

**OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİNİN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE
SEÇİMİ**

Sinem BULDUK



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİYLE SEÇİMİ**

Sinem BULDUK
0000-0002-1455-5301

Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Sinem BULDUK tarafından hazırlanan “OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE SEÇİMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nursel Öztürk

Başkan:	Prof. Dr. Nursel Öztürk 0000-0002-9835-0783 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye :	Doç. Dr. Aytaç Yıldız 0000-0002-0729-633X Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye :	Doç. Dr. Aslı Aksoy 0000-0002-2971-2701 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
../../2022

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

15/02/2022

Sinem BULDUK

TEZ YAYINLANMA
FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman Adı-Soyadı
Tarih
Prof. Dr. Nursel Öztürk
15/02/2022

Öğrencinin Adı-Soyadı
Tarih
Sinem Bulduk
15/02/2022

İmza
Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile
okudum anladım yazmalı ve
imzalanmalıdır.

İmza
Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile
okudum anladım yazmalı ve
imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOMATİK TANIMLAMA SİSTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE SEÇİMİ

Sinem BULDUK

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK

İşletmeler faaliyet gösterdikleri sektör içerisindeki sürekliliğini sağlamak ve rekabet ortamında büyümek için mevcut kaynakları hakkında doğru bilgiler edinerek adımlarını sağlam atmak istemektedir. Bilgilerin edinilmesinde yaşanan zorluklar nedeniyle otomatik tanımlama sistemlerinden yararlanılmaktadır. Mevcut kaynakların saptanmasında en çok zorluk yaşanan sektörlerden biri lojistik sektörüdür. Bu nedenle lojistik sektöründe kullanımı en uygun olan otomatik tanımlama sistemlerinin seçimi istenmektedir. Karar vericiler tarafından tercih edilen sistem radyo frekanslı tanımlama sistemidir. Radyo frekanslı tanımlama sistemleri birbirinden ayrı üç parçası bulunan otomatik tanımlama sistemleri içerisinde yer alan sistemlerdir. Sistemin kendi içerisindeki anten, etiket ve okuyucu parçalarının kullanım prensibine göre seçimi tezin ana konusunu oluşturmaktadır. Karar vericilerinin alternatifler arasından seçim aşamasında yaşadığı problemler çok kriterli karar verme yöntemleri ile aşılmaktadır. Problemlerin çözümünde beş farklı karar verici ile yapılan değerlendirmeler ve literatür araştırmaları ile belirlenen kriterlerin ağırlıkları için en iyi-en kötü yöntemi kullanılmıştır. Bulunan ağırlıklar, PROMETHEE ve MOORA yöntemlerinde kullanılarak iki yöntem için de sonuçlar elde edilmiştir. Her iki yöntemde de alternatiflerin seçimi için sıralamalar oluşmaktadır. Karar vericilerin elde ettikleri sıralamaları her iki yöntemde de benzerlik göstermekte ve alternatifler arasından seçim yapmalarını sağlamaktadır. Her karar verici için bu alternatifler arasından kendi ihtiyaçlarına en uygun olanı bulunmaktadır. Tez çalışmasında radyo frekanslı tanımlama sistemini oluşturan bileşenlerin her biri için çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması ile literatüre katkı sağlanmaktadır. Aynı zamanda aynı sektör içerisinde bulunan ancak farklı ihtiyaçları bulunan işletmelerin radyo frekanslı tanımlama sistemini tercih etmeleri bakımından genel bir görüş sunarak ileriki çalışmalara zemin hazırlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, En iyi-En Kötü Yöntemi, Lojistik, MOORA, PROMETHEE, RFID

2022, xix + 121 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

SELECTION OF AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEMS WITH MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Sinem BULDUK

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nursel ÖZTÜRK

Businesses want to take firm steps by obtaining accurate information about their current resources in order to ensure their continuity in the sector in which they operate and to grow in a competitive environment. Automatic identification systems are used because of the difficulties in acquiring information. One of the sectors that have the most difficulty in determining the available resources is the logistics sector. For this reason, the selection of automatic identification systems that are most suitable for use in the logistics sector is desired. The system preferred by the decision makers is the radio frequency identification system. Radio frequency identification systems are systems that are included in automatic identification systems with three separate parts. The main subject of the thesis is the selection of the antenna, tag and reader parts of the system according to the principle of use. The problems experienced by the decision makers during the selection process among the alternatives are overcome by multi-criteria decision making methods. In the solution of the problems, the best-worst method was used for the weights of the criteria determined by the evaluations made with five different decision makers and the literature research. The weights found were used in the PROMETHEE and MOORA methods, and results were obtained in both methods. In both methods, rankings are formed for the selection of alternatives. The rankings obtained by the decision makers are similar in both methods and enable them to choose among the alternatives. For each decision maker, among these alternatives, there is the most suitable one for their needs. In his thesis, he contributes to the literature by applying multi-criteria decision making methods for each of the components that make up the radio frequency identification system. At the same time, it lays the groundwork for future studies by presenting a general view in terms of companies in the same sector but with different needs preferring the radio frequency identification system.

Key words: RFID, Multi-Criteria Decision Making, PROMETHEE, MOORA, Best-Worst Method, Logistics

2022, xix + 121 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Prof. Dr. Nursel Öztürk’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, yüksek lisans hayatım boyunca eğitimimi destekleyen annem Nesibe Bulduk ve babam Şakir Bulduk’a sonsuz teşekkürler ederim.

Sinem BULDUK

15/02/2022

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama Sistemleri	3
2.1.1. Optik karakter tanımlama sistemi.....	4
2.1.2. Biyometrik sistem.....	4
2.1.3. Çipli kartlar.....	5
2.1.4. Barkod sistemleri	5
2.1.5. RFID sistemleri.....	6
2.2. RFID Sistemi	8
2.2.1. RFID etiket	9
2.2.2. RFID anten.....	10
2.2.3. Okuyucu/yazıcı/programlayıcı	11
2.2.4. RFID denetleyici.....	12
2.2.5. Ara katman yazılımı	12
2.3. Çok Kriterli Karar Verme	13
2.3.1. Çok kriterli karar vermenin problemlerde kullanılması	17
2.3.2. Çok kriterli karar verme çeşitleri.....	18
2.4. RFID Sistemi Seçiminde Kullanılan ÇKKV Yöntemlerinin Kaynak Araştırması ..	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	35
3.1. En İyi – En Kötü Yöntemi	35
3.2. MOORA Yöntemi.....	38
3.2.1. MOORA-Oran yöntemi	40
3.2.2. MOORA-Referans noktası yaklaşımı.....	41
3.2.3. MOORA-Önem katsayısı yaklaşımı.....	42
3.2.4. MOORA-Tam çarpım yaklaşımı	42
3.2.5. MULTIMOORA yaklaşımı	43
3.3. PROMETHEE Yöntemi.....	43
3.4. PROMETHEE - GAIA Düzlemi.....	50
4. BULGULAR	52
4.1. Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi	52
4.2. En iyi-En kötü Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	57
4.2.1. RFID okuyucu için kriter ağırlıklarının belirlenmesi	57
4.2.2. RFID etiket için kriter ağırlıklarının belirlenmesi	60
4.2.3. RFID anten için kriter ağırlıklarının belirlenmesi	61
4.3. MOORA Yöntemiyle RFID Bileşenlerinin Seçimi	62
4.3.1. RFID okuyucu seçimi	62
4.3.2. RFID etiket seçimi.....	70
4.3.3. RFID anten seçimi	72

4.4. PROMETHEE Yöntemiyle RFID Bileşenlerinin Seçimi	73
4.4.1. RFID okuyucu seçimi	73
4.4.2. RFID etiket seçimi	81
4.4.3. RFID anten seçimi	83
4.5. RFID Bileşenlerinin Karar vericiler için Seçimi.....	85
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	87
KAYNAKLAR	90
EKLER.....	95
EK 1. BWM Yöntemi ile RFID Etiketin Kriter Ağırlıklarının ve RFID Antenin Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Veriler	95
EK 2. MOORA Yöntemiyle RFID Etiket ve RFID Anten Seçiminde Kullanılan Veriler ve Sonuçları	96
EK 3. PROMETHEE Yöntemiyle RFID Etiket ve RFID Anten Seçiminde Kullanılan Veriler ve Sonuçları	98
EK 4. RFID Bileşenlerinin Karar vericiler için Seçimi	98
ÖZGEÇMİŞ	119

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

A_i	Alternatif
B	En İyi Değer
C_j	Kriter
D	Karar Matrisi
d	Uzaklık
f	Fonksiyon
n	Adet
P	Tercih Fonksiyonları
p	Kesin Tercih Eşiği
q	Farksızlık Değeri
r	Referans Noktası
s	Standart Sapma
w_j	Ağırlık
W	En Kötü Değer
X_{ij}	Kriterlere Göre Alternatiflerin Değeri
π	Tercih İndeksi
ϕ^+	Pozitif Üstünlük Değeri
ϕ^-	Negatif Üstünlük Değeri
ξ	Tutarlık Endeksi

Kısaltmalar

Açıklama

A	Alternatif
AIDC	Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama (Automatic Identification and Data Capture)
AAS	Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process- ANP)
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process)
AHP-GRA	Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Gri İlişkisel Analiz Yöntemi
Auto-ID	Otomatik Tanımlama (Automatic Identification)
BWM	En İyi-En Kötü Yöntemi (Best-Worst Method)
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DANP	DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci (The DEMATEL-Based Analytic Network Process)
DDNAPV	DEMATEL ANP ve VIKOR Yöntemlerini Birleştiren Yöntem
DEMATEL	Karar Vermede Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)
ELECTRE	Eleme ve Seçim Yöntemi (Élimination et Choix Traduisant la REalité)
FAD	Bulanık Aksiyomatik Tasarım (Fuzzy Axiomatic Design)
FAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)

Kısaltmalar Açıklama (Devam)

FDC	Fabrika Bilgi Toplama Sistemi (Factory Data Collection System)
GAIA	Etkileşimli Yardım için Geometrik Analiz (Geometrical Analysis for Interactive Aid)
GDM	Grup Karar Verme (Group Decision Making)
GHz	Saniyede Milyar Devir “Gigahertz”
GP	Hedef Programlama (Goal Programming)
GRA	Gri İlişkisel Analiz Yöntemi (Grey Relational Analysis)
HF	Yüksek Frekans (High Frequency)
ID	Kimlik (Identification)
InlinPreRa	Eksik Dil Tercihleri İlişkileri (Incomplete Linguistic Preference Relations)
Interval Type-2	
Fuzzy TOPSIS	Aralık Tip 2 Bulanık TOPSIS Yöntemi
IoT	Nesnelerin interneti (Internet of Things)
IR-RF	Yarı Aktif Radyo Frekanslı Sistem
K	Kriter
KHz	Saniyede Bin Devir “Kilohertz”
KV	Karar Verici
LF	Alçak Frekans (Low Frequency)
MACBETH	Kategorik Tabanlı Bir Değerlendirme Yöntemi (Measuring Attractiveness Through a Categorical-Based Evaluation Technique)
MAUT/UTA	Çok Kriterli Fayda Teorisi (Multi Attribute Utility Theory)
MB	Depolama Ölçü Birimi “Megabayt”
MCDM	Çok Kriterli Karar Verme (Multiple-Criteria Decision-Making)
MHz	Saniyede Milyon Devir “Megahertz”
MOLP	Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (Multi-Objective Linear Programming)
MOORA	Oran Analiziyle Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis)
N-DEMATEL	Nötrosifik DEMATEL
OCR	Optik Karakter Tanımlama (Optical Character Recognition)
PCA	Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis)
RFID	Radyo Frekanslı Tanımlama Sistemi (Radio Frequency Identification)
PROMETHEE	Tercih Fonksiyonlarına Dayalı Karar Verme Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)
RTLS	Gerçek Zamanlı Tanımlama Sistemi (Real Time Location System)
SHF	Süper Yüksek Frekans (Super High Frequency)
SRCC	Sperman Sıra Korelasyon Katsayısı (Spearman Rho Correlation Coefficient)
TOPSIS	Alternatifler Arasından Belirli Kriterlere Göre Seçim Yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
UHF	Ultra Yüksek Frekans (Ultra High Frequency)
VIKOR	Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi (VIse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje)
VSMR	Duran Dalga Voltaj Oranı (Voltage Standing Wave Ratio)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri	3
Şekil 2.2. Barkodla kodlama işlemi	6
Şekil 2.3. RFID teknolojisi çalışma prensibi	7
Şekil 2.4. RFID etiket ve anten arasındaki bilgi ve enerji transferi	11
Şekil 2.5. Temel RFID çok yönlü anten yayılımı	11
Şekil 2.6. RFID denetleyici	12
Şekil 2.7. Karar problemlerinin sınıflandırılması	18
Şekil 2.8. ÇKKV Problemlerinin çözüm aşamaları	21
Şekil 3.1. En iyi-En Kötü yöntemi ikili karşılaştırmalar	35
Şekil 3.2. MOORA yöntemi diyagramı	40
Şekil 3.3. Alternatiflerin ve kriterlerin GAIA düzlemi üzerine iz düşümleri	51
Şekil 4.1. RFID okuyucu seçimi için kısmi sıralama gösterimi	77
Şekil 4.2. PROMETHEE yöntemi ile karar verici-1 için okuyucu seçiminin Visual PROMETHEE programında gösterimi	79
Şekil 4.3. PROMETHEE yöntemi ile RFID okuyucu seçimde tam sıralama sonuçları ..	80
Şekil 4.4. PROMETHEE yöntemi ile RFID okuyucu seçimde tam sıralamaların gösterimi	81
Ek Şekil 3.1. RFID etiket seçimi için kısmi sıralama gösterimi	109
Ek Şekil 3.2. PROMETHEE yöntemi ile karar verici-1 için etiket seçiminin Visual PROMETHEE programında gösterimi	111
Ek Şekil 3.3. PROMETHEE yöntemi ile RFID etiket seçimde tam sıralama sonuçları	112
Ek Şekil 3.4. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten seçimde tam sıralamaların gösterimi	112
Ek Şekil 3.5. RFID anten seçimi için kısmi sıralama gösterimi	113
Ek Şekil 3.6. PROMETHEE yöntemi ile karar verici-1 için etiket seçiminin Visual PROMETHEE programında gösterimi	114
Ek Şekil 3.7. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten seçimde tam sıralama sonuçları	115
Ek Şekil 3.8. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten seçimde tam sıralamaların gösterimi	115

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. RFID etiket çalışma frekansları	9
Çizelge 2.2. ÇAKV ve ÇNKV arasındaki farklar	20
Çizelge 2.3. Literatürdeki RFID sistemi ile ilgili seçim çalışmalarında kullanılan yöntemler	29
Çizelge 2.4. Literatürdeki RFID sistemi ile ilgili seçimler.....	31
Çizelge 2.5. Literatürdeki RFID sisteminin seçiminin yapıldığı sektörler	33
Çizelge 3.1. Tutarlılık endeksi	38
Çizelge 3.2. PROMETHEE yöntemi veri matrisi	46
Çizelge 3.3. PROMETHEE yöntemi tercih fonksiyonları	47
Çizelge 4.1. RFID okuyucu seçim kriterleri	53
Çizelge 4.2. RFID etiket seçim kriterleri	54
Çizelge 4.3. RFID anten seçim kriterleri	56
Çizelge 4.4. Karar vericiler için RFID okuyucu seçiminde en iyi ve en kötü kriterler ..	58
Çizelge 4.5. RFID okuyucu seçim kriterlerinden en iyi kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırılması	58
Çizelge 4.6. RFID okuyucu seçim kriterlerinden en kötü kriterin diğer kriterler ile ikili karşılaştırılması	59
Çizelge 4.7. RFID okuyucu seçim kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık endeksi.....	60
Çizelge 4.8. RFID etiket seçim kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık endeksi.....	61
Çizelge 4.9. RFID anten seçim kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık endeksi.....	62
Çizelge 4.10. RFID okuyucu karar matrisi	63
Çizelge 4.11. Normalleştirme sonucu RFID okuyucu karar matrisi	63
Çizelge 4.12. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID okuyucu karar matrisi	64
Çizelge 4.13. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	66
Çizelge 4.14. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID okuyucu karar matrisi	64
Çizelge 4.15. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	66
Çizelge 4.16. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID okuyucu karar matrisi	64
Çizelge 4.17. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	65
Çizelge 4.18. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID okuyucu karar matrisi	65
Çizelge 4.19. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	65
Çizelge 4.20. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID okuyucu karar matrisi	65

Çizelge 4.21. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	66
Çizelge 4.22. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID okuyucu karar matrisi.....	66
Çizelge 4.23. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	67
Çizelge 4.24. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID okuyucu karar matrisi.....	67
Çizelge 4.25. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	67
Çizelge 4.26. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID okuyucu karar matrisi.....	67
Çizelge 4.27. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	68
Çizelge 4.28. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID okuyucu karar matrisi.....	68
Çizelge 4.29. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	68
Çizelge 4.30. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID okuyucu karar matrisi.....	68
Çizelge 4.31. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması.....	69
Çizelge 4.32. MOORA-Tam Çarpım yaklaşımı ile RFID okuyucu seçiminde alternatiflerin sıralaması	69
Çizelge 4.33. MOORA yaklaşımları ile RFID okuyucu seçim sonuçlarının karşılaştırılması	70
Çizelge 4.34. MULTIMOORA ile RFID okuyucu seçim sonuçları	70
Çizelge 4.35. RFID etiket karar matrisi	71
Çizelge 4.36. Normalleştirme sonucu RFID etiket karar matrisi.....	71
Çizelge 4.37. Etiket seçim sonuçları	71
Çizelge 4.38. MULTIMOORA ile RFID etiket seçim sonuçları	71
Çizelge 4.39. RFID anten karar matrisi	72
Çizelge 4.40. Normalleştirme sonucu anten karar matrisi	72
Çizelge 4.41. Anten seçim sonuçları.....	72
Çizelge 4.42. MULTIMOORA ile RFID anten seçim sonuçları	73
Çizelge 4.43. PROMETHEE yöntemi için RFID okuyucu veri matrisi	73
Çizelge 4.44. RFID okuyucu kriterlerinin tercih fonksiyonları	73
Çizelge 4.45. RFID okuyucu kriterleri için p ve q değerleri.....	74
Çizelge 4.46. RFID okuyucu kriterleri amaçları	74
Çizelge 4.47. RFID okuyucu için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi	74
Çizelge 4.48. RFID okuyucunun karar verici-1 için kriter ağırlıklı ikili karşılaştırma matrisi	75
Çizelge 4.49. Karar verici-1 için alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlük değerleri	76
Çizelge 4.50. PROMETHEE yöntemiyle karar vericilerin RFID okuyucu seçiminde tam sıralama sonuçları	81
Çizelge 4.51. PROMETHEE yöntemi için RFID etiket veri matrisi	82

Çizelge 4.52. RFID etiket kriterlerinin tercih fonksiyonları	82
Çizelge 4.53. RFID etiket kriterlerinin p, q değerleri ve amaçları.....	83
Çizelge 4.54. PROMETHEE yöntemiyle karar vericilerin etiket seçiminde tam sıralama sonuçları.....	83
Çizelge 4.55. PROMETHEE yöntemi için RFID anten veri matrisi	83
Çizelge 4.56. RFID anten kriterlerinin tercih fonksiyonları	84
Çizelge 4.57. RFID anten kriterlerinin p, q değerleri ve amaçları.....	84
Çizelge 4.58. PROMETHEE yöntemiyle karar vericilerin anten seçiminde tam sıralama sonuçları.....	84
Çizelge 4.59. Karar Verici-1 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.60. Karar Verici-2 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.61. Karar Verici-3 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.62. Karar Verici-4 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.63. Karar Verici-5 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması.....	84
Ek Çizelge 1.1. Karar vericiler için RFID etiket seçiminde en iyi ve en kötü kriterler	91
Ek Çizelge 1.2. RFID etiket seçim kriterlerinden en iyi kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırılması	91
Ek Çizelge 1.3. RFID etiket seçim kriterlerinden en kötü kriterin diğer kriterler ile ikili karşılaştırılması	91
Ek Çizelge 1.4. Karar vericiler için RFID anten seçiminde en iyi ve en kötü kriterler .	92
Ek Çizelge 1.5. RFID anten seçim kriterlerinden en iyi kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırılması	97
Ek Çizelge 1.6. RFID etiket seçim kriterlerinden en kötü kriterin diğer kriterler ile ikili karşılaştırılması	97
Ek Çizelge 2.1. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID etiket karar matrisi.....	98
Ek Çizelge 2.2. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması.....	98
Ek Çizelge 2.3. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID etiket karar matrisi.....	98
Ek Çizelge 2.4. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması.....	98
Ek Çizelge 2.5. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID etiket karar matrisi.....	99
Ek Çizelge 2.6. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması.....	99
Ek Çizelge 2.7. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID etiket karar matrisi.....	99
Ek Çizelge 2.8. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması.....	99

Ek Çizelge 2.9. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID etiket karar matrisi.....	99
Ek Çizelge 2.10. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması.....	100
Ek Çizelge 2.11. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID etiket karar matrisi	100
Ek Çizelge 2.12. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması	100
Ek Çizelge 2.13. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID etiket karar matrisi	100
Ek Çizelge 2.14. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması	101
Ek Çizelge 2.15. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID etiket karar matrisi	101
Ek Çizelge 2.16. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması	101
Ek Çizelge 2.17. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID etiket karar matrisi	101
Ek Çizelge 2.18. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması	102
Ek Çizelge 2.19. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID etiket karar matrisi	102
Ek Çizelge 2.20. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması	102
Ek Çizelge 2.21. MOORA Tam Çarpım yaklaşımı ile RFID etiket seçiminde alternatiflerin sıralaması	102
Ek Çizelge 2.22. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID anten karar matrisi.....	103
Ek Çizelge 2.23. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID anten alternatiflerin sıralaması.....	103
Ek Çizelge 2.24. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID anten karar matrisi.....	103
Ek Çizelge 2.25. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID anten alternatiflerin sıralaması.....	103
Ek Çizelge 2.26. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID anten karar matrisi.....	103
Ek Çizelge 2.27. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID anten alternatiflerin sıralaması.....	104
Ek Çizelge 2.28. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID anten karar matrisi.....	104
Ek Çizelge 2.29. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID anten alternatiflerin sıralaması.....	103
Ek Çizelge 2.30. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID anten karar matrisi.....	104
Ek Çizelge 2.31. MOORA Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID anten alternatiflerin sıralaması.....	105

