: 12.05.2019
56. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği. (Aralık, 2012). *Gs1 Sistemi*. TOBB Yayın
57. İnternet: From character to personality. (Mayıs, 2012). *GSI EPCglobal*. URL: http://gs1.tobb.org.tr/menu_goster.php?Id=11&MenuId=7 Son Erişim Tarihi : 04.07.2018
58. İnternet: From character to personality (Eylül, 2013). *How Much Time Is Required to Read an RFID Tag*. URL: <https://www.rfidjournal.com/Blogs/Experts/Entry?10736> Son Erişim Tarihi: 10.10.2017
59. Weis, S., Sarma, S., Rivest, R. and Engels D. (Nisan, 2003). Security and Privacy Aspects of Low-Cost Radio Frequency Identification Systems. *Lecture Notes in Computer Science*, 28(02).

60. Sorrells, P. (1998). *Passive RFID Basics*. Microchip Technology Inc
61. İnternet: From character to personality (Kasım, 2016). *RFID Tag Collision* URL : <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=57> Son Erişim Tarihi: 04.05.2017
62. İnternet: From character to personality (Mayıs, 2015). *RFID Reader Collision*. URL: <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=58> Son Erişim Tarihi: 09.05.2017
63. İnternet: From character to personality (Temmuz, 2015). *Anti-collision*. URL: <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=24> Son Erişim Tarihi: 19.11.2017
64. İnternet: From character to personality (Mart, 2017). *Difference Between RFID and NFC*. URL: <http://www.differencebetween.net/Technology/Difference-Between-RFID-And-Nfc/> Son Erişim Tarihi: 22.04.2018
65. İnternet: From character to personality (Nisan, 2017). *Difference Between RFID and Barcode*. URL: <http://www.differencebetween.net/Technology/Difference-Between-RFID-And-Barcode/> Son Erişim Tarihi: 23.04.2018
66. İnternet: From character to personality (Mayıs, 2012). *Rfid Vs Barcodes: Advantages and disadvantages comparison*. URL: https://www.aalhysterforklifts.com.au/index.php/about/blogpost/rfid_vs_barcodes_advantages_and_disadvantages_comparison Son Erişim Tarihi: 12.10.2018
67. İnternet: From character to personality (2014). *What's the Difference Between Barcode and RFID*. URL: <http://www.redbeam.com/RFID-Vs-Barcode> Son Erişim Tarihi: 04.05.2018
68. İnternet: Trepagnier K. (2016). *What's The Difference Between RFID And Barcode Technologies*. URL: <https://www.peak-ryzex.com/Articles/RFID-Vs-Barcode-Comparison-Advantages-Disadvantages> Son Erişim Tarihi: 04.03.2018
69. Preradovic, S. and Karmakar N. C. (Mart, 2014). *Multiresonator-Based Chipless RFID - Barcode of the Future*
70. White, G., Gardiner, G., Razak, A. and Prabhakar, G. (Ocak, 2007). A Comparison of Barcoding and RFID Technologies in Practice. *ournal of Information, Information Technology, and Organizations*. 2(1), 119-132.
71. Pandey, P. K. (Kasım, 2010). Application of RFID Technology in Libraries and Role of Librarian. *2th Malibnet Convention*, Jaipur.
72. Hussain A. (Ocak, 2007). RFID in Libraries. *ASLIC Bülteni*. 52(1), 49-56
73. Sivankalaithevar, S. and Chellappandi, P. (Ekim, 2013). Implementation Of Rfid Technology In Library. *Shanlax International Journals*. 1(2), 1-5

74. Rafiq, M. (2015). *Radio Frequency Identification (RFID): Its Usage and Libraries*. National Textile University, Faisalabad, Pakistan.
75. İnternet: Igor, T. (2018). *RFID in Libraries: Automatic Identification and Data Collection Technology for Library Documents*. URL: <https://www.intechopen.com/online-first/rfid-in-libraries-automatic-identification-and-data-collection-technology-for-library-documents> Son Erişim Tarihi: 04.06.2019
76. Alharthi H., Sultana, N. Al-amoudi, A. and Basudan, A. (Ocak, 2015). *An Analytic Hierarchy Process–based Method to Rank the Critical Success Factors of Implementing a Pharmacy Barcode System*. *Perspect Health Inf Manag*.12(1): 2-7.
77. Karthikeyan, R., Venkatesan, K. and Chandrasekar, A. (Kasım, 2016). *A Comparison of Strengths and Weaknesses for Analytical Hierarchy Process*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 9(3), 12-14
78. İnternet: From character to personality (2016). *Multiple–Criteria Decision Making*. URL: <https://www.encyclopedia.com/management/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/multiple-criteria-decision-making> Son Erişim Tarihi: 12.07.2019
79. Vargas, R. V. (Ekim, 2010). Using the analytic hierarchy process (ahp) to select and prioritize projects in a portfolio. *PMI® Global Congress*. Washington. USA.
80. McCarthy, B. (Eylül 2002). An Application of the Analytical Hierarchy Process to International Location Decision-Making. *Proceedings of the 7th Annual Cambridge International Manufacturing Symposium*. Cambridge, England.
81. Drake, P. (1998). *Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education*. *International Journal of Engineering Education*. 14 (3): 191–196
82. Ching, L., Singh, M., Husin, M. and Malim., N. (Mart, 2017). Smart university: reservation system with contactless technology. *ICC '17 Proceedings of the Second International Conference on Internet of things, Data and Cloud Computing*. Cambridge, United Kingdom
83. Eleren, A. (2007). *Markaların Tüketici Tercih Kriterlerine Göre Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Değerlendirilmesi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama*. Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 14(2), 47-64
84. Yavuz, S. (Nisan, 2012). *Öğretmenlerin Otomobil Tercihlerinde Etkili Olan Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi*. *Tubitak*.2(32), 29-34.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ramazan YENİGÜN
 Uyuğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum tarihi ve yeri : 02.07.1982- Kocaeli
Medeni hali : Evli
e-posta : ramazanyenigun@hotmail.com

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Lisans	Marmara Üniversitesi	2017
Lise	Hereke Teknik Lisesi	1999
İş Deneyimi/Yıl	Çalıştığı Yer	Görevi
2007-2010	Atatürk Ortaokulu	Bilişim Teknolojileri Öğretmeni
2010-2013	Muammer Aksoy Ortaokulu	Bilişim Teknolojileri Öğretmeni
2013-...	Şehit Selçuk Gökdağ Ortaokulu	Bilişim Teknolojileri Öğretmeni

Yabancı Dili

İngilizce