Ek Çizelge 2.32. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID anten karar matrisi	105
Ek Çizelge 2.33. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID anten alternatiflerin sıralaması	105
Ek Çizelge 2.34. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID anten karar matrisi	105
Ek Çizelge 2.35. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID anten alternatiflerin sıralaması	106
Ek Çizelge 2.36. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID anten karar matrisi	106
Ek Çizelge 2.37. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID anten alternatiflerin sıralaması	106
Ek Çizelge 2.38. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID anten karar matrisi	106
Ek Çizelge 2.39. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID anten alternatiflerin sıralaması	107
Ek Çizelge 2.40. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID anten karar matrisi	107
Ek Çizelge 2.41. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID anten alternatiflerin sıralaması	107
Ek Çizelge 2.42. MOORA Tam Çarpım yaklaşımı ile RFID etiket seçiminde alternatiflerin sıralaması	107
Ek Çizelge 3.1. RFID etiket için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi	108
Ek Çizelge 3.2. RFID etiketin karar verici-1 için kriter ağırlıklı PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi	109
Ek Çizelge 3.3. RFID etiketin karar verici-1 için alternatiflerinin pozitif ve negatif üstünlük değerleri	109
Ek Çizelge 3.4. RFID anten için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi	112
Ek Çizelge 3.5. RFID antenin karar verici-1 için kriter ağırlıklı PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi	112
Ek Çizelge 3.6. RFID antenin karar verici-1 için alternatiflerinin pozitif ve negatif üstünlük değerleri	114
Ek Çizelge 3.7. PROMETHEE yöntemi ile RFID okuyucu için elde edilen sonuçlar.	117
Ek Çizelge 3.8. PROMETHEE yöntemi ile RFID etiket için elde edilen sonuçlar.....	117
Ek Çizelge 3.9. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten için elde edilen sonuçlar.....	117
Ek Çizelge 4.1. Karar Verici-1 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	118
Ek Çizelge 4.2. Karar Verici-2 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	118
Ek Çizelge 4.3. Karar Verici-3 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	118
Ek Çizelge 4.4. Karar Verici-4 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	118
Ek Çizelge 4.5. Karar Verici-5 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	119
Ek Çizelge 4.6. Karar Verici-1 için RFID anten seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	119

Ek Çizelge 4.7. Karar Verici-2 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	119
Ek Çizelge 4.8. Karar Verici-3 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	119
Ek Çizelge 4.9. Karar Verici-4 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	120
Ek Çizelge 4.10. Karar Verici-5 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması	120

1. GİRİŞ

İşletmelerin tedarik zincirlerinde bulunan ürünlerinin takibini sağlamak ve hakkında bilgi sahibi olmak, oluşabilecek herhangi bir işlem hatasını önceden belirlemek ve çözüm yollarının bulunması için verilerini düzenli olarak kaydetmesi gerekmektedir. Veri, kavramsal bir çerçeve ve yapı içerisinde bulunan bir tür bilgiyi ifade etmektedir. Bilgi ise verilerden elde edilen yorumları ya da işlemleri içermektedir. Kaydedilen her veri işletme organizasyonunun verimliliğini arttırmaktadır. Bu amaçla işletmeler, tüm faaliyetlerini sistemselsel olarak izleyebilecekleri, her an takip edebilecekleri teknolojileri işletmelerinde kullanmak istemektedir. Bu amaçla geliştirilen yeni bilgi işlem teknolojilerinden yararlanmaya başlamışlardır.

İşletmelerde ürünlerin üretim aşamaları dışında da veriler oluşmaktadır. Ürünün üretiminden başlayıp son tüketiciye ulaştırılmasındaki zaman diliminde oluşan faaliyetlerin her birinin kayıt altına alınması gerekmektedir. İşletmelerde üretilen bir ürünün ilk üreticiden son tüketiciye kadar olan nakliye, depolama, gümrükleme, ambalajlama, dağıtım gibi tüm süreçlerine lojistik denir. Lojistik sistem içerisinde veriler birçok kaynaktan sağlanmaktadır. Bu verilerin toplanması için kullanılan bilgi işlem teknolojilerine otomatik tanımlama ve veri toplama sistemi denilmektedir.

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri, insan müdahalesi olmadan nesnelerin otomatik olarak tespit edilmesi, onlar hakkında veri toplanması ve bu verilerin bilgisayar sistemlerine doğrudan giriş yapılması işlemidir. Orijinal ismi AIDC – Automatic Identification and Data Capture’dir. Otomatik tanımlamanın (Automatic Identification – Auto-ID) amacı verimliliği arttırmak, girilen verilerin hatalarını azaltmak, personeli el ile yapılan sayma işlemlerinden kurtarmaktır. Böylelikle zamandan tasarruf yaparak daha kayda değer işler yapmasına olanak tanımadır. Otomatik tanımlama ve veri toplamada birçok teknoloji mevcuttur. Bunlar; barkodlar, akıllı kartlar, sesli tanımlama, bazı biyometrik teknolojiler, optik karakter tanımlama ve radyo frekanslı tanımlamadır. Lojistik sektöründe sıklıkla kullanılanları barkod ve radyo frekanslı tanımlama sistemi (Radio Frequency Identification – RFID)’dir.

Barkod teknolojisi malzemelerin etiketlemesi ve otomatik tanımlanmasında günümüzün en yaygın teknolojisi olmasına rağmen bazı kısıt ve dezavantajlara sahiptir. Karmaşık süreçler içinde izleme ve kayıt işlemlerinin zorluğu, işçilik maliyetlerinin yüksekliği, zaman kayıpları ve etiket içinde saklanabilen veri kapasitesinin yetersizliği bu teknolojinin dezavantajlarını oluşturmaktadır. RFID teknolojisi, barkod sisteminin dezavantajlarını ortadan kaldırmakta, okuyucu ile etiket arasında görüş alanı gerektirmemektedir. Zaman içerisinde maliyeti azalan RFID teknolojisi, barkod teknolojisinin yetersizliklerini ortadan kaldırarak, iş süreçlerinin yeniden ele alınmasını sağlamaktadır.

Auto-ID içinde yer alan RFID teknolojisinin önemi günümüzde gittikçe artmaktadır. Etrafında anten sarılı olan bir etiket ve bir okuyucudan oluşan bu sistem, radyo dalgalarını kullanarak ürünlerin birim bazında tanınmasına olanak vermektedir.

RFID etiketleri, yüksek miktarda bilgi depolayabilmekte, toplu halde hatasız ve hızlı bir şekilde okunup yazılabilmekte, farklı çevresel koşullar içinde kullanılabilme ve okuyucular sayesinde veri iletişimini uzak mesafelerden sağlayabilmektedir. Bu parça tipik olarak, veri saklamak amacıyla bir mikroçip ile bu veriyi istendiğinde radyo frekansında elektromanyetik dalgalar aracılığıyla okuyucuya göndermek üzere kullanılan bir antenden oluşmaktadır. Mikroçip ve anten ortak bir kılıfın içinde saklanırlar. Bu kılıf genelde seramik, plastik, epoksi veya cam olabilir. Etiketlerin sınıflandırılmasında kullanılan en temel özellikleri kullandıkları gücün kaynağıdır. Bu özelliğe göre etiketler aktif, pasif ve yarı aktif olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar.

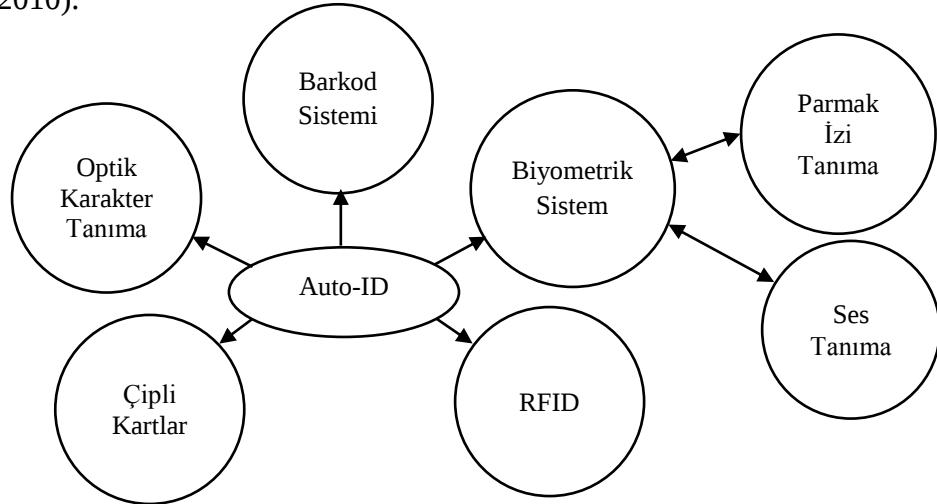
Bu bölümde anlatılanların dışında ikinci bölüm, RFID sistemi hakkında literatürde yapılan çalışmaları ve RFID sistemi hakkında bilgileri içermektedir. Aynı zamanda çok kriterli karar verme hakkında temel bilgiler içermektedir. Üçüncü bölümde ise yapılan tez çalışmasında kullanılan yöntemler hakkında detaylı bilgi verilmektedir. Dördüncü ve beşinci bölümlerde ise çok kriterli karar verme yöntemleriyle tezin ana konusunu oluşturan problemin çözümü ve sonuçlarına ait detaylı bilgiler bulunmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kuramsal temellerde, otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri ile RFID sistemleri hakkında bilgiler verilirken aynı zamanda karar verme hakkında temel bilgiler verilmektedir. Kaynak araştırmasında ise RFID sistemi hakkında yapılan çalışmalar ile bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve sistemin kullanıldığı sektörler hakkında açıklamalar bulunmaktadır.

2.1. Otomatik Tanımlama ve Veri Toplama Sistemleri

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemlerinin çalışma prensibi, nesnelerin otomatik olarak yerleri tespit edilirken insan müdahalesine ihtiyaç duymaması, nesneler hakkında ihtiyaç duyulan değişik verilerin toplanması ve kullanılan bilgisayar veya depolama sistemlerine bu verilerin doğrudan aktarılması işlemidir. Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri birçok teknolojiye oluşmaktadır. Bu teknolojiler Şekil 2.1’de görüldüğü üzere barkod sistemi, çipli kartlar, biyometrik sistemler içerisindeki ses tanıma ve parmak izi tanıma gibi sistemler, optik karakter tanımlama (Optical Character Recognition - OCR) ve radyo frekanslı tanımlama sistemleridir (Ülper, 2010).



Şekil 2.1. Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri (Gashi, 2010).

2.1.1. Optik karakter tanımlama sistemi

OCR sisteminde bilgisayar sistemlerinde kullanılamayan veya üzerinde değişiklik yapmaya izin verilmeyen yazılı belgelerin tarayıcılar yoluyla taranması, ardından bazı özel bilgisayar programları vasıtasıyla bilgisayar sistemlerinde üzerinde değişiklik yapmaya izin verilen programlara (Word, txt vb.) sayısal halde aktarılması işlemidir. Bu teknolojinin getirdiği avantajla herhangi bir tarayıcıyla taranmış bir kitap bütün halde yazılı formda bilgisayar ortamına aktarılabilir. Bu sistemler tedarik zincirinde yapılan araştırmaların süresini günlerden birkaç dakikaya düşürebilmektedir (Salcan, 2016).

2.1.2. Biyometrik sistem

Biyometrik sistem, otomatik tanımlama sistemleri içerisinde kullanılan kimliği tespit edilmek istenen kişilerin fiziksel ve davranışsal özelliklerindeki farklılıklara göre kimlik saptaması gerçekleştiren bilgisayar kontrollü teknolojiye verilen genel bir terimdir. Kart, şifre veya pin kodu ile erişim sağlayan sistemlere kıyasla daha çok güvenilir oldukları için tercih edilmektedir. Biyometrik sistemin avantajları aşağıda verilmektedir (Arslan ve Sağıroğlu, 2016).

- Kimliği belirlenecek kişinin şahsen bulunması,
- Kimlik kartı benzeri kartlara ihtiyaç duyulmaması,
- Şifre/PIN numarası gibi bilgilerin unutulması riskinin olmaması
- Giriş sağlama bilgilerinin taklit edilmesinin zor olması.

Bilgisayarların ve internetin gelişmesiyle birlikte bazı kişisel veriler veya firmalara ait gizli bilgilerin dış kaynaklardan gelecek saldırılarla ele geçirilmesini engellemek amacıyla korunması gerekliliği doğmuştur. Bu koruma için kullanılan sistemler, genellikle erişim sağlayacak kişileri tanımlamak yerine bu kişilerin belirlediği şifre bilgilerine veya sahip oldukları giriş kartları gibi sistemlere onay vermektedir. Bunların yerine kullanılan biyometrik teknolojiler erişimine izin verilen kişileri birebir tanıdıkları

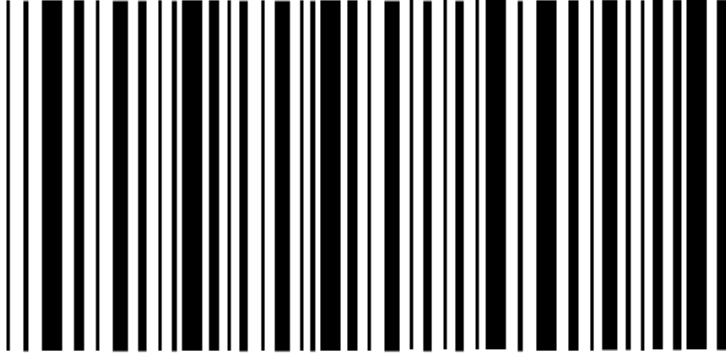
için, yüksek güvenlik gerektiren uygulamalarda kullanılan vazgeçilmez sistemlerdir (Arslan ve Sağıroğlu, 2016).

2.1.3. ipli kartlar

ipli kart sistemi, zel Őifreleme yöntemiyle barındırdığı bilgilerin okunmasının ve kopyalanmasının mümkün olmadığı, içinde kendine özgü iŐlemcisi ve ip bulunan özel kartlardır. ipli kartların kullanıldığı sistemlerin ihtiyaç duyduğu tüm bilgiler çipli kartlar içerisinde güvenle saklanabilmektedir. ipli kartlar herhangi bir istenmeyen müdahale durumunda sakladıkları tüm bilgileri silerek imha ederler. Bu kartların kopyalanması ve çoğaltılması mümkün değildir. ipli kart ile okuyucusu arasında üç santimetre ve daha az mesafe bulunduğu durumlarda işlemi gerçekleştirmektedir. Günümüzde temassız kartlar daha fazla kullanılmaktadır. Temaslı kartların çipi kartın yzeyindeyken temassız çipli kartların çipi kartın içerisinde yer almaktadır. Temassız kartların çipi dış etkenlerden daha az etkilenmektedir ve çipin kullanılabilirliği temaslı kartların çipine oranla çok daha uzun sürmektedir. Güvenlik açısından büyük avantaj sağlamalarından dolayı bankalar çipli kart teknolojisinden yararlanmaktadır (Salcan, 2016).

2.1.4. Barkod sistemleri

Barkod sistemleri, otomatik tanımlama ve veri toplama teknolojisinin temel yapı taşlarındandır. Şekil 2.2’de görülen barkodlar birbirinden farklı kalınlıktaki dik çizgilerden ve bu çizgilerin arasındaki boŐluklardan oluşmaktadır. Bu sistem verilerin otomatik olarak ve hatasız bir Şekilde başka bir sisteme gönderilmesi için kullanılmaktadır (Arslan, Atasever, Güvenoğlu ve Zafer Erdoğan, 2010).



Şekil 2.2. Barkodla kodlama işlemi (Yılmaz, 2013)

Barkod teknolojileri elde edilmek istenilen doğru verilerin hızlı bir biçimde sağlandığı maliyeti düşük sistemlerdir. Bu nedenle birçok alanda kullanılmaktadır. Barkod sistemi için geliştirilmiş dünya çapında kullanılan standartlar bulunmaktadır. Bu standartların varlığı sayesinde, üreticinin ürettiği ürünlerinde kullandığı barkod sistemiyle tüm dünyada dolaşımı ve tanımlanması sağlanmaktadır. Bu da ihracat ve ithalatı büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Stok takip sistemlerinde en düşük stok seviyesinin bulunması, stokların takibinin tedarikçi ve dağıtıcı tarafından yapılması gibi faydalar sağlamaktadır. Bu sayede sevkiyatlar pratik ve hızlı bir şekilde yapılabilir (Yılmaz, 2013).

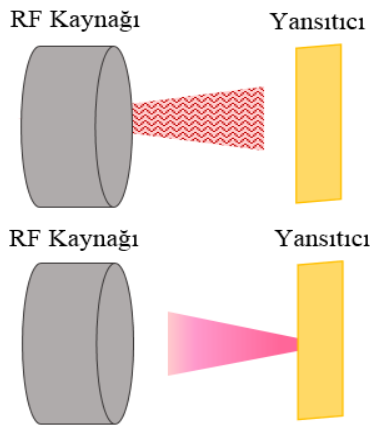
2.1.5. RFID sistemleri

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri içerisinde bulunan RFID sistemi etiket, okuyucu ve antenden oluşmaktadır. RFID etiket, tanımlanacak nesne veya objeye ait verilerin barındırıldığı mikroişlemci ve bu mikroişlemciyi çevreleyen bir antenden oluşmaktadır. RFID etiket olarak bilinen elektronik bilgi taşıyıcıları birçok değişik şekil ve büyüklüklerde üretilmektedirler. RFID okuyucu, nesne üzerindeki etiketin içerdiği verilerin okunmasını sağlamaktadır. RFID antenler, okuyucudan etikete veya etiketten okuyucuya elektromanyetik dalgaları iletmek için kullanılan çift yönlü dönüştürücüdür. Otomatik tanımlamanın sağlanması için radyo dalgalarından yararlanan RFID teknolojisi kablolu veri iletişimini görünmez bir şekilde gerçekleştirmektedir. Bu sayede diğer otomatik tanımlama ve veri toplama sistemlerinin kullanılmadığı zorlu ortamlarda işletmelere uygulama kolaylığı sağlamaktadır (Salcan, 2016).

RFID, etiketin üzerinde bulunduğu nesnenin, etikette bulunan veriler sayesinde hareketlerinin takip edilebilmesine, verilerin çözümlenmesine ve yönetilebilmesine imkân sağlayan aynı zamanda veri transferini radyo frekansları ile gerçekleştiren otomatik tanımlama ve veri takip sistemidir. Sistemde verilerin alışverişi, RFID etiket ile RFID okuyucu arasında herhangi bir temas gerekmeksizin gerçekleşmektedir. Okuyucudan yayılan elektromanyetik radyo dalgaları etikette yer alan anten ile algılanmakta ve etiketteki mikroçip devrelerini aktif hale getirmektedir. Mikroçip algılanan dalgaları modifiye ederek okuyucuya yeniden iletmektedir. Okuyucu da algılanan yeni dalgayı dijital veri haline getirmektedir (Yüksel ve Zaim, 2009).

Zaman içerisinde maliyet yönünden avantajlı hale gelen RFID sistemi, barkod sisteminden daha çok tercih edilebilir bir konuma gelmiştir. RFID sistemi, barkod sisteminin takip edilebilirlik ve verilerin işlenmesindeki zorluğu, işçilik maliyeti, zamanın etkin kullanılamaması ve etiketlerin veri depolama kapasitesindeki yetersizlik gibi dezavantajlarını ortadan kaldırmaktadır (Üstündağ, 2008).

RFID sisteminin çalışma prensibini anlamak için işaretçi aynalar en kolay yoldur. Güneşten gelen ışık aynanın üzerine düştüğünde, ayna bu ışığı aynanın çevrildiği yöne doğru yansıtır. RFID sisteminde ise kullanılan etiket ayna görevini, okuyucu da güneş ışığı görevini üstlenerek radyo dalgalarını yayınlarlar. Yayılan bu dalgaları antenleriyle yakalayan RFID etiketler, gelen veriyi düzenleyerek okuyucuya geri gönderirler. Şekil 2.3'te bu prensip gösterilmektedir (Zeydin, 2007).



Şekil 2.3. RFID teknolojisi çalışma prensibi (Zeydin, 2007)

RFID sisteminin kullanım alanları çok geniştir ve daha da fazla alanda yaygınlaşmaya devam etmektedir. Nakliye alanında taşımacılık takip sisteminde, üretimde ürünlerin takip edilmesinde, hastanelerde hasta, doktor ve ilaç takibinin yapılmasında, araçların takip edilmesi istenildiğinde kullanılmaktadır. Her sektörde, stok ve depo bölgelerinde ürünlerin tam zamanlı olarak izlenmesi ve herhangi bir değişimde anında bilgi edinilmesinde yararlanılmaktadır. Askeri alanda ise hassas mühimmat ve cephanenin takip edilerek çalınmasını ve izinsiz alınmasını engelleme (araç kilitleme sistemi vb.) örnek olarak verilebilmektedir. Her türlü alanda giriş çıkışın izlenmesi, havaalanlarında bagajların takip edilmesi, kütüphanelerde kitap güvenliğinin sağlanması ve takip edilmesi, arşivlerde belgelerin takibi ve güvenliğinin sağlanması günümüzde sık kullanılan RFID teknolojilerindendir (Bazaati, 2012).

2.2. RFID Sistemi

RFID sistemi ilk olarak 1960 ile 1970 yılları arasında büyükbaş hayvanların kontrolünde, demiryolu araçlarının ve bagaj sistemlerinde nesnelerin takibi için kullanılmaya başlanmıştır. Üretilen ilk etiketler metal bobin, cam ve antenden meydana gelmekte ve bu etiketler RFID teknolojisinin atası olarak kabul edilmektedir. RFID, mikroişlemcisine sarılı antenlerden oluşan etiketler ve okuyucudan oluşan bir sistemdir. Ayrıca elektromanyetik dalgaların iletilmesiyle veri aktarımını sağlamaktadır (Maraşlı ve Çibuk, 2015).

RFID sisteminde nesnelere numara verilmektedir. Bu RFID etiket numaraları tekil anahtar adında otomatik ve tekil değerlerdir. Etiketlin bulunduğu nesnelere insanların sahip olduğu kimlik numarasına benzer numaralar atanmakta ve bu numaranın yer aldığı başka bir nesne bulunmamaktadır. RFID etiketlerinde yer alan kimlik numarasının (ID) kopyalanması ile başka bir etiketlin oluşturulması zordur. Etiketlerin üreticileri tarafından belirlenen her etikette bir tekil ID olduğu bilinmektedir (Yüksel ve Zaim, 2009).

2.2.1. RFID etiket

RFID etiketleri farklı şekillerde ve boyutlarda üretilebilmektedir. Bu etiketler elektronik bilgi taşıyıcılarıdır. RFID etiketinde 64 bit'ten 8 MB'a kadar veri saklanabilmektedir. RFID etiketleri pasif, yarı aktif, aktif olarak üç sınıfa ayrılmaktadır (Yüksel ve Durukan Odabaşı, 2009).

- Pasif (Etkisiz) etiket

Pasif etiketlerinin maliyeti düşüktür. Ancak kendi içlerinde güç kaynağı var olmadığından antenden aldıkları enerjiyle aktive olmaktadır. Pasif etiketlerin özelliklerinden bir diğeri olan frekans aralığı 860 MHz olduğunda etiketler daha uzak mesafelerden veri transferi gerçekleştirebilmektedir (Maraşlı ve Çibuk, 2015). Çizelge 2.1'de etiketlerin frekans aralıkları gösterilmektedir. Genellikle depolarda envanter sayma işleminin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak dokuz ile on metre kadar uzak mesafelerde veri transferi yapılmaktadır. RFID teknolojisi bugünlerde en fazla talep edilen teknolojiler arasındadır. Sağlık açısından düşünüldüğünde bir sorun yaratmayan bu teknoloji diğer teknolojilerle kıyaslandığında çok daha avantajlı görülmektedir. Bu avantajlar hızlı veri iletimi, güvenlik sorunlarının anında görüntülenmesi, nesnelere verilen kimlik numaralarının (ID) kopyalanamaması vb. olarak sayılabilir (Maraşlı ve Çibuk, 2015).

Çizelge 2.1. RFID etiket çalışma frekansları (Maraşlı ve Çibuk, 2015)

Frekans Türü	Frekans Hızı	Kapsama Mesafesi
L Düşük Frekans	125-134 KHz	1 cm – 2 cm
HF Yüksek Frekans	13,56 MHz	20 cm – 1 m
UHF Ultra Yüksek Frekans	860-960 MHz-2,45 GHz	60 cm – 12 m
SHF Süper Yüksek Frekans	5,8 GHz	30 m'ye kadar

- Pasif (Yarı-Aktif) etiket

Yarı aktif etiketler çiplerinde bulunan güç kaynağıyla beslenmesine rağmen veri transferi yapılırken okuyucuya ihtiyaç duymaktadır. Okuyucudan gelen radyo dalgaları ile aktive olurlar ve pasif etiketlere kıyasla daha uzak mesafelerde veri transferi sağlayabilirler. Pasif etiketten daha maliyetlidir (Maraşlı ve Çibuk, 2015).

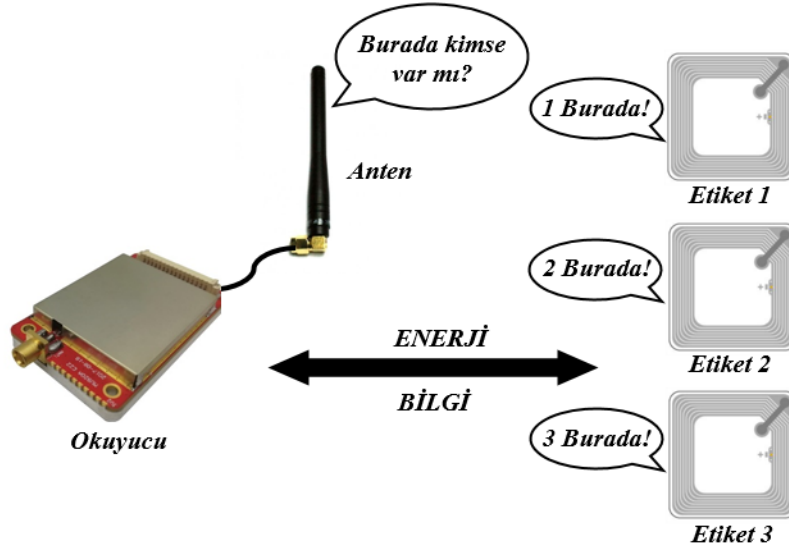
- Aktif etiket

Diğer etiketlerden farklı olarak içerisinde yer alan güç kaynağı yardımıyla okuyucudan bağımsız bir biçimde veri transferi sağlanmaktadır. Yarı aktif etiketlerde okuyucudan gelen radyo frekansları yardımıyla aktive edilirken aktif etiketler okuyucudan gelen herhangi bir radyo frekansı olmasa da okuyucuya doğrudan veri gönderilebilmektedir. Performanslara bakılarak kıyaslandığında diğer etiketlerden daha üstün olmasına rağmen diğer etiketlerden daha maliyetlidir (Kaya, Çağlar ve Belen, 2008).

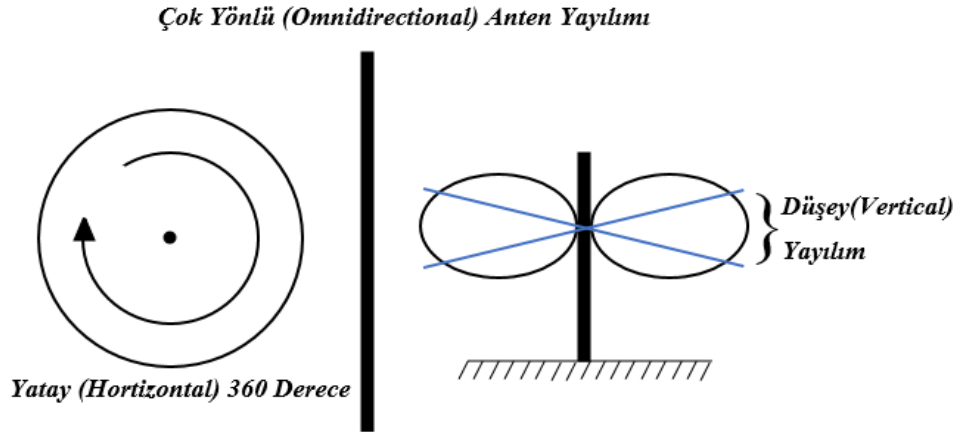
2.2.2. RFID anten

RFID antenleri okuyucu ile okuyucu arasında ve okuyucu ile etiket arasında veri transferini gerçekleştirmektedir. Okuyucu ile etiket arasındaki okuma mesafenin uzaklığı veya kısıllığı antenin gelişmiş ve kaliteli oluşuna bağlı olarak değişik değerler almaktadır. Şekil 2.4'te etiket ve anten arasındaki bilgi ve enerji transferi gösterilmektedir.

Yayın yapma stiline bağlı iki çeşit anten bulunmaktadır. Düzlem yayın yapan antenler uzaktaki tek bir noktaya yoğunlaşmaktayken dairesel yayın yapan antenler daire şeklinde radyo dalgaları yayarak etraftaki nesnelere ulaşmaktadırlar. Şekil 2.5'te yayın stilleri gösterilmektedir. İki anten de yayın stillerine göre etraflarındaki etiketleri okumaktadır (Uçar, Sondaş ve Erdemli, 2010).



Şekil 2.4. RFID etiket ve anten arasındaki bilgi ve enerji transferi



Şekil 2.5. Temel RFID çok yönlü anten yayılımı (Maraşlı ve Çibuk, 2015).

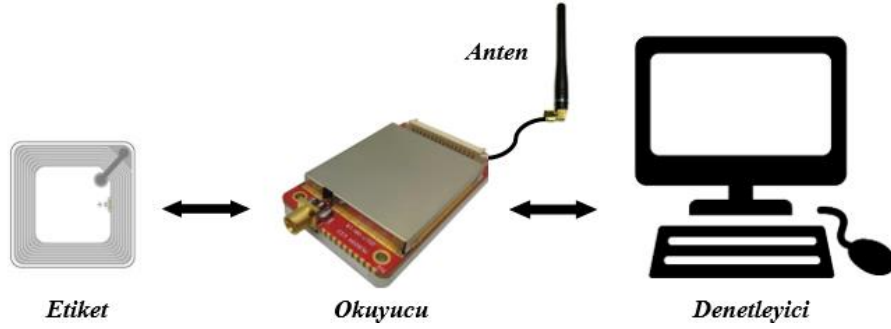
2.2.3. Okuyucu/yazıcı/programlayıcı

RFID sistemi okuyucu, anten ve etiketlerden oluşmaktadır. 125 KHz ve 5,8 GHz frekans aralıklarında etiketler okunmaktadır. Frekans arttıkça okuma mesafesi de artmaktadır. RFID okuyucular, okuma frekanslarına göre ultra yüksek frekans (UHF – Ultra High Frequency) ve yüksek frekans (HF – High Frequency) olarak ikiye ayrılmaktadır. Ultra

yüksek frekanslı okuyucular etiketlerle veri transferini yüksek frekanslı okuyuculara kıyasla daha uzak mesafelerden gerçekleştirmektedir (Bozdoğan, 2015).

2.2.4. RFID denetleyici

RFID denetleyici Şekil 2.6'daki gibi içerisinde verilerin depolanması için veritabanı yazılımı bulunan bir bilgisayar ortamı veya sunucu birimidir. RFID sistemleri için veri depolama sistemi olmasının yanı sıra sistemin çalışması için ara katman yazılımını da içermektedir. Birden çok okuyucunun birbiriyle etkileşimli olarak çalışması için çevrimiçi ağda iletişim halinde olmalarını sağlamaktadır. Okuyuculardan aldığı verileri belleğine kaydederek kullanılabilmesi için işlemektedir (Maraşlı ve Çibuk, 2015).



Şekil 2.6. RFID denetleyici (Maraşlı ve Çibuk, 2015)

2.2.5. Ara katman yazılımı

Ara katman yazılımını kullanan kişiler RFID sisteminin ürettiği veriye, yatkınlıklarından dolayı daha kolay erişebilir, her işlem için sorgulamaları ve raporları kolaylıkla gerçekleştirebilirler. Ayrıca sistemin çalışması için farklı bir yazılıma ihtiyaç duymamaktadırlar. İşletmelerin ihtiyaç duyduğu sistem birbirinden farklı olabilir. Bu yüzden ihtiyaç belirlenerek uygun yazılım geliştirilebilmektedir. İşletmelerin ihtiyaçlarına uygun etiket ve okuyucu seçimi yapılmalı, okuma mesafesi göz önünde bulundurularak kullanılacak uygun antenler belirlenmelidir (Yüksel ve Zaim, 2009).

2.3. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini tam anlamıyla anlayabilmek amacıyla karar verme kavramının tam anlamının anlaşılması gerekmektedir. Bu amaçla karar verme hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra çok kriterli karar vermenin tanımı yapılmaktadır.

Karar verme, alternatifler arasında bir tercihin yapılması için belirli bir başlangıç noktasından başlayarak farklı işler, düşünceler veya çalışmaların birbirini takip ettiği ve tercihin yapılmasıyla sonuçlanan işlerin bütünüdür. Organizasyon için karar verme, bir sorunun varlığında sorunun tanımlanarak araştırılması ve en uygun çözüm alternatiflerinin değerlendirilerek ya da organizasyon paydaşlarının çıkarlarını gözeterek çözümün bulunarak seçilmesi daha sonra da uygulanması sürecidir (Şahin, 2014).

Karar verme süreci aşağıda açıklanan bazı temel adımlardan oluşmaktadır (Şahin, 2014):

1. Problemin Tanımlanması: Karar verme sürecinin sonuçlanması problemin tanımlanması ve anlaşılmasına bağlıdır. Böylece karar verici problemin çözüme kavuşturulmaması halinde işletmenin karşı karşıya kalacağı kayıpları ve riskleri ortaya çıkarabilmektedir. Karar verici problemin ortaya çıkma nedenlerini nesnel olarak tanımlamakta, problemin devam etmesi durumunda işletmenin hangi alanlarının ve hangi paydaşların etkileneceğini belirlemekte ve problemin sınırları ortaya koymaktadır.
2. Problem Hakkında Bilgi Toplanması: Mevcut durumda meydana gelen herhangi bir değişiklik genellikle bir problem ortaya çıkarmaktadır. Bu yeni durumun varlığında karar verici tarafından durum hakkında bilgiler edinilmelidir. İhtiyaç duyulan doğru bilgiye ulaşmak zor ve zaman alsa da bu bilgilerin edinilmesi gerekmektedir. Bu zorluğun nedeni gerekli olmayan ya da gereğinden fazla bilgi, problemin karmaşıklığını artırmakta ve yeni problemlerin oluşmasına yol açmaktadır. Bundan dolayı ilk yapılması gereken problemin özellikleri ve farklı tarafları araştırılmalı ve bilgiler toplanarak kaydedilmelidir.

3. Toplanan Bilgilerin Sınıflandırılarak Çözümlemesi ve Yorumlanması: Bilimsel bir temele dayanarak gerekli bilgiler toplanmakta ve sınıflanmaktadır. Bu adımın uygulanması için seçilecek yöntem önemlidir. Bilginin sınıflandırılmasıyla karar verme sürecinde ne zaman ve nasıl kullanılacağı belirlenmektedir. Böylece yapılacak tekrarların önüne geçilmiş olacaktır. Sınıflandırılan bilgiler yorumlanmalıdır. Toplanan bilgiler saf haldedirler ya da farklı bir karar ortamında başka bir karar verici tarafından geliştirilmiştir. Bundan dolayı karar verici kendi problemine uygun bir şekilde bilgileri yeniden ele almalıdır.

4. Çözüm Alternatiflerinin Elde Edilmesi: Problemlerin çözümü için birçok çözüm alternatifi üretilebilir. Bu çözüm alternatiflerinden her birinin kendine ait seçim kriterleri bulunmaktadır. Bundan dolayı olabildiğince çok çözüm alternatifi elde edilmesi karar vericinin değişik yönleri keşfetmesini sağlayacaktır. Alternatiflerin üretilmesinde karar verici bazı zorluklar yaşamaktadır. Bu zorluklar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Problem hakkında yeterince bilginin edinilmemesi,
- Problemin yeteri kadar çözümlenmemesi,
- Problemin çözümüne dair kalıplaşmış çözümlerin kullanılmak istenmesi,
- Nesnel çözümler üretmek yerine öznel fikirlerin çözümlere yansıtılması olarak sıralanabilir.

Her problemin birden fazla çözümü bulunmaktadır. Buna rağmen karar verici alternatif çözümler üretemiyorsa ya problemi yeterli araştırmamıştır ya da karar vericinin tecrübesi problem için yetersizdir.

5. En Uygun Çözümün Seçilmesi: İlk olarak alternatif çözümlerin her biri kendi ortamlarında ve doğru seçim kriterleri kullanılarak araştırılmalıdır. Örneğin çözüm alternatiflerinden biri daha az zamana ihtiyaç duyarken diğer bir alternatif maliyetler yönünden daha fazla yarar sağlayabilmektedir. Bundan dolayı uygun çözümün seçilmesi için karar verici farklı bakış açılarını değerlendirmeli ve tüm seçim kriterlerini aynı anda

ele almalıdır. Alternatif çözümler arasından en düşük maliyeti olan, en basit, en güvenilir ve sonuçların en kısa zamanda elde edileceği çözüm seçilmelidir.

6. Çözümün Karara Dönüştürülmesi ve Uygulanması: Çözüm alternatifleri içinden en doğrusu seçildikten sonra çözüm karara dönüştürülmeli ve uygulanmalıdır. Bu süreçte en önemli aşama sorumluluk alanlarının iyi bir şekilde saptanmasıdır. Eğer bu saptamalar iyice açıklanmamışsa uygulama esnasında hatalar, tekrar etmeler ve yanlış anlamalar kaçınılmaz olacaktır. Bu aşamadan sonra kararı uygulama sürecine geçilmektedir.

7. Değerlendirme: Değerlendirme çözüm uygulamasının başarılı bir şekilde sonuçlanması amacını taşımaktadır. Geleceğin belirsizliği ve taşıdığı riskler kararın uygulanmasında beklenmeyen değişikliklerin meydana gelmesine yol açmaktadır. Bu değişikliklerin anında fark edilmesi ve gereken revizyonların uygulanması kararın başarılı sonuçlanma ihtimalini yükseltmektedir. Aynı zamanda karar vericinin bir sonraki karar verme süreçlerinde kullanabilmesi için tecrübe kazandırmaktadır. Yani uygulamanın geliştirilmesi için değerlendirme güvenilir, doğru ve geçerli yapılmalıdır.

Çok kriterli karar verme problemlerinin çoğunda amaçları birbirine zıt düşen çok sayıda kriterin varlığı söz konusudur. Çok sayıda kriterin var olduğu karar verme problemlerinde bir alternatifin bütün kriterlere uygunluğunun sayısal olarak belirlenmesi oldukça güçtür. Bundan dolayı karar verme problemlerinde karar vericilerin önceki problemlerde kazandığı deneyimleri ve bilgi birikimleri mevcut problemin çözümünde önemli bir rol oynamaktadır. Burada belirli bir alternatif için mevcut kriterlerin hepsinin en iyisinin seçimi çok düşük bir ihtimaldir. Karar verici problemin çözümünde seçebileceği alternatifler arasından istediğini seçmekte özgürdür. Karar verici dışında herhangi birinin seçtiği alternatifin çözüm için en iyi karar olduğu söylenemez. Buradan anlaşılacağı gibi karar verici ile karar verme problemi arasında bir ilişki vardır ve karar verici bütün olasılıkları düşünerek karar vermelidir (Şahin, 2014).

Karar verme problemlerinde birden çok kriterin varlığı söz konusu değilse yani sadece bir kritere göre karar verilecekse karar verici seçeceği alternatife pratik işlemlerle karar

vereabilmektedir. Ancak çok sayıda kriterin bulunduğu karar verme problemlerinde pratik işlemlerle en iyi çözüm bulunamaz. Kriterlerin ağırlıkları, aralarındaki ilişki ve ilişkinin yönü gibi değişkenlerin bulunması en uygun ve en iyi çözümün bulunabilmesi için gereklidir. Bu türdeki çok sayıda kriterin bulunduğu karar verme problemlerinin en iyi çözümüne ulaştırılabilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler çok kriterli karar verme yöntemleri adı altında toplanmaktadır. ÇKKV yöntemleri birçok avantaj sağlamaktadır. Bunlardan en önemlisi karar vericileri çözümün belirsizlik halinde ya da problemin çözümsüzlük durumlarında nasıl bir yol izleyeceğini göstererek sonuçların güvenilir olmasını sağlamasıdır. Her problemde olduğu gibi çok kriterli karar verme problemlerinde de bazı sorunlar vardır. Bunlar alternatiflerin karşılaştırılabilirliği ve alternatiflerin sıralanabilmesi için sayısal bir sistemin oluşturulabilir olup olmadığıdır (Şahin, 2014).

1960'lı yıllardan itibaren karar verme problemlerinin çözümü için ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. Karar verme problemlerinde hedeflenen amacı gerçekleştirmeye yönelik çok sayıda kriter ve kriterlere bağılı olarak seçilecek birden fazla alternatif bulunabilmektedir. Ancak karar verme problemlerinin bazılarında alternatiflerin kıyaslanamadığı durumlar olabilmektedir ve bu durumlarda karar verme sürecinin sonuçlanması karmaşık bir probleme dönüşmektedir. Böyle durumlarda karar vericiler problemlerin çözümü için ÇKKV yöntemleri kullanmaktadır. ÇKKV problemlerinde kriterlere göre değerlendirmeler yapılarak alternatifler içerisinde en iyi veya en uygun çözüm seçilmek istenilmektedir. En uygun veya en iyi olarak seçilen alternatif seçilmeyen alternatiflerle kriterler bazında tek tek karşılaştırdığında bütün kriterler için en iyi çözüm değildir. Ancak karar verici kriter ağırlıklarına ve ilişkilerine göre değerlendirmeler yapmakta ve seçim kararını almaktadır (Jones, 2007).

Çok kriterli karar verme en az iki kritere göre değerlendirilerek sonlu veya sonsuz alternatifler içerisinde seçimin yapıldığı karar verme sürecinin bir alt dalıdır. Mevcut kriterler birbirlerinden değişik ölçü birimleri ile ifade edilebilmektedir. Karar vericiler bu ölçü birimleri arasındaki farklılıkları gidererek hepsini ÇKKV yöntemlerinin uygulanabileceği veriler haline getirmektedir. Örnek olarak sayısal ve sözel kriterlerin

ölçü birimleri aynı değildir. Karar vericiler genellikle analitik hiyerarşi prosesi adı verilen çok kriterli karar verme yöntemiyle farklılıkları gidermektedirler. ÇKKV yöntemlerinin çoğunda problemin çözümü için kriterlerin önem ağırlıkları belirlenerek karşılıklı kıyaslamalarla sonuca ulaşılmaktadır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenebilmesi için çeşitli veriler gerekmektedir. Bu ağırlıklar karar verici tarafından farklı metotların uygulanmasıyla bulunabilmektedir. ÇKKV yöntemlerinin geliştirilmesiyle daha iyi modeller bulunabilmektedir. ÇKKV problemlerini ifade ederken karar matrisi kullanılmaktadır. Bu karar matrisinin sütunlarında kriterler, satırlarında alternatifler bulunmaktadır (Şahin, 2014).

ÇKKV probleminde kullanılan karar matrisi Denklem 2.1’de gösterilmektedir. Matriste kullanılan sembollerin açıklamaları aşağıda verilmektedir (Şahin, 2014).

A_i : Alternatifler,

C_j : Kriterler,

X_{ij} : C_j kriterine göre A_i alternatifinin değeri,

w_j : C_j kriterlerinin ağırlığı,

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.1)$$

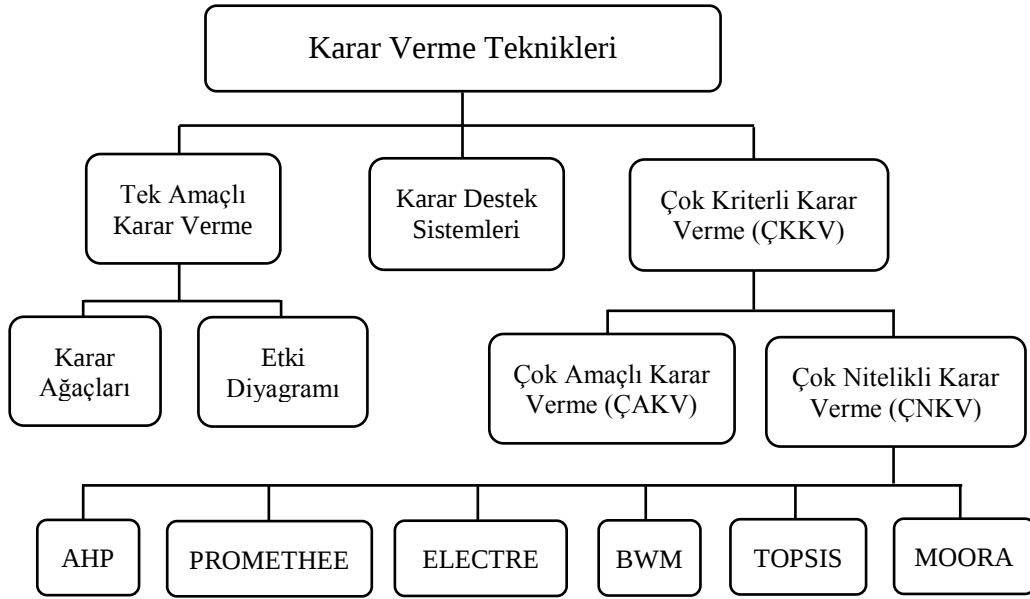
$$w = \begin{matrix} w_1 & w_2 & \dots & w_n \end{matrix}$$

2.3.1. Çok kriterli karar vermenin problemlerde kullanılması

Karar vericiler çok kriterli karar verme problemlerinde ilk olarak problemi kriter bazında değerlendirmekte daha sonra çözümleyerek sonuçlandırmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri kişilerin birçok veriyi aynı anda ele alıp karar vermede yetersiz kalması üzerine geliştirilmiş sürecin işleyişini anlaşılır ve kolayca uygulanabilir bir hale getirmektedir.

2.3.2. Çok kriterli karar verme çeşitleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri, karar verme yöntemlerinden biridir. Ancak bunun dışında karar verme yöntemleri içinde tek amaçlı karar verme ve karar destek sistemleri de bulunmaktadır. Karar verme yöntemleri Şekil 2.7’de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması (Zhou, Yin, Peng, Liu ve Yeng, 2016)

Tüm çok kriterli karar verme problemleri çok sayıda alternatifle birlikte amaçları zıt düşen birden fazla kriterden oluşmaktadır. Problemlerin bir kısmında istenilen amaç için belirli alternatifler arasından en uygun alternatifin seçimi istenilmektedir. Ancak problemlerin diğer kısmında alternatifler belirli değildir. Bu durumda ÇKKV problemlerinin çözümü için amaca ulaştıracak en uygun alternatif üretilmektedir. Böyle türdeki problemlere çok amaçlı karar verme (ÇAKV) problemleri adı verilmektedir. Eğer hedef için en iyi alternatifin üretilmesi gerekmiyorsa ve alternatiflerin var olduğu birbirleriyle kıyaslanıp sıralanabildiği ya da en uygun alternatifin seçildiği problemler çok nitelikli karar verme (ÇNKV) problemleri olarak adlandırılmaktadır. ÇKKV problemleri ÇAKV ve ÇNKV olarak iki başlık altında toplanmaktadır.

- Çok amaçlı karar verme

Çok amaçlı karar verme seçim yapılacak alternatiflerin sayısının belirsiz olduğu devamlı olaylardır. Böyle durumlarda karar vericiler amaçları birbirine zıt düşen kriterler içerisinde alternatifleri belirleyerek problemi sonuçlandırmaya çalışmaktadır. Bu işlemle belirli alternatifler oluşturularak problem modellenmektedir.

Sayısı belirsiz alternatiflerin bulunduğu amaç problemlerinin çözümü için çok amaçlı karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Amaçların verilere dönüştürülerek hesaba dahil edilebilirliği ve iyi şekilde formülize edilmiş matematiksel kısıtların varlığı çok amaçlı karar verme yöntemlerinin ortak özelliğidir. Amaçlardan birinin tam anlamıyla gerçekleştirilmesi için diğer amaçların yok sayılarak işlemlerin yapılması, bu yöntemlerin en önemli özelliğidir. Birden fazla amaç fonksiyonunun var olduğu problemler ÇAKV problemleridir. Karar vericiler ÇAKV problemlerinin çözümü için birden fazla alternatif ve kriteri değerlendirerek en uygun sonuca ulaşmaktadır.

- Çok nitelikli karar verme

Sayısı belirli alternatiflerin bulunduğu devamsız olay problemlerinin çözümü için çok nitelikli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır.

Çok nitelikli karar verme yöntemlerinden en çok kullanılanları Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process – AHP), ELECTRE (ÉLimination et Choix Traduisant la REalité), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleridir.

Bunların dışında yeni geliştirilen yöntemlerden Oran Analiziyle Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis Method – MOORA) ve En İyi-En Kötü Yöntemi (Best-Worst Method – BWM) örnek verilebilir. ÇAKV ve ÇNKV yöntemlerinin farkları Çizelge 2.2’de açıklanmaktadır.

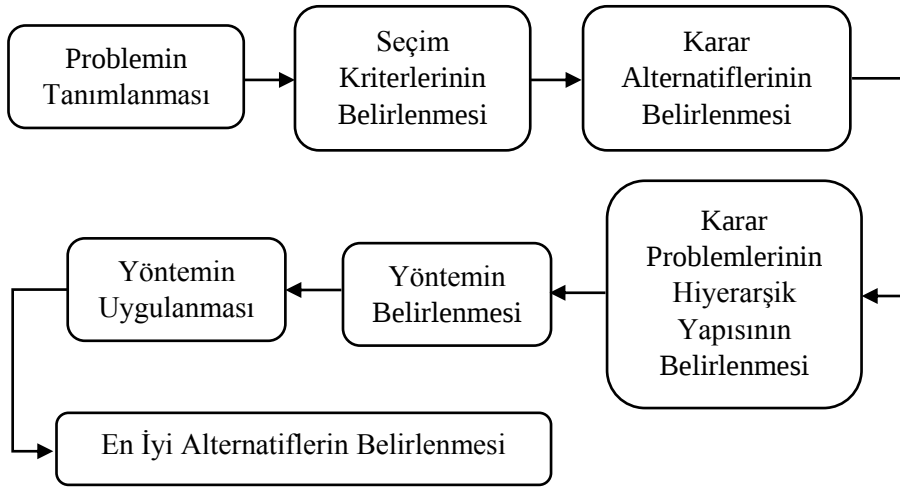
Çizelge 2.2. ÇAKV ve ÇNKV arasındaki farklar (Şahin, 2014)

	ÇNKV	ÇAKV
Kriter (Tanımlama Şekli)	Nitelikler	Amaçlar
Amaç	Net Değil	Açık, Belirgin
Nitelikler	Açık, Belirgin	Net Değil
Kısıtlar	Çözümde Etkin Değil	Çözümde Etkin
Alternatifler	Sonlu Sayıda	Sonsuz Sayıda
Karar Verici ile Etkileşim	Çok Fazla Değil	Çoğunlukla
Kullanım	Seçim, Değerlendirme	Tasarım

Karar verici ÇKKV problemlerinde çözüme ulaşmak için kriterleri baz alarak alternatifleri değerlendirerek ve en uygun çözümü bulmaktadır. Karar verici bu aşamada karar probleminde belirlenen alternatifleri sınıflandırabilmekte, belirli bir ölçü birimine göre sıralayabilmekte ya da içlerinden birinin seçimini gerçekleştirebilmektedir. Bunları yapabilmek için ÇKKV yöntemlerinden yararlanmaktadır.

Tüm karar problemlerinin çözümünde ortak aşamalar bulunmaktadır. Bu aşamalar detaylı şekilde karar verme sürecinde bahsedilmektedir. ÇKKV yöntemlerinde de ortak aşamalar mevcuttur. ÇKKV yönteminin aşamaları ve ÇKKV problemlerinin çözümü için alternatiflerin seçiminin yapılması, sıralanması veya sınıflandırılması durumlarında kullanılacak yöntemler Şekil 2.8’de gösterilmektedir.

Karar verme aşamasında karar verici ilk olarak problemi tüm hatları ile ortaya koyup problemi tanımlamaktadır. Daha sonra farklı alternatifler ve kriterler belirleyerek elde edilen kaynakların kullanılabilirliğini değerlendirilmektedir. Son olarak uygun olan çok kriterli karar verme yöntem veya yöntemlerini belirleyerek karar verme sürecine geçmektedir. Yöntemlerle alternatiflerin değerlendirilmesini yaparak karar verme sürecini tamamlamaktadır.



Şekil 2.8. ÇKKV Problemlerinin çözüm aşamaları (Karabıçak, Boyacı, Kocabaş Akay ve Özcan, 2016)

Problemler alternatifler arasından seçim yapma, alternatifleri sınıflama ve alternatifleri sıralama problemleri olarak ayrılmaktadır (Karabıçak ve diğerleri, 2016).

- Seçim Yapma Problemleri: Seçim yapma problemlerinde seçilecek alternatifler içerisinde en uygun alternatifin seçimi amaçlanmaktadır.
- Alternatifleri Sınıflama Problemleri: Sınıflama problemlerinde belirlenen kriter veya isteklere göre alternatifler sınıflara ayrıştırılmaktadır. Burada amaç istenilen özellikleri barındıran alternatiflerin aynı grupta bulundurulmasıdır.
- Alternatifleri Sıralama Problemleri: Sınıflandırma probleminde olduğu gibi belirli kriter veya isteklere bağlı olarak alternatiflerin en iyisi ve en kötüsü belirlenerek belirli bir sıra oluşturulmaktadır.

2.4. RFID Sistemi Seçiminde Kullanılan ÇKKV Yöntemlerinin Kaynak Araştırması

RFID sistemleri hakkında yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde kullanım amacı yönüyle her biri literatüre farklı katkılar sağlamaktadır. Bu tez çalışmasının ana konusu olan problemin çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözümü sağlanacaktır. Bu amaçla literatürdeki çalışmalar hakkında bilgiler edinilmiştir. Bilgiler kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

RFID son yıllarda her sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Sağlık sektöründe de RFID teknolojisinin benimsenmesi, hem nitel hem de nicel faktörleri içeren çok kriterli bir karar verme sürecinden oluşmaktadır. Lu, Lin ve Tzeng (2013), RFID'nin benimsenmesini etkileyen faktörleri değerlendirmek için karar vermede deneme ve değerlendirme laboratuvarı (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory – DEMATEL) tabanlı ANP (The DEMATEL-Based Analytic Network Process – DANP) ve çok ölçütlü karar analizi yöntemini VIKOR (VIse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) ile birleştiren DDANPV olarak bilinen hibrit çok kriterli karar verme (Multiple-Criteria Decision-Making – MCDM) yöntemini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada, sağlık sektörünün ihtiyacına göre en iyi RFID sisteminin seçimi için bir karar modeli elde etmişlerdir.

Fu, Lin, Du ve Hsu (2015), Tayvan'daki lojistik endüstrisinde radyo frekansı tanımlamanın benimsenmesini etkileyen faktörleri kapsamlı bir şekilde incelemek ve anahtar faktörleri objektif olarak belirlemek amacıyla çalışmalar yürütmüşlerdir. Çeşitli lojistik uzmanlarının görüşlerine dayalı olarak her faktörün ağırlığını belirlemek için bulanık analitik hiyerarşi prosesi (Fuzzy Analytic Hierarchy Process – FHAP) daha sonra anahtar faktörleri tanımlamak için VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda Tayvan'daki lojistik sektöründeki işletmelerin RFID sistemini benimserken belirlenen on sekiz faktörden dört faktörü dikkate alarak kaynaklarını daha iyi tahsis etmelerini ve böylece daha düşük maliyetle ve daha yüksek verimlilikle iyi bir sonuç elde etmelerinin sağlanacağı kararına varmışlardır.

Mohammed, Harris ve Dukyil (2018), RFID tabanlı bir pasaport takip sisteminin uygulanması için sunulan altı tekliften en iyisini seçmek için çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmışlardır. Seçim kriterleri uzmanların iş birliği ile belirlenmiş, daha sonra DEMATEL yöntemiyle ağırlıklar elde edilmiştir. Bu ağırlıklar ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerinde kullanılarak en iyi teklifin seçimi için sıralamalar yapılmıştır. Son olarak, iki yöntemden elde edilen sıralama sıraları arasındaki istatistiksel farkı elde etmek için Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı (Spearman Rho Correlation Coefficient –

SRCC) yaklaşımını uygulamışlardır. SRCC ile TOPSIS ve ELECTRE arasında çok güçlü bir ilişki değeri ortaya çıkarmışlardır.

Wang, Chang ve Hsu (2008), alternatiflerin karşılaştırılması ve seçim sürecini hızlandırmak, hesaplamaları basitleştirmek için geleneksel olarak kullanılan AHP yönteminden farklı olarak eksik dil tercihleri ilişkileri yöntemini kullanmışlardır. AHP yönteminde karar verme matrisi oluşturmak için n ögeli alternatifler dikkate alınırken, bu yöntem yalnızca $n - 1$ alternatifi dikkate almaktadır. Uzmanlar, sonlu ve sabit bir alternatifler kümesi seçerek matrisi elde etmiş, farklı tercih ve bilgilerine dayalı olarak ikili karşılaştırma yapmışlardır.

İşletmeler, faaliyetlerini RFID'ye entegre etmeden önce, simülasyon çalışmalarıyla kurulumun uygulanabilirliğini görmeleri ve ilk değerlendirmeyi yapmaları gerekmektedir. Simülasyon sürecinde işletmeler, RFID'nin özünde ne gibi faydalar sağladığını anlayabilmektedir. Bu yüzden RFID sisteminin seçimi için karar vermek önemli bir problemdir. Peng, Wang ve Hsu (2009) RFID sistemi seçiminde Eksik Dil Tercihleri İlişkileri (Incomplete Linguistic Preference Relations - InlinPreRa) modelini önererek karar vericinin ikili karşılaştırmalar yapmasını sağlamıştır. Bu model ile zaman baskısı, tam bilgi eksikliği, karar vericinin mesleki bilgisinin eksikliği veya sağlanan bilginin gerçekdışı olması gibi nedenlerin etkisi en aza indirilmektedir. Bu çalışma InlinPreRa modelinin karar verme üzerindeki işlevini açıklamanın yanı sıra karar vericilere InlinPreRa modeli sürecini daha iyi anlamalarını sağlamaktadır.

Gerçek zamanlı konumlandırma sistemleri (Real Time Location System - RTLS), varlıkların, kişilerin ve iş akışlarının gerçek zamanlı konumlarının bilinmesine izin verdiği için çağdaş dünyada önem kazanmıştır. Uygulama alanlarında iş verimini ve kalitesini artırmak için farklı sektörlerde kullanılabilirler. Uygun RTLS teknolojisinin seçimi hem nitel hem de nicel faktörleri içeren çok kriterli bir yapıya sahip olduğu için önemli bir karar problemi haline gelmektedir. Budak ve Üstündağ (2015), farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler için uygun RTLS teknolojisinin seçimi için bir karar verme modeli geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, mevcut literatür ve uzmanların

yardımıyla ekonomik, teknik ve uygulama faktörleri olmak üzere üç ana kriter belirlemişlerdir. Bulanık analitik hiyerarşi süreci (Fuzzy Analytic Hierarchy Process - FAHP) yöntemi, uygun RTLS teknolojisini seçmek için önerilmiştir. Ayrıca ana kriterlerin artan oranlarına göre hassasiyet analizi yapmışlardır. Model, IR – RF hibrit, UHF RFID ve Aktif RFID olarak verilen üç tip RTLS sistemi dikkate alınarak Türkiye'deki bir hastaneye uygulanmıştır. Hibrit sistemin ekonomik, uygulama ve teknik faktörler açısından puanları diğer teknolojilere göre daha yüksek olduğu için en iyi alternatif olarak seçilmiştir.

Bir kuruluşun çevresel performansı, tedarikçilerinin çevresel performansından etkilenir ve tedarikçi seçimi, günümüzün küresel pazarında daha rekabetçi olabilmek için stratejik bir karardır. Tedarikçi seçim sürecinde, tedarikçilerin sınırlı kapasitesi veya diğer kısıtlamaları varsa, her tedarikçinin en iyi tedarikçisini ve sipariş miktarını belirlemek gerekir. Kannan, Khodaverdi, Olfat, Jafarian ve Diabat (2013), ekonomik ve çevresel kriterlere göre en iyi yeşil tedarikçileri derecelendirmek ve seçmek ve daha sonra bunlar arasında en uygun sipariş miktarlarını tahsis etmek için bulanık çok kriterli fayda teorisi ve çok amaçlı programlamanın entegre bir yaklaşımını sunmuşlardır. Daha sonra kalite kontrol, kapasite ve diğer hedefler gibi çeşitli kısıtlamalar dikkate alınarak çok amaçlı doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen yaklaşımın verimliliğini ve uygulamasını, bir otomobil üretim şirketinde bir vaka çalışmasıyla göstermişlerdir. Elde edilen sonuçlar, firmaların gerçekçi bir durumda yeşil tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi sorunlarının üstesinden gelmek için sistematik bir yaklaşım oluşturmalarına yardımcı olmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminde maliyet, belirsizlik ve karmaşıklık gibi sorunlara karşı akıllı sistemlerin kurulması gerekmektedir. RFID sistemi tedarik zincirindeki ürünlerin akışının izlenebilirliği için kullanılan bir sistemdir. Ancak bu sistemi kullanan tedarik zincirleri dışarıdan gelen saldırılara karşı verilerini güvence almak için güvenlik sistemleri de kurmaları gerekmektedir. Mohammed, Gunasekaran ve Mai (2018), güvenlik kriterlerini değerlendirmek için, Nötrosifik DEMATEL (N-DEMATEL) tekniğini analitik hiyerarşi sürecine (AHP) entegre eden bir yaklaşım önermişlerdir. N-DEMATEL tekniği, akıllı

tedarik zinciri güvenlik gereksinimleri ile kriterleri arasında neden ve sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. N-DEMATEL'den elde edilen bilgilere bağlı olarak n trosofik AHP, kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlığını hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu yöntem araştırmacıların ve uygulayıcıların güvenli tedarik zincirleri sistemi tasarlamalarına yardımcı olmaktadır. Belirsiz ve eksik bilgilerle etkili bir şekilde başa çıkabilmek için n trosofik DEMATEL ve AHP kullanılarak güvenli tedarik zinciri yönetimi gerçekleştirilmektedir.

Joshi ve Gupta (2017), radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketlerinin gömülü ömür sonu ürünlerinde kullanıldığı bir ters tedarik zinciri durumunu ele almışlardır. Sensörler ve RFID etiketleri, ekonomik ömrü boyunca bileşenin yaşam döngüsü bilgilerini yakalayabilmekte ve depolayabilmektedir. Bu teknoloji, gerçek sökme ve incelemeye gerek kalmadan ürünlerin ve bileşenlerin içeriğı ve koşulları hakkında veri sağlayabilmektedir. Ayrıca, sonunda kalite seviyelerine dönüşen bileşenlerin kalan ömürleri de belirlenebilmektedir. Ömür sonu ürünlerden bileşenlerin seçimi için çok kriterli optimizasyon çalışmasında gelişmiş bir siparişe göre onarım ve siparişe göre sökme sistemi  onerilmektedir. Bileşenlerin taleplerini karşılamak için bileşenler parçalara ayrılmakta, ürünlerin taleplerini karşılamak için ürünler onarılmakta ve malzemelerin taleplerini karşılamak için malzemeler geri dönüştürülmektedir. Önerilen çok kriterli karar verme modeliyle gelişmiş bir onarım-sipariş ve sökme-sipariş sistemi için çeşitli kriterlerin yerine getirilmesinde tasarım alternatiflerinden hangisinin en iyi olduğunu belirlemişlerdir.

Salcan (2016), metal sanayi s kt r nde faaliyet gösteren işletmelerin verimliliğini arttırmak, ürün akışını hızlandırmak, gelir kayıplarını azaltmak, personeli katma değeri yüksek işlerde çalıştırılabilme gibi karlılığı doğrudan etkileyen hedeflere ulaşmak için verileri otomatik bir şekilde toplamayı amaçlamıştır. İşletme için otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri arasında seçim yapmak amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik ağ süreci (AAS) yöntemini önermiştir. Probleme ilişkin dört ana kriter ve sekiz alt kriter belirlenmiştir. Kriterler belirlendikten sonra AAS ile bir ağ yapısı

oluşturulmuş ve alternatif otomatik tanımlama sistemleri değerlendirilerek işletme için en uygun sistem belirlenmiştir.

RFID sistemi, bir ürünün envanterdeki durumunu ve konumunu bilerek şirketlerin iş süreçlerini optimize etmesini ve operasyonel maliyetleri düşürmesini sağlamaktadır. RFID uygulamaları hız, güvenlik ve doğru bilgi akışını desteklemektedir. Ancak en uygun RFID hizmet sağlayıcısını seçmek zor bir karardır. Büyüközkan, Karabulut ve Arsenyan (2017), grup karar verme (Group Decision Making – GDM) yaklaşımıyla bulanık aksiyomatik tasarım (Fuzzy Axiomatic Design – FAD) ve FAHP tekniklerini uygulayarak en uygun RFID servis sağlayıcısını seçmek için entegre çok kriterli karar verme yöntemi önermektedirler. Vaka çalışması yürütülerek sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra sonuçlar, bir duyarlılık analizi ve bulanık TOPSIS ile karşılaştırmalı bir değerlendirme yoluyla tartışılmıştır.

RFID sisteminin bileşenlerinden biri olan RFID okuyucular, RFID sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Hepsi birbirinden benzersiz ve çeşitli özelliklere sahiptir. Bir RFID sisteminin oluşturulmasından önce, tüm ihtiyaçları karşılayan uygun RFID okuyucuların seçimi en önemli konulardan biridir. Yıldız, Karakoyun ve Parlak (2018) tedarik zinciri yönetiminde depo işlemlerini organize etmeyi ve nakliye operasyonlarındaki hataları azaltmayı hedefleyen işletme için en uygun mobil RFID okuyucunun seçimi için çalışmalar yapmışlardır. RFID okuyucuların seçiminde birden fazla kriter olduğu için problem çok kriterli bir karar verme problemi olarak değerlendirilmekte ve çözümü için belirsizlikleri çözmede etkili tip-2 bulanık kümeler kullanılan aralık Tip-2 bulanık TOPSIS (Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS) yöntemi kullanılmıştır. Mobil RFID okuyucu seçiminde kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra yöntemin adımları izlenerek "Hafıza", "Okuma Mesafesi" ve "Düşürme Spesifikasyonu" açısından diğer alternatiflere göre üstün olan RFID okuyucu-2 en uygun mobil RFID okuyucu olarak seçilmiştir.

Bilgi, sermaye veya insanlar kadar değerli olan herhangi bir işletmenin başarısı için temel kaynaktır. Fabrika verileri toplama sistemi (Factory Data Collection – FDC), verilerin

derlenmesi ve işlenmesi için atölye operasyonları hakkında veri toplamak için tesis genelinde bulunan çeşitli kâğıt belgelerden, terminallerden ve otomatik cihazlardan oluşan sistemdir. Gangurde (2016), FDC belirlenmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinde kullanılacak dokuz alternatif, sekiz kriter belirlemiştir. Her bir kriterin ağırlığı, analitik hiyerarşi süreci kullanılarak belirlenmektedir. Aynı ağırlıklar, çok kriterli karar verme yöntemlerinden gri ilişkisel analiz kullanılarak FDC sisteminin alternatiflerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Metodoloji, RFID sisteminin dokuz alternatif arasında en çok tercih edilen seçenek olduğunu öne sürmüştür.

Literatürde daha önce otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri içerisinde yer alan radyo frekanslı tanımlama sistemi için yapılan çalışmalar incelendiğinde RFID sisteminin kullanımı ile fayda sağlamak için alternatifler arasından seçimi gerçekleştirilmiş veya diğer otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleriyle RFID sistemi arasında seçim çalışmaları yapılmıştır. RFID sistemini oluşturan parçaların seçimine ilişkin çalışmalar olmasına karşın RFID sistemini bir bütün halinde ele alan ve sistemin her bileşeni için uygulanabilecek çok kriterli karar verme yöntemi geliştirilmemiştir. Bu tez çalışmasının, RFID sistemini oluşturan okuyucu, etiket ve anten bileşenlerinin alternatifleri arasından seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı bilinen çalışmalardan ilki olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sektör bazlı incelendiğinde RFID'nin lojistik sektöründe kullanımına ilişkin az sayıda çalışma bulunduğu görülmektedir. Bu bakımdan çalışmanın literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. RFID antenleri için çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılmış bilinen bir çalışma bulunmadığından bu nitelikte yapılacak çalışmalar için de kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemi ile otomatik tanımlama ve veri toplama sisteminin seçimi tez çalışmasının uygulaması için literatür incelenerek RFID sisteminin bileşenlerinin seçiminde etkili olan faktörler belirlenmiştir. Seçim kriterlerinin belirlenmesi için uygulama aşamasında kullanılan verilerin de elde edildiği Bursa'da faaliyet gösteren beş farklı lojistik işletmesinin görüşleri alınmıştır. Edinilen bilgiler ve veriler ışığında uygulama çalışması yapılarak RFID sistemini oluşturan bileşenlerin her biri için farklı alternatifler arasından seçimi gerçekleştirilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin çoğunun kullanıldığı gözlenmektedir. Ancak her geçen gün yeni çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmaya başlamaktadır. Bu çalışmada en yeni yöntemlerden olan BWM ile kriter ağırlıkları belirlenmekte ardından PROMETHEE ve MOORA yöntemleriyle alternatiflerin seçim çalışmaları yapılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bu yöntemlerle yapılmış RFID sistemi seçimine ilişkin bir çalışma bulunmamaktadır. Bu yönden tez çalışmasının literatüre katkısı olmaktadır. Çizelge 2.3'te literatürdeki çalışmalarda kullanılan yöntemler gösterilmektedir.

RFID sisteminin seçimi için daha önceki çalışmalar incelendiğinde RFID sistemini üretenler arasında, RFID ile ikameleri olan diğer otomatik tanımlama sistemleri arasında, RFID türleri arasında yer alan aktif, pasif ve yarı aktif RFID sistemleri arasında veya RFID sistem bileşenleri olan okuyucu veya etiket için seçim çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 2.4). Yine bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak RFID sistemini oluşturan okuyucu, etiket ve anten için alternatifler arasından seçim çalışması yapılmaktadır. Son olarak literatürdeki çalışmalar incelendiğinde RFID sisteminin kullanıldığı birçok sektör olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada RFID sisteminin en etkin kullanıldığı lojistik sektörü için RFID sisteminin seçimi çalışması yapılmıştır. Çizelge 2.5'te RFID sisteminin literatürdeki çalışmalarda seçiminin yapıldığı sektörler gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Literatürdeki RFID sistemi ile ilgili seçim çalışmalarında kullanılan yöntemler

Yayın Adı	FUZZY TOPSIS	FUZZY AHP	ELECTRE	DEMATEL	VIKOR	TOPSIS	ANP	AHP	Diğer
Evaluating RFID System Suppliers under Fuzzy Environment: based on Incomplete Linguistic Preference Relations (Wang, Chang ve Hsu, 2008)								✓	Eksik Dil Tercihleri İlişkileri
Using the Group Decision Making Matrix to evaluate RFID supplies (Peng, Wang ve Hsu, 2009)									Eksik Dil Tercihleri İlişkileri
Selection of RFID solution provider (Sari, 2013)	✓	✓							Monte Carlo Benzetimi
Improving RFID adoption in Taiwan's healthcare industry based on a DEMATEL technique with a hybrid MCDM model (Lu, Lin ve Tzeng, 2013)				✓	✓				DEMATEL Tabanlı Analitik Ağ Süreci
Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain (Kannan, Olfat, Khodaverdi, Jafarian ve Diabat, 2013)	✓	✓							Çok Amaçlı Doğrusal Programlama
Key factors for the adoption of RFID in the logistics industry in Taiwan (Fu, Lin, Du ve Hsu, 2015)		✓			✓				
Fuzzy decision making model for selection of real time location systems (Budak ve Üstündağ, 2015)			✓						

Çizelge 2.3. Literatürdeki RFID sistemi ile ilgili seçim çalışmalarında kullanılan yöntemler (Devam)

Yayın Adı	FUZZY TOPSIS	FUZZY AHP	ELECTRE	DEMATEL	VIKOR	TOPSIS	ANP	AHP	DİĞER
Otomatik tanımlama ve veri takip sistemi seçim kararında analitik ağ süreci yönteminin kullanılması ve bir uygulama (Salcan, 2016)							✓		
Multi-criteria optimization for selection of components from end-of-life products (Joshi ve Gupta, 2017)									Hedef Programlama
RFID service provider selection: An integrated fuzzy MCDM approach (Büyükoğkan, Karabulut ve Arsenyan, 2017)		✓							Bulanık Aksiyomatik Tasarım
A traslient decision making tool for vendor selection: a hybrid-MCDM algorithm (Mohammed, Harris ve Dukyl, 2018)			✓	✓		✓			
The most suitable mobile RFID reader selection by using interval type-2 fuzzy TOPSIS Method (Yıldız, Karakoyun ve Parlak, 2018)	✓								
Benchmark the best factory data collection system (FDC) using AHP-GRA Method (Gangurde, 2016)								✓	Gri İlişkisel Analiz
Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient Systems (Mohammed, Gunasekaran ve Mai, 2018)				✓				✓	

Çizelge 2.4. Literatürdeki RFID sistemi ile ilgili seçimler

Yayın Adı	RFID Etiket Seçimi	RFID Okuyucu Seçimi	RFID Türleri arası Seçim	RFID ile İkameleri arasında seçim	RFID Üretici Seçimi
Evaluating RFID System Suppliers under Fuzzy Environment: based on Incomplete Linguistic Preference Relations (Wang, Chang ve Hsu, 2008)					✓
Using the Group Decision Making Matrix to evaluate RFID supplies (Peng, Wang ve Hsu, 2009)					✓
Improving RFID adoption in Taiwan's healthcare industry based on a DEMATEL technique with a hybrid MCDM model (Lu, Lin ve Tzeng, 2013)					✓
Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain (Kannan, Olfat, Khodaverdi, Jafarian ve Diabat, 2013)					✓
The most suitable mobile RFID reader selection by using interval type-2 fuzzy TOPSIS Method (Yıldız, Karakoyun ve Parlak, 2018)		✓			
RFID service provider selection: An integrated fuzzy MCDM approach (Büyükoçkan, Karabulut ve Arsenyan, 2017)					✓
Key factors for the adoption of RFID in the logistics industry in Taiwan (Fu, Lin, Du ve Hsu, 2015)					✓

Çizelge 2.4. Literatürdeki RFID sistemi ile ilgili seçimler (Devam)

Yayın Adı	RFID Etiket Seçimi	RFID Okuyucu Seçimi	RFID Türleri Arası Seçim	RFID ile İkameleri Arasında Seçim	RFID Üretici Seçimi
Fuzzy decision making model for selection of real time location systems (Budak ve Üstündağ, 2015)			✓		
Benchmark the best factory data collection system (FDC) using AHP-GRA Method (Gangurde, 2016)				✓	
Otomatik tanımlama ve veri takip sistemi seçim kararında analitik ağ süreci yönteminin kullanılması ve bir uygulama (Salcan, 2016)				✓	
Multi-criteria optimization for selection of components from end-of-life products (Joshi ve Gupta, 2017)	✓				
A trasilient decision making tool for vendor selection: a hybrid-MCDM algorithm (Mohammed, Harris ve Dukyl, 2018)					✓
Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient Systems (Mohammed, Gunasekaran ve Mai, 2018)					✓
Selection of RFID solution provider (Sari, 2013)					✓

Çizelge 2.5. Literatürdeki RFID sisteminin seçiminin yapıldığı sektörler

Yayın Adı	Üretim Sektörü	Sağlık Sektörü	Tedarik Zinciri	Lojistik Sektörü	Diğer Sektörler
Evaluating RFID System Suppliers under Fuzzy Environment: based on Incomplete Linguistic Preference Relations (Wang, Chang ve Hsu, 2008)	✓				
Fuzzy decision making model for selection of real time location systems (Budak ve Üstündağ, 2015)		✓			
Benchmark the best factory data collection system (FDC) using AHP-GRA Method (Gangurde, 2016)					✓
Otomatik tanımlama ve veri takip sistemi seçim kararında analitik ağ süreci yönteminin kullanılması ve bir uygulama (Salcan, 2016)	✓				
Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient Systems (Mohammed, Gunasekaran ve Mai, 2018)			✓		
Selection of RFID solution provider (Sari, 2013)	✓				
Using the Group Decision Making Matrix to evaluate RFID supplies (Peng, Wang ve Hsu, 2009)			✓		

Çizelge 2.5. Literatürdeki RFID sisteminin seçiminin yapıldığı sektörler (Devam)

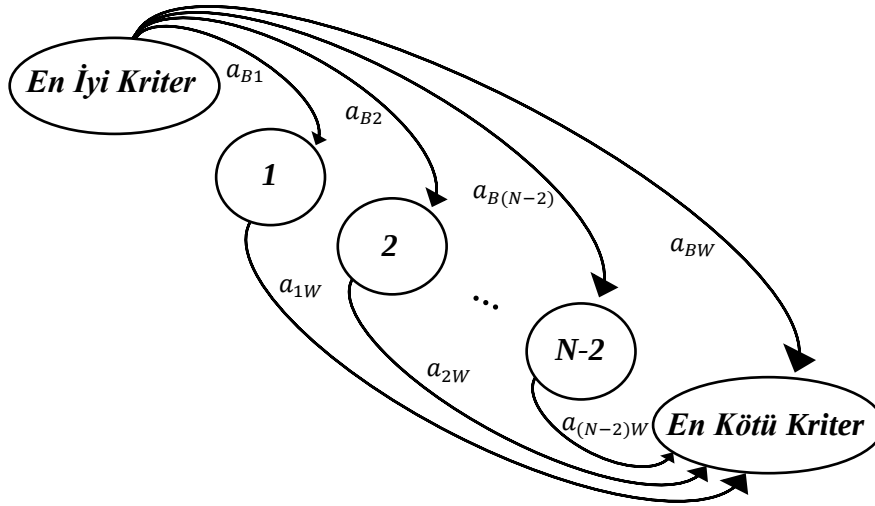
Yayın Adı	Üretim Sektörü	Sağlık Sektörü	Tedarik Zinciri	Lojistik Sektörü	Diğer Sektörler
Multi-criteria optimization for selection of components from end-of-life products (Joshi ve Gupta, 2017)			✓		
Improving RFID adoption in Taiwan's healthcare industry based on a DEMATEL technique with a hybrid MCDM model (Lu, Lin ve Tzeng, 2013)		✓			
Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain (Kannan, Olfat, Khodaverdi, Jafarian ve Diabat, 2013)			✓		
Key factors for the adoption of RFID in the logistics industry in Taiwan (Fu, Lin, Du ve Hsu, 2015)				✓	
RFID service provider selection: An integrated fuzzy MCDM approach (Büyükoçkan, Karabulut ve Arsenyan, 2017)	✓				
A traslient decision making tool for vendor selection: a hybrid-MCDM algorithm (Mohammed, Harris ve Dukyil, 2018)					✓
The most suitable mobile RFID reader selection by using interval type-2 fuzzy TOPSIS Method (Yıldız, Karakoyun veParlak, 2018)				✓	

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Kriterler ve alternatiflerin varlığında en iyi alternatifin bulunması için çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Yapılan tez çalışmasında mevcut problemin çözümü için BWM, MOORA ve PROMETHEE çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu bölümde kullanılan yöntemler detaylı şekilde açıklanmaktadır.

3.1. En İyi – En Kötü Yöntemi

En iyi – En kötü yöntemi (Best-Worst Method – BWM) Dr. Jafar Rezaei (2015) tarafından çok kriterli karar verme yöntemi olarak önerilmiştir. BWM yönteminde karar verici tarafından en iyi (en önemli) ve en kötü (en önemsiz) kriterler belirlenmektedir. Belirlenen en iyi ve en kötü kriterler, diğer kriterlerle ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Karşılaştırma sonucunda ise kriter çiftlerine karar verici tarafından değerler verilmektedir. Tüm işlemler sonucunda kriterlerin en uygun ağırlıkları elde edilmektedir (Rezaei, 2015).



Şekil 3.1. En iyi-En Kötü yöntemi ikili karşılaştırmalar (Rezaei, 2015)

Rezaei (2015) tarafından geliştirilen BWM yöntemi altı adımdan oluşmaktadır. BWM yönteminin adımları aşağıda verilmektedir.

Adım 1. Karar problemine etkisi bulunan bir dizi karar kriteri belirlenir ve $c_1, c_2, \dots, c_n$ olarak gösterilir. Bu, karara varmak için kullanılacak kriterlerin tanımlanması anlamına gelir. Alternatiflerin performans değerleri bu kriterlere göre belirlenir.

Adım 2. Karar verici tarafından n kriter arasından en iyisi (en çok istenen, en önemli) ve en kötü (en az istenen, en önemsiz) kriterler belirlenir. En iyi kriter, en çok arzu edilen, en çok tercih edilen veya en önemli kriter olurken, en kötü olarak seçilen kriter tam tersi, en az arzu edilen, en az tercih edilen veya en az önemli olan kriterler olmaktadır. Burada, kriterlerin değerleri değil, sadece kriterler dikkate alınır.

Adım 3. Karar vericiler tarafından seçilen en iyi kriterin diğer tüm kriterlere göre tercihi belirlenmektedir. Bu değeri belirlemek için 1 ile 9 arasında bir sayı kullanılmaktadır. (1: eşit derecede önemli, 3: orta derecede daha önemli, 5: yüksek derecede önemli 7: çok daha yüksek derecede önemli, 9: son derece daha önemli).

Bu durumda en iyi kriter – diğer kriterler vektörü $A_B = (a_{B1}; a_{B2}; \dots; a_{Bn})$ oluşturulurken a_{Bj} , j . kriterin en iyi kriter B 'ye göre tercihini belirtir. $a_{BB} = 1$ olduğu kesindir.

Adım 4. Karar vericiler tarafından en kötü kriterin diğer kriterlerle karşılaştırılması yapılmaktadır. Diğer tüm kriterlere göre en kötü kriterin tercihi belirlenmektedir. Bu değeri belirlemek için 1 ile 9 arasında bir sayı kullanılmaktadır. (1: eşit derecede önemli, 3: orta derecede daha önemli, 5: yüksek derecede önemli 7: çok daha yüksek derecede önemli, 9: son derece daha önemli).

Diğer kriterler – En kötü kriter vektörü $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$ ise burada a_{jW} , j kriterinin en kötü kriter W üzerindeki tercihini belirtir. $a_{WW} = 1$ olduğu açıktır.

Adım 5. Bu adımda kriterler için en uygun ağırlıklar ($W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*$) bulunmaktadır.

W_B :En iyi kriter ağırlığı,

W_j : j. kriter ağırlığı,

W_W : En kötü kriter ağırlığı,

Kriterlerin optimal ağırlıklarını belirlemek için, tüm j kriterleri için maksimum mutlak fark $\left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \right\}$ minimize edilmelidir. Ağırlıkların negatif olmaması koşulu ile toplam koşulu düşünüldüğünde problem Denklem 3.1, Denklem 3.2 ve Denklem 3.3'teki gibi formülize edilmektedir (Rezaei, 2015).

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \right\} \quad (3.1)$$

$$\sum_j W_j = 1 \quad (3.2)$$

$$W_j \geq 0 \quad (\forall j \text{ için}) \quad (3.3)$$

Denklem 3.1, Denklem 3.2 ve Denklem 3.3 doğrusal hale getirildiğinde Denklem 3.4, Denklem 3.5, Denklem 3.6, Denklem 3.7 ve Denklem 3.8 elde edilmektedir.

$$\min \xi \quad (3.4)$$

$$\left| \frac{W_B}{W_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi \quad (\forall j \text{ için}) \quad (3.5)$$

$$\left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \leq \xi \quad (\forall j \text{ için}) \quad (3.6)$$

$$\sum_j W_j = 1 \quad (3.7)$$

$$W_j \geq 0 \quad (\forall j \text{ için}) \quad (3.8)$$

Bu denklemlerin ortak çözümü ile kriterlerin en uygun ağırlıkları ($W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*$) ile tutarlılık endeksi (ξ^*) değeri bulunur.

Adım 6. Karşılaştırmaların tutarlılığını öğrenmek için Çizelge 3.1'de bulunan tutarlılık endeks değerlerinden yararlanılır. ξ değeri çözülen problemin tutarlılık oranlarını

bildirmektedir. Eğer, tüm j kriterleri $a_{Bj} * a_{jW} = a_{BW}$ denklemini gerçekleştiriyorsa karşılaştırmalar tamamen tutarlıdır (Rezaei, 2015).

Çizelge 3.1. Tutarlılık endeksi (Rezaei, 2015)

a_{BW}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tutarlılık Endeksi (ξ)	0.00	0.44	1.00	1.63	2.30	3.00	3.73	4.47	5.23

Tutarlılık oranı, hesaplanan ξ^* değeri ve Çizelge 3.1’de verilen ξ değeri oranlanarak hesaplanabilir.

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\xi^*}{\xi (\text{Tutarlılık Endeksi})} \quad (3.9)$$

Denklem 3.9’da verilen ξ^* değeri arttıkça karşılaştırmalardaki tutarlılık oranlarının zayıf ve daha az güvenilir olduğu, azaldıkça veya diğer bir ifadeyle sıfıra yaklaştıkça ise tutarlılık oranlarının yüksek ve daha güvenilir olduğu anlaşılmaktadır. Birden küçük değerlerin tutarlılığının yeterli olduğu kabul edilmektedir (Rezaei, 2015).

3.2. MOORA Yöntemi

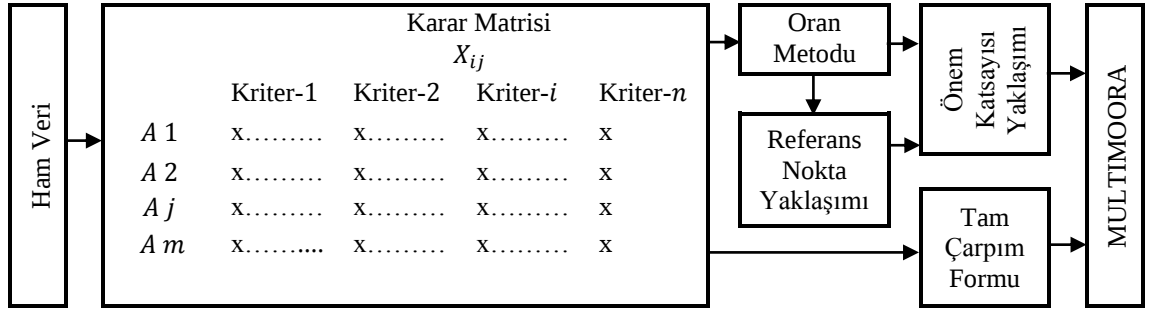
MOORA yöntemi Willem Karel M. Brauers ve Edmundas Kazimieras Zavadskas (2006) tarafından yazılan “Control and Cybernetics” adlı çalışmaları ile bir bütün halinde tanıtılmıştır. MOORA yöntemi tek bir yöntem olmayıp çeşitli yaklaşımları bulunmaktadır. MOORA yaklaşımları aşağıda verilmektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006).

- MOORA-Oran Metodu
- MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı
- MOORA-Önem Katsayısı
- MOORA-Tam Çarpım Formu
- MULTI-MOORA

MOORA yönteminin kullanıldığı çalışmalarda çoğunlukla oran metodu veya referans nokta yaklaşımı kullanıldığı gözlenmiştir. İki yaklaşımın problemlerin çözümü için birlikte kullanıldığı bazı çalışmalar da bulunmaktadır. Yaklaşımlardan iki veya daha çoğunun yer aldığı çalışmalarda analizler yapılarak karar verilmek istenen alternatiflerin sıralaması elde edilmektedir. MOORA yönteminin öne çıkan bazı avantajları bulunmaktadır. Başlıca avantajlar aşağıda verilmektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006).

- Aynı anda tüm amaçların değerlendirmesine olanak sağlaması,
- Alternatifler ve amaçlar arası birbirini etkileyen durumların bütün halinde değerlendirilmesi,
- Kullanılacak verilerin güncel olması,
- Yöntemin öznel ağırlıklı olmaması ve nesnel, yönsüz değerler kullanılması,
- Tüm etki altında olanların aynı anda hesaba katılması (Karar verici, müşteri vb.)
- Sıralı olmaması,
- MOORA tekniklerinin farklı kullanımı ile karşılaştırmalı değerlendirmeye olanak sağlaması,

Çeşitli MOORA yöntemlerinden tam çarpım formu hariç hepsi ilk sırada yer alan oran yöntemi ile başlamaktadır. Geliştirilen bu yöntemler neticesinde modelin dayanıklılığın en üst noktaya taşınması amaçlanmıştır. Aslında MULTI–MOORA tek başına bir yöntem ya da model değildir, ancak farklı MOORA yöntemlerinden elde edilen sonuçların sıralamaları ile en son gözlenen baskınlıklarına göre son bir değerlendirme yapılmasına olanak tanımaktadır. Böylece MOORA yönteminin mevcut çok amaçlı karar verme yöntemleri içerisinde dayanıklılığını arttırmaktadır. Şekil 3.2’de MOORA yaklaşımları diyagramı verilmiştir (Brauers ve Zavadskas, 2006).



Şekil 3.2. MOORA yöntemi diyagramı (Brauers ve Zavadskas, 2006)

3.2.1.MOORA-Oran yöntemi

Oran yöntemi geliştirilen ilk MOORA yöntemi olup sonraki yöntemlerin temelini oluşturmuştur. MOORA-Oran yönteminin adımları aşağıda verilmektedir.

Adım 1. Kriterlerin ve alternatiflerin değerlerinin belirlenmesidir. Kriterlerin belirlenmesi ve matriste yer alan alternatiflerin farklı kriterlere göre değerlerinin verilmesi ile başlamaktadır. Böylece oluşturulan matris Şekil 3.2’de gösterilen karar matrisi gibi olacaktır. Burada x_{ij} , i . alternatifin j . kritere ya da niteliğe bağlı değerini vermektedir. m alternatiflerin, n ise amaçların ya da niteliklerin sayısını vermektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006).

Adım 2. Oluşturulan matrisin normalleştirilmesi yapılmaktadır. Matrisin normalleştirilmesi için kısıtların maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olup olmadığı gözetilmeksizin Denklem 3.10 kullanılır. x_{ij}^* : j . kritere göre i . alternatifin normalleştirilmiş değeri verilmektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006).

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.10)$$

Adım 3. Elde edilen normalleştirilmiş maksimizasyon yönlü kriterlerin aldığı değerler toplamından, minimizasyon yönlü kriterlerin aldığı değerler toplamı çıkarılır. Bu işlem Denklem 3.11’de gösterilmektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006).

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (3.11)$$

Burada g ; maksimizasyon yönlü kriterlerin sayısını, $n - g$; minimizasyon yönlü kriterlerin sayısını ve y_i^* ; ise i . alternatifin tüm kriterlere göre normalleştirilmiş değerini ifade etmektedir. Denklemden elde edilen y_i^* değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sıralama sonucuna göre ilk sıradaki alternatif en uygun alternatif olarak belirlenmektedir (Brauers ve Zavadskas, 2006).

3.2.2. MOORA-Referans noktası yaklaşımı

Bu yöntemde MOORA-Oran yöntemi ile elde edilen normalleştirilmiş değerler esas alınmaktadır. Referans noktası yaklaşımında alternatiflerin her bir kritere göre kriterin maksimizasyon yönlü olması durumunda en iyi değeri, minimizasyon yönlü olması durumunda ise en düşük değeri referans noktası (r_j) olarak belirlenmektedir. Alternatiflerin her bir kritere göre referans noktasına olan uzaklıkları (d_{ij}) Denklem 3.12 kullanılarak hesaplanmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2006).

$$d_{ij} = |r_j - x_{ij}^*| \quad (3.12)$$

Denklem 3.13'te kullanılarak alternatiflerin sıralaması elde edilmektedir. Her alternatifin en yüksek değeri bu denklemle bulunmaktadır (P_i). Alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralandığında ilk sırada yer alan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenmektedir (Stanujkic ve diğerleri, 2012).

$$P_i = \min_i \left(\max_j d_{ij} \right) \quad (3.13)$$

3.2.3.MOORA-Önem katsayısı yaklaşımı

Bu yaklaşımda da MOORA-Oran yöntemi ile elde edilen normalleştirilmiş değerler esas alınmaktadır. Bazı hallerde kriterlerin önem derecesinde farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu durumlar gözlemlendiğinde alternatiflerin değerleri Denklem 3.14'te verilmektedir. Burada w_j , kriterlerin önem ağırlıklarını vermektedir.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (3.14)$$

Referans noktası yaklaşımındaki kriterlerin önem ağırlıklarının dikkate alındığı önem katsayısı yaklaşımı etkili yaklaşımlardan biridir. Bu durumda Denklem 3.12'nin geliştirilmesiyle kriterlerin önem ağırlıklarının da gözetildiği Denklem 3.15 elde edilmektedir.

$$d_{ij}^* = w_j |r_j - x_{ij}^*| \quad (3.15)$$

d_{ij}^* değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandığında sıralamada ilk sırada yer alan alternatif en uygun alternatif olarak belirlenmektedir (Stanujkic ve diğerleri, 2012).

3.2.4.MOORA-Tam çarpım yaklaşımı

Brauers ve Zavadskas (2010) tarafından MOORA yönteminin tam çarpım yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, her bir alternatifin minimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpılarak her bir alternatifin maksimizasyon yönlü kriterlerinin değerleri çarpımına bölünmektedir. Bu işlem Denklem 3.16'da verilmektedir. Denklem 3.16'da gösterilen A_i ve B_i değerleri Denklem 3.17 ve Denklem 3.18 ile hesaplanmaktadır.

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

m ; alternatiflerin sayısı,

j ; maksimizasyon yönlü kriter sayısı,

$n - j$; minimizasyon yönlü kriter sayısı,

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (3.16)$$

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (3.17)$$

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (3.18)$$

U_i alternatiflerin son değerlerini göstermektedir. U_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve ilk sıradaki alternatif en uygun alternatif olarak belirlenmektedir.

3.2.5. MULTIMOORA yaklaşımı

MULTIMOORA yaklaşımı da diğer MOORA yaklaşımları gibi Brauers ve Zavadskas (2010) tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu yaklaşım MOORA ve tam çarpım yaklaşımlarının bir özet halinde ifade edilmesidir. MULTIMOORA yaklaşımındaki temel amaç öncelikli alternatifleri belirleyerek karar vericiye kolaylık sağlayabilmektir. MULTIMOORA yaklaşımında, MOORA yaklaşımlarının mevcut probleme uygulanması sonucunda alternatifler için elde edilen sıralamalar aynı anda değerlendirilerek bir üstünlük karşılaştırması yapılır ve sıralama son halini alır (Brauers ve Zavadskas, 2010).

3.3. PROMETHEE Yöntemi

Alternatiflerin daha önce belirlenen tercih fonksiyonları kullanılarak araştırılması sonucunda da seçimin gerçekleşmesine PROMETHEE yöntemi denilmektedir. Diğer yöntemlerden farklı olarak alternatifler için tam öncelikler elde edilmesinin yanında kısmi önceliklere de yer vermektedir. Bu sayede daha detaylı çözümlemelere olanak sağlanmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin içinde en çok tercih edilen önceliklendirme yöntemlerinden biri PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemidir. Bu yöntem literatürdeki diğer yöntemlerin kullanılmasında yaşanan zorlukların giderilmesi amacıyla geliştirilen yeni bir yaklaşımdır (Dağdeviren ve Eraslan, 2008).

Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi ve Aghdassi (2010), yaptıkları çalışmalarında, PROMETHEE yönteminin kullanıldığı çok sayıda makaleyi inceleyerek uygulama alanlarına göre sınıflandırma yapmışlardır. Çevre yönetimi, işletme ve finans yönetimi, kimya, lojistik ve ulaşım, imalat ve montaj, enerji yönetimi, sosyal alanlar ve diğer alanlar olarak sınıflandırılan makalelerde PROMETHEE'nin diğer çok kriterli karar verme yöntemleriyle (AHP, GAIA vb.) birlikte kullanıldığı gözlenmektedir (Behzadian, 2010).

PROMETHEE yöntemi lojistik sektöründe lokasyon, tedarikçi seçim problemleri, farklı sektörlerde üretim ve ulaşım sorunlarının çözümü gibi problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. PROMETHEE yöntemi alternatifleri, tercihlerle ilgilerine göre sıralamak ve seçimini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır (Behzadian, 2010).

Ishzaka (2011) tarafından karar vericinin liderliğinde ve tercihlerle iletişim halinde olduğu bir yaklaşım önerilmiştir. PROMETHEE ve GAIA'nın birlikte kullanıldığı çok kriterli karar verme problemlerinde karar vericinin seçtiği aynı olmayan tercih değişkenlerinin değişik sıralamalarla sonuçlandığı ispatlanmıştır (Ishzaka, 2011).

PROMOTHEE yöntemi ilk aşamada PROMETHEE I VE PROMETHEE II olarak yöntemi geliştiren Brans (1982) tarafından Kanada'da bir konferansta tanıtılmıştır. Sağlık alanında Davington (1982) tarafından ilk kez uygulanmıştır. PROMETHEE I kısmi sıralamanın yapıldığı tam sıralamaya kıyasla daha kısa süren ve PROMETHEE II tam sıralamanın yapıldığı yöntemler olarak sunulmuştur (Ömürbek ve Eren, 2016).

Brans ve Mareschal (1982), tarafından PROMETHEE yönteminin tanıtımından bir süre sonra belirli aralıklarla meydana gelen problemlerin çözümü için aralıklı sıralama tekniği olarak PROMETHEE III yöntemini geliştirmişlerdir. Sürekliliği olan problemlerin çözümünde ise devamlı sıralamayı esas alan PROMETHEE IV yöntemini önermişlerdir. Brans ve Mareschal (1988) tarafından PROMETHEE yönteminin görsel olarak anlaşılması için GAIA yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem de problemlerin çözümü için grafik gösterimler sağlamaktadır (Ömürbek ve Eren, 2016).

İlerleyen yıllarda Brans ve Mareschal tarafından parçalanmış kısıtları bulunan çok kriterli karar verme problemlerinin çözümlendiği PROMETHEE V geliştirilmiştir. Daha sonra ise insan beyninin çalışma sisteminin esinlenildiği PROMETHEE VI geliştirilmiştir. Böylece Brans ve Mareschal karşılaşılan problemleri çözmek için altı yeni yöntem geliştirmişlerdir (Ömürbek ve Eren, 2016).

Genellikle karar problemlerinde birden fazla kriter bulunmaktadır. Karar vericiler farklı kriterleri düşünerek bunlara önem derecesine bağlı ağırlık değerleri vermektedirler. Çok kriterli karar verme problemlerinde en zor olan seçimi yapılacak alternatiflerin en uygununun belirlenmesi veya belli bir sırayla listelenmesidir. Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için en etkin ve en basit yöntemlerden biri PROMETHEE yöntemidir (Ömürbek ve Eren, 2016).

PROMETHEE yönteminde alternatiflerin en çok tercih edilenden en az tercih edilene doğru sıralanması yapılmaktadır. Bu sıralamanın görsel olarak ifade edilmesi için GAIA düzleminden yararlanılır. GAIA düzleminde, kriterler ağırlıklarıyla dikkate alındığında alternatiflerin kriterlerle uygunluklarına göre eşleşmesi grafiksel halde ifade edilmektedir. Bu grafiksel ifade karar vericinin problemi tanımlamasını aynı zamanda alternatiflerle kriterlerin nasıl eşleştiğini anlatmasını kolaylaştırmaktadır. GAIA yönteminin bazı amaçları gerçekleştirmede de yardımcı olmaktadır. Bu amaçlar kriterlerin tercih oranlarının anlaşılması, aynı tür alternatiflerin gruplanması, kriterlere bağlı olarak alternatiflerin değerlendirilerek seçiminin yapılması, alternatiflerin birbirine üstünlüğünün olmadığı durumların anlaşılması için görsel olarak ifade edilmesi olarak sayılabilmektedir (Onan, 2014).

GAIA düzlemiyle ifade edilen geometrik gösterim PROMETHEE yönteminin sonuçlarını diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin sonuçlarından daha anlaşılır ve hızlı sonuçlanabilir bir hale getirmektedir (Genç, 2013).

Çok kriterli karar verme yöntemleri içinde yer alan PROMOTHEE yönteminin farklı yönü seçim kriterlerinin birbiriyle bağımlı olduğunu anlatan ağırlıkların varlığı ve tüm seçim kriterlerinin kendi içlerindeki ilişkinin göz önünde bulundurulmasıdır. Seçim kriterlerinin iç ilişkisi verilerin istatistiksel analizleri ile tanımlanır ve bu yöntemde altı değişik dağılım kullanılmaktadır. PROMETHEE yönteminin adımları aşağıda verilmektedir (Dinçer, Ekin ve Karakaş, 2017).

Adım 1: Karar verici tarafından alternatifler ve seçim kriterleri tanımlanır. Sonra seçim kriterlerine önem ağırlıkları verilir. Bunun sonucunda oluşan veri matrisinin genel yapısı Çizelge 3.2’de gösterilmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2017).

Çizelge 3.2. PROMETHEE yöntemi veri matrisi (Ömürbek ve Eren, 2016)

		Değerlendirme Kriteri				
		f_1	f_2	f_3	...	f_k
Alternatifler	A	$f_1(A)$	$f_2(A)$	$f_3(A)$	...	$f_k(A)$
	B	$f_1(B)$	$f_2(B)$	$f_3(B)$	...	$f_k(B)$
	C	$f_1(C)$	$f_2(C)$	$f_3(C)$	...	$f_k(C)$
	...	...	...	...	...	...
Ağırlıklar	w_i	w_1	w_2	w_3	...	w_k

Adım 2: Belirlenen değerlendirme kriterlerine ilişkin tercih fonksiyonları belirlenmektedir. Altı adet tercih fonksiyonu bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar Çizelge 3.3’te gösterilmektedir. Çizelge 3.3’te gösterilen tercih fonksiyonları kullanılarak, alternatiflerin kriterlere göre ikili karşılaştırmaları yapılır. PROMETHEE yönteminin sonucunda, alternatifler ve seçim kriterleri açısından kesin bir faydadan söz edilemez (Dinçer ve diğerleri, 2017).

q ; farksızlık değeri

p ; kesin tercih eşiği

s ; p ve q arasındaki ara değer ya da standart sapma

q değeri, seçim kriterlerinin alternatiflere göre en yüksek fark değeri, p değeri ise en düşük fark değeridir. Karar verici tarafından alternatifler için kullanılacak tercih fonksiyonları, seçim kriterlerinden elde edilen verilerin dağılımına bakılarak bulunmaktadır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

Çizelge 3.3. PROMETHEE tercih fonksiyonları (Dinçer ve diğerleri, 2017)

Fonksiyon Tipi	Fonksiyon	Parametre
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	---
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
Üçüncü Tip (V tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
Dördüncü Tip (Kademeli)	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
Beşinci Tip (Doğrusal)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ (d - s)/r, & s \leq d \leq s + r \\ 1, & d \geq s + r \end{cases}$	s, r
Altıncı Tip (Gaussian)	$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & d \geq 0 \end{cases}$	σ

Çizelge 3.3'teki d değeri bir kriter için iki alternatifin aldığı değerler arasındaki farktır. Karar vericiye bir alternatif için istenilen bir seçimde bulunabilmesine veya alternatifleri seçtiği kısıtlarla sınırlandırmasına imkân vermesi çok kriterli karar verme yöntemleri içindeki PROMETHEE yönteminin diğer yöntemlere göre avantajıdır. Bunu tercih fonksiyonları sayesinde başarmaktadır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

- a. Bir kriter için belirli bir tercih değeri mevcut değilse karar vericinin o kriter için belirlediği tercih fonksiyonu Birinci Tip (olağan) tercih fonksiyonudur (Dinçer ve diğerleri, 2017).
- b. Bir kriter için karar verici tarafından belirlenen tercih değerinden yüksek değerleri olan alternatiflerden biri karar verici tarafından tercih edilecekse kullanılacak tercih fonksiyonu İkinci Tip (U tipi) tercih fonksiyonudur (Dinçer ve diğerleri, 2017).
- c. Bir kriter için karar verici tarafından belirlenen tercih değerinden yüksek değerleri olan alternatiflerden biri karar verici tarafından seçilmek isteniyorsa fakat düşük değere sahip alternatiflerin de göz ardı edilmesini istemiyorsa tercih fonksiyonlarından Üçüncü Tip (V tipi) tercih fonksiyonu seçilmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2017).
- d. Karar vericinin bir değerlendirme kriteri açısından belirli bir değer aralığı belirleyip tercih yapacağı durumlarda Dördüncü Tip tercih fonksiyonu seçilmelidir (Dinçer ve diğerleri, 2017).
- e. Karar verici bir kriter açısından, tercihini ortalamanın üzerinde değere sahip alternatiflerden yana kullanmak isterse tercih fonksiyonlarından Beşinci Tip (doğrusal) tercih fonksiyonu kullanılmalıdır (Dinçer ve diğerleri, 2017).
- f. Karar verici bir kriter için ortalamadan sapma değerlerine bakarak tercih yapmak isterse, kullanacağı tercih fonksiyonu Altıncı Tip (Gaussian) tercih fonksiyonu olmalıdır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

Adım 3: Tüm değerlendirme kriterleri için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları seçilen tercih fonksiyonları göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. A ve B 'nin alternatiflerden ikisini temsil etmesi halinde ortak tercih fonksiyonu (P) Denklem 3.19 yardımıyla hesaplanmaktadır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

$$P(A, B) = \begin{cases} 0 & f(A) \leq f(B) \\ p[f(A) - f(B)] & f(A) > f(B) \end{cases} \quad (3.19)$$

Alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılması için değerlendirme kriterlerinin maksimizasyon yönlü veya minimizasyon yönlü olup olmadığına bakılmalıdır. Daha sonra işlemler yapılmaktadır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

Adım 4: Alternatifler için ortak tercih fonksiyonlarının kullanılmasıyla ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Bu aşamada alternatiflere ait tercih indeksleri (π) Denklem 3.20 ile bulunmaktadır. Bu denklemdeki k değeri değerlendirme kriterlerinin adetini, w ağırlığı, P tercih fonksiyonunu belirtmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2017).

$$\pi(A, B) = \sum_{i=1}^k (w_i P_i(A, B)) \quad (3.20)$$

Adım 5: Alternatiflerin pozitif (ϕ^+) üstünlük değeri Denklem 3.21 ve negatif (ϕ^-) üstünlük değerleri Denklem 3.22 kullanılarak bulunmaktadır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

$$\phi^+ = \frac{1}{n-1} \sum \pi(A, x) \quad (3.21)$$

$$\phi^- = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, A) \quad (3.22)$$

Buradaki denklemlerde kullanılan x değeri, A alternatifi dışında kalan alternatifleri temsil etmektedir. Bunun sonucunda iki denklemde de n adet alternatifin üstünlük değerleri $n - 1$ üstünlük değerinin toplamından elde edilmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2017).

Adım 6: PROMETHEE I yöntemiyle kısmi sıralamanın yapıldığı aşamadır. Alternatiflerle alakalı negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır. Bunun sonucunda üç durum meydana gelebilmektedir. Bunlar bir alternatifin diğer alternatife üstünlüğü, alternatiflerin eşitliği ve alternatiflerin karşılaştırılamaması durumlarıdır. A alternatifinin B alternatifine üstün gelebilmesi için

Denklem 3.23, Denklem 3.24 veya Denklem 3.25'ten herhangi birinin sağlanması gerekmektedir (Dinçer ve diğerleri, 2017).

$$\begin{cases} \phi^+(A) > \phi^+(B) \text{ ve } \phi^-(A) < \phi^-(B) \\ \text{yada} \\ \phi^+(A) > \phi^+(B) \text{ ve } \phi^-(A) = \phi^-(B) \Rightarrow A, B' \text{ den üstündür.} \\ \text{yada} \\ \phi^+(A) = \phi^+(B) \text{ ve } \phi^-(A) < \phi^-(B) \end{cases} \quad (3.23)$$

$$\{\phi^+(A) = \phi^+(B) \text{ ve } \phi^-(A) = \phi^-(B) \Rightarrow A, B' \text{ den farksızdır.} \quad (3.24)$$

$$\begin{cases} \phi^+(A) > \phi^+(B) \text{ ve } \phi^-(A) > \phi^-(B) \\ \text{yada} \\ \phi^+(A) < \phi^+(B) \text{ ve } \phi^-(A) < \phi^-(B) \end{cases} \Rightarrow A \text{ ile } B \text{ karşılaştırılmaz.} \quad (3.25)$$

Adım 7: PROMETHEE II yöntemiyle alternatiflerin tam sıralamasının yapıldığı aşamadır. Tüm alternatiflerin Denklem 3.26 ile tam öncelikleri bulunmakta ve tam sıralamanın ortaya çıkması için büyükten küçüğe sıralanmaktadır (Dinçer ve diğerleri, 2017).

$$\phi(A) = \phi^+(A) - \phi^-(A) \quad (3.26)$$

Denklem 3.26'ya göre A ve B gibi iki karar noktası için Denklem 3.27 ve Denklem 3.28 verilmektedir.

$$\phi(A) > \phi(B) \Rightarrow A \text{ alternatifi } B \text{ alternatifinden üstündür.} \quad (3.27)$$

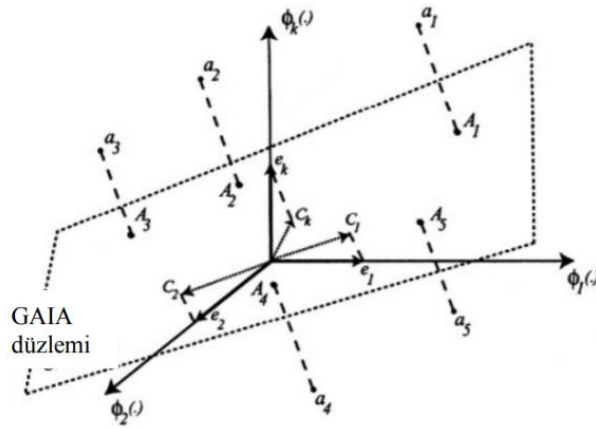
$$\phi(A) = \phi(B) \Rightarrow A \text{ alternatifi ile } B \text{ alternatifi arasında fark yoktur.} \quad (3.28)$$

3.4. PROMETHEE - GAIA Düzlemi

Karar verme problemlerinde birden fazla alternatifin varlığında, alternatiflerin birden fazla kriteri de mevcut olduğundan görsel bir anlatım zorlaşmaktadır. Her kriterin farklı

bir boyut olarak ifade edildiği çok boyutlu bir uzay düşünüldüğünde, alternatifler her kriterin çok boyutlu uzayında bir nokta olarak gösterilebilmektedir. Fakat kriter sayısı üçten fazla olduğu hallerde uzayda boyutların gösterimi zorlaşmaktadır (Genç, 2013).

Alternatiflerin kriter sayısı kadar boyutu bulunan bir uzayda gösteriminin ardından temel birleşenler analiz (Principal Component Analysis – PCA) yöntemiyle kriterlerin ve alternatiflerin anlaşılabilir bir gösterime kavuşması sağlanmaktadır. Böylece karar vericiye gösterilmesi için kriter sayısı kadar boyutlu uzaydan iki boyutlu bir düzleme izdüşümleri hesaplanmakta ve iki boyutlu uzay elde edilmektedir. Alternatifler ve kriterlerin yer aldığı bu yeni düzleme GAIA düzlemi adı verilmektedir. Şekil 3.3'te GAIA düzlemi gösterilmektedir (Genç, 2013).



Şekil 3.3. Alternatiflerin ve kriterlerin GAIA düzlemi üzerine iz düşümleri (Brans ve Mareschal, 2005)

GAIA düzleminin amacı kriter sayısı boyutlu uzaydan iki boyutlu düzleme geçişte kriter sayısı boyutlu uzaydaki en iyi noktadan alternatiflerin ve kriterlerin izdüşümünü sağlamaktır. Bu sayede GAIA düzlemi tarafından kriter sayısı boyutlu uzaydan sağlanabilecek en fazla sayıdaki bilgi iki boyutlu uzaya aktarılabilir (Genç, 2003).

4. BULGULAR

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri içerisinde yer alan RFID sistemini oluşturan parçaların, lojistik sektöründeki önemli kriterlere göre seçimi istenildiğinde karar verici için oluşan zorluklara çözüm bulunması bu tez çalışmasının ana konusudur. Seçim problemi, mevcut kriterlerin, alternatiflere etkisi incelendiğinde alternatifler arasından seçim yapılması karmaşık ve zor bir süreçtir. Bu çalışmada karşılaşılan zorlukların çözümü için çok kriterli karar verme yöntemleri ile sonuca ulaşmak istenmektedir. Problem çözümünün ilk aşamasında BWM yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra ise MOORA ve PROMETHEE yöntemleriyle alternatiflerin seçimi için en uygun sıralamalar belirlenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu işlemlerin sonucunda karar vericiye olası en iyi çözüm sunularak karar verme süreci tamamlanmıştır.

4.1. Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi

Kriterler, kaynak araştırması ve Bursa'da lojistik sektöründe yer alan beş farklı işletmenin yöneticileriyle gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Yapılan incelemeler ve görüşmeler sonucunda RFID sistemini oluşturan bileşenlerin seçiminde dikkate alınması gereken kriterler Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te yer almaktadır. Çizelgelerdeki sıralamalar önem sırasına göre olmayıp rastgele bir dizilime sahiptir. Alternatiflerin belirlenmesinde ise sektörde RFID sisteminin üreticisi olarak bilinen markaların ürünleri incelenmiştir. Karar vericilerin kriterlerini karşılayan beş farklı ürün çeşidi alternatif olarak seçilmiştir. RFID sistemini oluşturan bileşenlerin her biri için beş farklı alternatif bulunmaktadır. Çizelge 4.1'de RFID sistemini oluşturan en önemli parça olarak bilinen RFID okuyucu için seçim kriterleri sıralanmıştır.

Çizelge 4.1. RFID okuyucu seçim kriterleri

Kriter No.	Kriter Açıklaması
Kriter 1	Frekans
Kriter 2	Okuma Mesafesi (cm)
Kriter 3	Boyutu (mm)
Kriter 4	Fiyatı
Kriter 5	Garanti Süresi
Kriter 6	Çalışma Türü (Tetikli, Otomatik)
Kriter 7	Saniyede Okunan Etiket Sayısı
Kriter 8	Depolama Özelliği (MB)
Kriter 9	Anten Port Sayısı
Kriter 10	Sabit veya Mobil Olması
Kriter 11	Harcanan Enerji
Kriter 12	İnternete Bağlanabilme Özelliği
Kriter 13	Kalite Belgesi

- Kriter 1: RFID okuyucu seçimi için belirlenen kriterlerden ilki frekanstır. RFID okuyucusu düşük frekans (LF) 125–134 kHz, yüksek frekans (HF) 13.56 MHz, ultra yüksek frekans (UHF) 860–960 MHz ile 2.45 GHz aralığında ve süper yüksek frekans (SHF) 5.8 GHz ana frekans değerlerinde kullanılabilir.
- Kriter 2: Bahsedilen okuma mesafesi RFID okuyucusunun RFID etiketini okuyabildiği maksimum uzaklık olarak ifade edilmektedir.
- Kriter 3: RFID okuyucunun kalınlık ölçüsü, boyut olarak belirlenmiştir.
- Kriter 4: RFID okuyucunun fiyatıdır. Bu kriter RFID okuyucusunun karar vericiye olan maliyetidir.
- Kriter 5: Garanti süresidir. Bu süre RFID okuyucusunun kırılma, bozulma, arızalanma gibi durumlarda üreticisi ile temasa geçilerek düzeltme işlemlerinin daha uygun maliyetle yapılabilmesi, satın alınma döneminden itibaren geçerli olan en uzun zaman dilimidir.
- Kriter 6: RFID okuyucunun tetikli yani RFID etiketinden gelen radyo frekansı ile çalışması veya otomatik olarak herhangi bir radyo frekansı ile tetiklenmeden çalışması olarak ifade edilmektedir.
- Kriter 7: RFID okuyucunun saniyede okuyabileceği en yüksek sayıdaki etiketi ifade etmektedir.
- Kriter 8: RFID okuyucunun etiketten aldığı verileri depolayabileceği depolama alanının büyüklüğünü MB (megabyte) cinsinden göstermektedir.

- Kriter 9: RFID okuyucunun okuma mesafesini ve alanını arttırmak amacıyla okuyucuya bağlanabilecek en fazla anten portunun sayısını vermektedir.
- Kriter 10: RFID okuyucunun sabit olması, hareket etmeden bir yere sabitlenerek kullanılması iken okuyucunun mobil olması hareket halinde okuyucunun kullanılabilmesi anlamına gelmektedir.
- Kriter 11: RFID okuyucunun batarya veya bağlı bulunduğu hattan kullandığı voltaj birimini ifade etmektedir.
- Kriter 12: RFID okuyucunun internete bağlanabilmesi özelliği ile okuyucunun yazılım güncellemesi, hata giderilmesi ve verilerin yazılımlarla bilgisayar ortamına aktarılabilmesi sağlanmaktadır.
- Kriter 13: RFID sisteminin uluslararası kullanıma uygunluğu ve çeşitli çevre kanunlarına uygunluğu için aldığı belgelerdir.

RFID okuyucu için belirlenen kriterler sonrasında, Çizelge 4.2’de gösterilen RFID sistemini oluşturan parçalardan bir diğeri olan RFID etiket için seçim kriterleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. RFID etiket seçim kriterleri

Kriter No.	Kriter Açıklaması
Kriter 1	Etiket Türü
Kriter 2	Çalışma Frekansı
Kriter 3	Bellek
Kriter 4	Veri Hafızası
Kriter 5	Okuma Mesafesi
Kriter 6	Ağırlık
Kriter 7	Yüzeylere Uygulanabilirliği
Kriter 8	Maksimum Sıcaklık
Kriter 9	Minimum Sıcaklık
Kriter 10	Fiyat

- Kriter 1: RFID etiket türünü ifade eder. Aktif RFID etiketlerde, iletişim ve işlem için enerji kaynağı bulunurken, pasif RFID etiketler gerekli enerjiyi okuyucudan alırlar.
- Kriter 2: Çalışma frekansı seçiminde RFID okuyucularda kullanılan frekansların aynı olması tercih edilmektedir. Bunun sebebi frekans farklılıkları nedeni ile çalışma

koşullarında bir bileşen daha verimli kullanılırken diğer bileşenin kullanım kapasitesinden yeterli faydanın sağlanamayacak olmasıdır.

- Kriter 3: RFID etiketin bellek kapasitesidir. Burada etikete gelen radyo frekansları sayesinde oluşturulan işlemleri gerçekleştirme hızı anlatılmak istenmektedir.
- Kriter 4: RFID etiketlerde yer alan bilgilerin saklanması için kullanılabilecek hafızanın büyüklüğü ifade edilmektedir. Saklanan bilgiler genellikle korumalıdır ve diğer etiketlerden farklı olmaları için değiştirilemez kodlar olarak belirlenmektedir.
- Kriter 5: RFID etiketin okuma mesafesidir. RFID okuyucunun RFID etiketini aralarında hiçbir engele takılmadan okuyabilmesi için hesaplanan en uzak nokta olarak ifade edilmektedir. RFID antenin uygunluğuna göre bu mesafe arttırılabilmektedir.
- Kriter 6: RFID etiketinin ağırlığıdır ve gram olarak ifade edilmektedir. Kullanım kolaylığı açısından önem arz etmektedir.
- Kriter 7: RFID etiketinin uygulanabildiği yüzeylerin farklılığını ifade etmektedir. Kriter olarak bakıldığında nitel olan bu kriterin hesaplara katılabilmesi için uygulanabildiği yüzeylerin sayısı göz önünde bulundurularak sayısallaştırılmaktadır.
- Kriter 8: RFID etiketinin kullanılabildiği maksimum sıcaklık değeridir. Etiketler için değişen koşullara uyum önemli bir kriter olarak gözlendiğinden maksimum sıcaklık değerinin etkisi hesaplamalara katılmaktadır.
- Kriter 9: RFID etiketinin kullanılabildiği minimum sıcaklıktır. Maksimum sıcaklık gibi en düşük sıcaklıklarda da kullanılabilmesi, kullanılan ortama göre önem arz edebilmektedir.
- Kriter 10: RFID etiketinin karar vericiye maliyetidir. RFID başta olmak üzere çok kriterli seçim problemleri seçiminde etkili olduğu gözlendiğinden kriterler arasında yer almaktadır.

RFID okuyucu ve RFID etiket için kriterler belirlendikten sonra, RFID sisteminin çalışabilmesi için gerekli sistemin bir diğer parçası olan RFID anten için kriterler belirlenmektedir. Çizelge 4.3'te RFID anten için seçim kriterleri verilmektedir.

Çizelge 4.3. RFID anten seçim kriterleri

Kriter No.	Kriter Açıklaması
Kriter 1	Anten Kazancı
Kriter 2	Çalışma Frekansı
Kriter 3	Polarizasyon
Kriter 4	Kablo Durumu
Kriter 5	Okuma Mesafesi
Kriter 6	Boyut
Kriter 7	Maksimum Sıcaklık
Kriter 8	Minimum Sıcaklık
Kriter 9	Gerilimin Duran Dalga Oranı
Kriter 10	Fiyat

- Kriter 1: RFID anteninin kazancıdır. Antenin belirli bir yönde dalga üretme etkinliği, antenin kazancı olarak bilinmektedir. RFID anteni, antenin kutupları olarak tanımlanan yatay veya dikey bir düzlem boyunca RFID dalgaları yaymaktadır.
- Kriter 2: RFID antenin çalışma frekansıdır. Frekanslar okuyucu ve etikette belirlenen frekanslarla aynı değerlere sahiptir. Kullanım kolaylığı açısından anten frekanslarının, etiketler ve okuyucularla aynı frekans aralığında olması istenilmektedir.
- Kriter 3: RFID antenin polarizasyonudur. Antenlerin radyo frekanslarını yayarken doğrusal veya dairesel olarak çalışması anlamına gelmektedir.
- Kriter 4: RFID anten kablosunun dâhili veya harici olması durumu belirtilmektedir. Nitel olan kriter için dahili durumların maliyeti düşünüldüğünde avantajlı durumlar yarattığı gözlemlendiğinden bir ve sıfır değerleri ile ifade edilmiştir.
- Kriter 5: RFID antenin okuma mesafesidir. Okuyucuya bağlanan antenlerin etiketleri okuyabileceği maksimum uzaklıktır.
- Kriter 6: RFID antenin boyutudur. Bu boyut antenin kalınlığıdır. RFID okuyuculara bağlanabilen antenlerin kapladıkları alanlar karar vericinin tercihlerini değiştirebilmektedir.
- Kriter 7: RFID antenin çalışabileceği maksimum sıcaklık değeri verilmektedir.
- Kriter 8: RFID antenin çalışabileceği minimum sıcaklık değeri verilmektedir.
- Kriter 9: RFID antenin frekanslarında meydana gelen gerilimin duran dalga oranıdır (VSWR). RFID okuyucu ve etiket arasında yansımalar yüzünden meydana gelen duran

dalgaların en yüksek gerilim değeri ile en alçak değeri arasındaki orandır. Bu değerin düşük olması istenmektedir.

- Kriter 10: RFID antenin fiyatıdır. RFID anteninin karar vericiye maliyetidir.

4.2. En iyi-En kötü Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

RFID bileşenlerinin kriter ağırlıklarının belirlenmesi için BWM kullanılmıştır. BWM daha önceki bölümde anlatıldığı üzere çeşitli adımlardan oluşmaktadır. Bu adımlar RFID okuyucu kriter ağırlıklarının belirlenmesi için detaylı şekilde uygulanmıştır. RFID etiket kriter ağırlıkları ve RFID anten kriter ağırlıkları için BWM adımlarının uygulaması ile elde edilen sonuçlar da bu bölümde verilmiştir. RFID etiket kriter ağırlıklarının ve RFID anten kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan veriler EK-1’de verilmektedir.

4.2.1. RFID okuyucu için kriter ağırlıklarının belirlenmesi

RFID okuyucu için kriter ağırlıklarının BWM ile belirlenmesi için uygulanan adımlar aşağıda verilmektedir.

Adım 1: Bu adımda RFID okuyucu için kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. RFID okuyucu kriterleri literatürde yapılan çalışmalar incelenerek ve karar vericilerle (KV) yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir.

Adım 2: Bursa ilinde yer alan beş farklı lojistik işletmesi ile görüşmeler sağlanarak her bir karar verici için en iyi ve en kötü kriterler belirlenmiştir. Burada, karar verici için en iyi kriter en önemli kriter, karar verici için en kötü kriter ise en az önemli kriter anlamında kullanılmaktadır. Çizelge 4.4.’te karar verici işletmelerin RFID sistemini kullanmak istedikleri alanların farklılığının seçim kriterlerini etkilediği gözlenmektedir.

Çizelge 4.4. Karar vericiler için RFID okuyucu seçiminde en iyi ve en kötü kriterler

Karar Vericiler	En İyi (En Önemli) Kriter	En Kötü (En Az Önemli) Kriter
Karar Verici 1	Kriter 7	Kriter 12
Karar Verici 2	Kriter 2	Kriter 6
Karar Verici 3	Kriter 4	Kriter 3
Karar Verici 4	Kriter 10	Kriter 6
Karar Verici 5	Kriter 5	Kriter 3

Adım 3: Karar vericiler için en iyi kriterle diğer kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Çizelge 4.5'te gösterilen ikili karşılaştırmalarda diğer kriterlerin en iyi kriterle karşılaştırılmasında en önemli (en iyi kriter ile eşit öneme sahip) kriter için 1, en önemsiz (en iyi kriter diğer kriterden çok yüksek derece öneme sahip) kriter için 9 değeri kullanılmıştır. Ara değerler için 3, 5 ve 7 değerleri kullanılmıştır. Bu kriterlere verilen değerler karar vericilerin puanladığı subjektif değerlerdir. Buradaki amaç karar verme problemlerindeki farklı isteklerin seçime nasıl etki ettiğinin araştırılmasıdır.

Çizelge 4.5. RFID okuyucu seçim kriterlerinden en iyi kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırılması

En İyi-Diğerleri	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	3	3	3	7	3
Kriter 2	3	1	3	3	3
Kriter 3	7	7	9	3	9
Kriter 4	5	3	1	5	5
Kriter 5	3	3	5	3	1
Kriter 6	7	9	3	9	3
Kriter 7	1	7	7	7	3
Kriter 8	3	5	3	3	3
Kriter 9	3	3	7	7	3
Kriter 10	7	7	7	1	7
Kriter 11	5	3	3	5	5
Kriter 12	9	5	3	3	5
Kriter 13	5	3	5	3	5

Adım 4: Karar vericiler tarafından en kötü değerle diğer kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Burada da en iyi kriterde olduğu gibi diğer kriterlerin en kötü kriterle karşılaştırılmasında en önemli (en kötü kriter ile eşit öneme sahip) kriter için 1,

en önemsiz kriterin (en kötü kriter diğer kriterden çok yüksek derece öneme sahip) değerine 9 verilmiştir. Ara değerler için 3, 5 ve 7 değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.6. RFID okuyucu seçim kriterlerinden en kötü kriterin diğer kriterler ile ikili karşılaştırılması

En Kötü-Diğerleri	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	7	7	7	3	7
Kriter 2	7	9	7	7	7
Kriter 3	3	3	1	7	1
Kriter 4	5	7	9	5	5
Kriter 5	7	7	5	7	9
Kriter 6	3	1	7	1	5
Kriter 7	9	5	3	3	5
Kriter 8	5	3	7	5	7
Kriter 9	5	7	3	3	7
Kriter 10	3	3	5	9	3
Kriter 11	7	7	5	5	5
Kriter 12	1	3	7	7	3
Kriter 13	7	7	5	5	5

Adım 5: Son olarak karar vericilerin verdiği puanlamalar ile ağırlıkların hesaplanması işlemine geçilmektedir. Bu adımda kriterlerin ağırlıkları Denklem 4.1'in çözdürülmesiyle bulunmaktadır. Burada yer alan ξ değeri tutarlılık değeridir. Bu değerin sıfıra yaklaşması verilerin tutarlılığını göstermektedir.

Min ξ

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi \quad (\forall j \text{ için})$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \xi \quad (\forall j \text{ için}) \quad (4.1)$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0 \quad (\forall j \text{ için})$$

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da yer alan veriler ile Denklem 4.1, Excel Solver yardımıyla çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.7’de yer alan tutarlılık değerlerine bakılarak Karar vericiler için ξ değerinin sıfıra oldukça yakın olması tutarlı olduklarını göstermektedir. Hesaplamalarda kullanılan veriler, karar vericilerin yargılarına dayalı olsa da elde edilen tutarlılık oranları ile hesaplama hatası yapmalarının önüne geçilmektedir. İşlemlerde yapılan hatalar tutarlılık oranlarında sapmalarla kendini göstermektedir.

Çizelge 4.7. RFID okuyucu seçim kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık endeksi

Ağırlıklar	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	0.094	0.090	0.090	0.038	0.087
Kriter 2	0.094	0.217	0.090	0.089	0.087
Kriter 3	0.040	0.039	0.018	0.089	0.019
Kriter 4	0.057	0.090	0.217	0.054	0.052
Kriter 5	0.094	0.090	0.054	0.089	0.215
Kriter 6	0.040	0.018	0.090	0.019	0.087
Kriter 7	0.219	0.039	0.039	0.038	0.087
Kriter 8	0.094	0.054	0.090	0.089	0.087
Kriter 9	0.094	0.090	0.039	0.038	0.087
Kriter 10	0.040	0.039	0.039	0.222	0.037
Kriter 11	0.057	0.090	0.090	0.054	0.052
Kriter 12	0.017	0.054	0.090	0.089	0.052
Kriter 13	0.057	0.090	0.054	0.089	0.052
ξ	0.064	0.053	0.053	0.047	0.045

4.2.2. RFID etiket için kriter ağırlıklarının belirlenmesi

RFID okuyucu kriter ağırlıklarının belirlenmesinde uygulanan adımların tekrarlanmasıyla RFID etiket kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Bu kriter ağırlıklarının bulunmasında kullanılan veriler EK-1’de verilmektedir. Çizelge 4.8’de karar vericilerin istekleri doğrultusunda kriterler için bulunan ağırlıklar verilmektedir.

Çizelge 4.8. RFID etiket seçim kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık endeksi

Ağırlıklar	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	0.284	0.119	0.117	0.072	0.109
Kriter 2	0.123	0.277	0.070	0.120	0.271
Kriter 3	0.053	0.051	0.070	0.072	0.109
Kriter 4	0.074	0.072	0.117	0.120	0.109
Kriter 5	0.123	0.119	0.117	0.279	0.109
Kriter 6	0.022	0.022	0.050	0.051	0.047
Kriter 7	0.123	0.051	0.117	0.022	0.066
Kriter 8	0.053	0.119	0.050	0.072	0.024
Kriter 9	0.074	0.051	0.021	0.072	0.047
Kriter 10	0.074	0.119	0.271	0.120	0.109
ξ	0.083	0.081	0.079	0.081	0.057

Burada bulunan ξ değerlerinin de sıfıra yakın olmasından dolayı karar vericilerin tutarlı olduğu gözlenmektedir. Karar vericinin tutarlılığı, problemin çözümünde elde edilen karardan en yüksek tatminin sağlanabileceğini ifade eder.

4.2.3. RFID anten için kriter ağırlıklarının belirlenmesi

RFID sistemini oluşturan bileşenlerden biri olmasına rağmen yapılan kaynak araştırmasında RFID anten seçimi ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çoğu kez önemi sonradan anlaşılan parçalardan biri RFID antenidir. RFID okuyucuya bağlanan ve okuyucunun okuma gücünü arttıran antenler karar vericiler için oldukça önemli bileşenlerdir. Önceki bölümlerde belirlenen RFID anten kriterleri için RFID okuyucu ve etiket seçiminde kullanılan yöntem adımları uygulanmış, kriter ağırlıkları ve ξ değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. RFID anten kriter ağırlıklarının bulunmasında kullanılan veriler EK-1’de verilmektedir.

Çizelge 4.9. RFID anten seçim kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık endeksi

Ağırlıklar	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	0.284	0.119	0.117	0.107	0.109
Kriter 2	0.118	0.277	0.070	0.104	0.271
Kriter 3	0.050	0.051	0.070	0.063	0.109
Kriter 4	0.071	0.072	0.117	0.104	0.109
Kriter 5	0.118	0.119	0.117	0.313	0.109
Kriter 6	0.024	0.022	0.050	0.045	0.047
Kriter 7	0.050	0.051	0.117	0.035	0.066
Kriter 8	0.050	0.119	0.050	0.063	0.024
Kriter 9	0.118	0.051	0.021	0.063	0.047
Kriter 10	0.118	0.119	0.271	0.104	0.109
ξ	0.069	0.050	0.079	0.268	0.057

Bulunan ξ değerleri sıfırdan oldukça küçük olduğundan karar vericilerin tutarlılığı söz konusudur.

4.3. MOORA Yöntemiyle RFID Bileşenlerinin Seçimi

MOORA yönteminin literatürde oldukça yeni bir yöntem olması nedeniyle yapılan kaynak araştırmasında, MOORA yöntemi kullanılarak RFID sistem seçiminin yapıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Yöntemin her amacı kendi içerisinde değerlendirmesi ve sonuca ulaşmadaki önemli katkıları nedeniyle bu tez çalışmasında MOORA yöntemi ile RFID sistem bileşenlerimin seçimi çalışması yapılmıştır. Bileşenlerden RFID okuyucu için MOORA yönteminin uygulama adımları detaylı şekilde anlatılmaktadır. Diğer RFID bileşenlerinin seçimi için yapılan çalışmanın sonuçlarına da bu bölüm içinde yer verilmiş olup, kullanılan veriler EK-2'de sunulmuştur.

4.3.1. RFID okuyucu seçimi

RFID okuyucu seçimi için MOORA yöntemini oluşturan yaklaşımlardan her biri için çözüm adımları sırasıyla uygulanmıştır. Bu adımlar aşağıda verilmektedir.

Adım 1: RFID okuyucusu için kriterler (K) ve alternatiflerin (A) belirlenmesinin ardından performans değeri bulunarak amaç değerleriyle birlikte karar matrisi oluşturulmaktadır. Çizelge 4.10'da RFID okuyucusunun karar matrisi verilmektedir. Burada yer alan alternatifler RFID sisteminin bileşenlerini üreten işletmelerin sunduğu birbirinden farklı özellikleri bulunan RFID çözümleridir. Birden fazla RFID çözümü içerisinde, RFID anten, okuyucu ve etiket bileşenlerinin birbirleri ile çalışabilirliği göz önüne alınarak beş farklı alternatif seçilmiştir.

Çizelge 4.10. RFID okuyucu karar matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
Amaç	Max	Max	Min	Min	Max	Min	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Max
A 1	960	2000	32	4800	2	0	200	4	4	1	12	1	1
A 2	960	2000	60	6500	2	1	200	4	8	1	12	1	1
A 3	960	2000	27	5200	2	0	400	4	4	1	9	1	1
A 4	960	3000	30	8600	2	1	700	8	4	1	9	1	1
A 5	860	1500	50	3500	0	0	200	1	2	0	9	1	1

Daha sonra oluşturulan matrisin normalleştirilmesi gerçekleştirilir (Çizelge 4.11). Matrisin normalleştirilmesi için kriterlerin maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olup olmadığı gözlemlenerek Denklem 3.10 kullanılmaktadır.

Çizelge 4.11. Normalleştirme sonucu RFID okuyucu karar matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.46	0.41	0.34	0.36	0.50	0.00	0.23	0.38	0.37	0.50	0.52	0.45	0.45
A 2	0.46	0.41	0.64	0.49	0.50	0.71	0.23	0.38	0.74	0.50	0.52	0.45	0.45
A 3	0.46	0.41	0.29	0.39	0.50	0.00	0.46	0.38	0.37	0.50	0.39	0.45	0.45
A 4	0.46	0.62	0.32	0.64	0.50	0.71	0.80	0.75	0.37	0.50	0.39	0.45	0.45
A 5	0.41	0.31	0.53	0.26	0.00	0.00	0.23	0.09	0.19	0.00	0.39	0.45	0.45

Adım 2: Bu adımda normalleştirilmiş değerler kriter ağırlıkları ile çarpılır (Çizelge 4.12 ile Çizelge 4.20 arasındaki çizelgeler) elde edilen maksimizasyon yönlü kriterlerin aldığı değerler toplamından, minimizasyon yönlü kriterlerin aldığı değerler toplamı çıkarılır. Bu işlem Denklem 3.14'te gösterilmiştir. Denklemden elde edilen değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Sıralama sonucuna göre ilk sıradaki alternatif, en uygun alternatif olarak

belirlenmektedir (Çizelge 4.13 ile Çizelge 4.21 arasındaki çizelgeler). Her bir karar verici için işlemler tekrarlanmaktadır.

Çizelge 4.12. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-1	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.04	0.04	0.01	0.02	0.05	0.00	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.01	0.03
A 2	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.04	0.07	0.02	0.03	0.01	0.03
A 3	0.04	0.04	0.01	0.02	0.05	0.00	0.10	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03
A 4	0.04	0.06	0.01	0.04	0.05	0.03	0.17	0.07	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03
A 5	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02	0.00	0.02	0.01	0.03

Çizelge 4.13. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-1)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.240	3
Alternatif 2	0.227	4
Alternatif 3	0.297	2
Alternatif 4	0.383	1
Alternatif 5	0.119	2

Çizelge 4.14. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.04	0.09	0.01	0.03	0.05	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.05	0.02	0.04
A 2	0.04	0.09	0.02	0.04	0.05	0.01	0.01	0.02	0.07	0.02	0.05	0.02	0.04
A 3	0.04	0.09	0.01	0.04	0.05	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04
A 4	0.04	0.14	0.01	0.06	0.05	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04
A 5	0.04	0.07	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.04	0.02	0.04

Çizelge 4.15. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-2)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.230	3
Alternatif 2	0.228	4
Alternatif 3	0.250	2
Alternatif 4	0.292	1
Alternatif 5	0.120	5

Çizelge 4.16. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-3	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.04	0.04	0.01	0.08	0.03	0.00	0.01	0.03	0.01	0.02	0.05	0.04	0.02
A 2	0.04	0.04	0.01	0.11	0.03	0.06	0.01	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04	0.02
A 3	0.04	0.04	0.01	0.08	0.03	0.00	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02
A 4	0.04	0.06	0.01	0.14	0.03	0.06	0.03	0.07	0.01	0.02	0.04	0.04	0.02
A 5	0.04	0.03	0.01	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.02

Çizelge 4.17. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-3)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.115	2
Alternatif 2	0.033	5
Alternatif 3	0.130	1
Alternatif 4	0.076	3
Alternatif 5	0.052	4

Çizelge 4.18. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.02	0.04	0.03	0.02	0.04	0.00	0.01	0.03	0.01	0.11	0.03	0.04	0.04
A 2	0.02	0.04	0.06	0.03	0.04	0.01	0.01	0.03	0.03	0.11	0.03	0.04	0.04
A 3	0.02	0.04	0.03	0.02	0.04	0.00	0.02	0.03	0.01	0.11	0.02	0.04	0.04
A 4	0.02	0.06	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.07	0.01	0.11	0.02	0.04	0.04
A 5	0.02	0.03	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.04	0.04

Çizelge 4.19. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-4)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.269	3
Alternatif 2	0.236	4
Alternatif 3	0.288	2
Alternatif 4	0.323	1
Alternatif 5	0.065	5

Çizelge 4.20. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-5	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.04	0.04	0.01	0.02	0.11	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
A 2	0.04	0.04	0.01	0.03	0.11	0.06	0.02	0.03	0.06	0.02	0.03	0.02	0.02
A 3	0.04	0.04	0.01	0.02	0.11	0.00	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
A 4	0.04	0.05	0.01	0.03	0.11	0.06	0.07	0.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
A 5	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02

Çizelge 4.21. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-5)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.281	3
Alternatif 2	0.239	4
Alternatif 3	0.307	2
Alternatif 4	0.312	1
Alternatif 5	0.109	5

Adım 3: Referans noktası yaklaşımı bu adımda gerçekleştirilmektedir. Elde edilen normalleştirilmiş değerler esas alınarak, alternatifler için maksimizasyon yönlü kriterlerin en yüksek değeri, minimizasyon yönlü kriterlerin en küçük değeri dikkate alınarak referans noktası (r_j) belirlenir. Alternatiflerin her bir kriterinin referans noktasına olan uzaklıkları (d_{ij}) Denklem 3.12 kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra kriter ağırlıkları ile her bir değer çarpılarak Denklem 3.15 yardımıyla Çizelge 4.22 ile Çizelge 4.30 arasındaki karar matrisleri elde edilmiştir. Bu işlemler gerçekleştirilirken beş farklı karar verici için ayrı ayrı kriter ağırlıkları bulunmaktadır. Bu yüzden her bir karar verici için karar matrisleri oluşturulmaktadır.

Çizelge 4.22. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-1	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.12	0.04	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
A 2	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03	0.12	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
A 3	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
A 4	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
A 5	0.00	0.03	0.01	0.00	0.05	0.00	0.12	0.06	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00

Denklem 3.11 kullanılarak elde edilen sıralamalarda alternatifler küçükten büyüğe doğru sıralandığında ilk sırada yer alan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.23 ile Çizelge 4.31 arasındaki çizelgeler).

Çizelge 4.23. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-1)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.125	4
Alternatif 2	0.125	4
Alternatif 3	0.075	2
Alternatif 4	0.035	1
Alternatif 5	0.125	4

Çizelge 4.24. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
A 2	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
A 3	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
A 4	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
A 5	0.00	0.05	0.01	0.00	0.05	0.00	0.02	0.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00

Çizelge 4.25. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-2)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.045	3
Alternatif 2	0.045	3
Alternatif 3	0.045	3
Alternatif 4	0.034	1
Alternatif 5	0.068	5

Çizelge 4.26. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
A 2	0.00	0.02	0.01	0.05	0.00	0.06	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
A 3	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
A 4	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
A 5	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00

Çizelge 4.27. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-3)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.034	1.5
Alternatif 2	0.064	4
Alternatif 3	0.034	1.5
Alternatif 4	0.083	5
Alternatif 5	0.059	3

Çizelge 4.28. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
A 2	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
A 3	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
A 4	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
A 5	0.00	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.02	0.06	0.02	0.11	0.00	0.00	0.00

Çizelge 4.29. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-4)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.034	3
Alternatif 2	0.034	3
Alternatif 3	0.034	3
Alternatif 4	0.020	1
Alternatif 5	0.111	5

Çizelge 4.30. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID okuyucu karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
A 2	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.06	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
A 3	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
A 4	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
A 5	0.00	0.03	0.00	0.00	0.11	0.00	0.05	0.06	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00

Çizelge 4.31. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID okuyucu alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-5)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.049	2
Alternatif 2	0.061	3.5
Alternatif 3	0.033	1
Alternatif 4	0.061	3.5
Alternatif 5	0.108	5

Adım 5: Bu adımda MOORA-Tam çarpım yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yaklaşımda, her bir alternatifin maksimizasyon yönlü kriterlere göre aldığı değerler çarpılarak, minimizasyon yönlü kriterlerin aldığı değerlerin çarpımına bölünmektedir. Bu işlemler için Çizelge 4.11’de verilen değerlere Denklem 3.16, Denklem 3.17 ve Denklem 3.18 uygulanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4.32’de büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. İlk sıradaki alternatif en uygun alternatif olarak belirlenmektedir.

Çizelge 4.32. MOORA-Tam çarpım yaklaşımı ile RFID okuyucu seçiminde alternatiflerin sıralaması

MOORA-Tam Çarpım Yaklaşımı	Maksimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpımı (A_i)	Minimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpımı (B_i)	Sonuç değerleri (U_i)	Sıralama
Alternatif 1	0.0003	0.0640	0.0047	3
Alternatif 2	0.0006	0.1625	0.0037	4
Alternatif 3	0.0006	0.0439	0.0137	2
Alternatif 4	0.0032	0.0806	0.0393	1
Alternatif 5	0.0000	0.0547	0.0000	5

Adım 6: Bu adımda Multi-MOORA yaklaşımı ile sonuçlar elde edilmiştir. Multi-MOORA yönteminde uygulanan MOORA yöntemleri sonucunda bulunan sıralamalar aynı anda değerlendirilerek bir üstünlük karşılaştırması yapılır ve sıralama son halini alır (Çizelge 4.33). Her karar verici için önem katsayısı yaklaşımıyla bulunan farklı sıralamalar ile diğer MOORA yaklaşımlarıyla oluşturulan sıralamalar ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Çizelge 4.34). Böylece ağırlıkların önemine dikkat çekilmektedir.

Çizelge 4.33’te verilen MULTIMOORA yöntemi sonuçları için MOORA-Oran, MOORA-Referans Noktası ve MOORA-Tam Çarpım Formu yaklaşımlarından elde

edilen sonuçlar, Sıra Baskınlık Teorisi'ne göre değerlendirilerek nihai bir sıralama elde edilmektedir. Eğer iki yöntemde alternatifler aynı sırada yer almışsa MULTIMOORA da doğrudan o sırada yer alır. Karar verici-1 ve Karar verici-4'te gösterildiği üzere Alternatif-1 değeri aynıdır. Karar verici-2 için Referans noktası yaklaşımında sıralama 0,001 ile değişmekte olduğundan diğer sıralamalarla birlikte nihai sıralama yapılan MULTIMOORA yönteminin önemi ortaya çıkmaktadır. Karar verici 3'te yapılan sıralama ise önem ağırlıklarının bazı durumlarda farklı seçimlere yol açabileceği o yüzden karar vericilerin ağırlıklarının dikkate alınması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 4.33. MOORA yaklaşımları ile RFID okuyucu seçim sonuçlarının karşılaştırılması

	MOORA Oran Metodu					MOORA Referans noktası yaklaşımı					MOORA Tam çarpım yaklaşımı
	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	
A1	3	3	2	3	3	4	3	1.5	3	2	3
A2	4	4	5	4	4	4	3	4	3	3.5	4
A3	2	2	1	2	2	2	3	1.5	3	1	2
A4	1	1	3	1	1	1	1	5	1	3.5	1
A5	5	5	4	5	5	4	5	3	5	5	5

Çizelge 4.34. MULTIMOORA ile RFID okuyucu seçim sonuçları

MULTIMOORA	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Alternatif 1	3	3	2	3	3
Alternatif 2	4	4	4	4	4
Alternatif 3	2	2	1	2	2
Alternatif 4	1	1	3	1	1
Alternatif 5	5	5	5	5	5

4.3.2. RFID etiket seçimi

MOORA yöntemi ile RFID okuyucu seçimi için uygulanan adımlar RFID etiket seçimi için de uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. İlk olarak Çizelge 4.35'te yer alan karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra Çizelge 4.36'daki normalleştirilmiş matris bulunarak, bu matris üzerinden MOORA yönteminde geliştirilen uygulamalarla sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38'de yer almaktadır. Sonuçlarda görüldüğü üzere Alternatif-1 en çok tercih edilebilir alternatiftir.

Çizelge 4.35. RFID etiket karar matrisi

MOORA	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
Amaç	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Max	Min	Min
Alternatif 1	2	960	512	96	15	1	5	80	80	40
Alternatif 2	1	960	128	48	15	0.5	7	70	60	10
Alternatif 3	1	960	128	32	8	1	3	80	80	10
Alternatif 4	1	960	512	32	5	1	7	70	60	16
Alternatif 5	2	930	512	96	4	2	9	85	80	65

Çizelge 4.36. Normalleştirme sonucu RFID etiket karar matrisi

MOORA	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.603	0.450	0.566	0.636	0.637	0.371	0.343	0.463	0.492	0.505
A 2	0.302	0.450	0.141	0.318	0.637	0.186	0.480	0.405	0.369	0.126
A 3	0.302	0.450	0.141	0.212	0.340	0.371	0.206	0.463	0.492	0.126
A 4	0.302	0.450	0.566	0.212	0.212	0.371	0.480	0.405	0.369	0.202
A 5	0.603	0.436	0.566	0.636	0.170	0.743	0.617	0.492	0.492	0.820

Çizelge 4.37. MOORA yaklaşımları ile RFID etiket seçim sonuçlarının karşılaştırılması

	MOORA Oran Metodu					MOORA Referans noktası yaklaşımı					MOORA Tam çarpım yaklaşımı
	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	
A1	1	1	2	1	1	1	3	4	2	1	1
A2	3	2	1	2	2	4	1.5	1	1	3	2
A3	5	4	4	3	5	4	1.5	2.5	3	3	5
A4	4	3	3	4	3	4	4	2.5	4	3	3
A5	2	5	5	5	4	2	5	5	5	5	4

Çizelge 4.38. MULTIMOORA ile RFID etiket seçim sonuçları

MULTIMOORA	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Alternatif 1	1	1	2	1	1
Alternatif 2	3	2	1	2	2
Alternatif 3	5	4	4	3	5
Alternatif 4	4	3	3	4	3
Alternatif 5	2	5	5	5	4

4.3.3. RFID anten seçimi

RFID'nin diğer bileşenlerinde olduğu gibi RFID anten için de MOORA yönteminin uygulama adımları sırasıyla gerçekleştirilerek sonuçlar elde edilmektedir. Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40'ta karar matrisi ve normalleştirilme sonrası karar matrisi görülmektedir. Çizelge 4.41 ve Çizelge 4.42'de RFID antenin seçim sonuçları verilmektedir. Alternatif-5 çoğu yöntem sonucunda en uygun alternatif iken Alternatif-1 ve Alternatif-2 en az tercih edilebilir alternatif olarak sıralamada yerlerini almaktadır.

Çizelge 4.39. RFID anten karar matrisi

MOORA	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
Amaç	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Min	Min	Min
Alternatif 1	8.5	870	2	0	9	34	70	75	1	2100
Alternatif 2	9	960	2	0	12	45	70	75	1.5	1700
Alternatif 3	7	960	1	1	5	38	60	60	1.5	500
Alternatif 4	16	960	1	1	25	16	50	90	1.5	780
Alternatif 5	12	960	2	1	20	38	60	60	1.5	650

Çizelge 4.40. Normalleştirme sonucu RFID anten karar matrisi

MOORA	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.346	0.413	0.535	0.000	0.252	0.428	0.501	0.460	0.316	0.717
A 2	0.367	0.455	0.535	0.000	0.336	0.566	0.501	0.460	0.474	0.580
A 3	0.285	0.455	0.267	0.577	0.140	0.478	0.430	0.368	0.474	0.171
A 4	0.652	0.455	0.267	0.577	0.700	0.201	0.358	0.552	0.474	0.266
A 5	0.489	0.455	0.535	0.577	0.560	0.478	0.430	0.368	0.474	0.222

Çizelge 4.41. MOORA yaklaşımları ile RFID anten seçim sonuçlarının karşılaştırılması

	MOORA Oran Metodu					MOORA Referans noktası yaklaşımı					MOORA Tam çarpım yaklaşımı
	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	
A1	5	5	5	5	5	4	3	5	4	4.5	4.5
A2	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4.5	4.5
A3	3	3	3	3	3	5	3	3	5	3	3
A4	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2
A5	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1

Çizelge 4.42. MULTIMOORA ile RFID anten seçim sonuçları

Multi-MOORA	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Alternatif 1	5	5	5	5	5
Alternatif 2	4	4	4	4	4
Alternatif 3	3	3	3	3	3
Alternatif 4	1	2	2	1	2
Alternatif 5	2	1	1	2	1

4.4. PROMETHEE Yöntemiyle RFID Bileşenlerinin Seçimi

PROMETHEE yönteminin yapılan tez çalışmalarında kullanılması için etkili olan bazı faydaları bulunmaktadır. Sonuçlarda kısmi sıralamaların elde edilmesi, kriter ağırlıklarının hesaplamasından sonraki süreçte bile kriterlerin kolaylıkla değiştirilmesi en önemli faydalarıdır. Bu nedenle literatürde PROMETHEE yöntemi ile yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak yapılan kaynak araştırmasına göre, RFID bileşenlerinin seçimi için PROMETHEE yöntemiyle yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bölümde PROMETHEE yöntemi ile RFID sistem bileşenlerinin seçimi yapılmaktadır.

4.4.1. RFID okuyucu seçimi

PROMETHEE yöntemi de MOORA yöntemi gibi çeşitli adımlardan oluşmaktadır. Bulunan sonuç karar vericiler için alternatiflerin seçimi konusunda kesin bir karar içermektedir. Bu adımlar aşağıda verilmektedir.

Adım 1: Karar verici tarafından tanımlanan alternatifler (A), değerlendirme kriterleri (K) ile kriterlerin önem ağırlıkları (w) ile veri matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43 PROMETHEE yöntemi için RFID okuyucu veri matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
A 1	960	2000	32	4800	2	0	200	4	4	1	12	1	1
A 2	960	2000	60	6500	2	1	200	4	8	1	12	1	1
A 3	960	2000	27	5200	2	0	400	4	4	1	9	1	1
A 4	960	3000	30	8600	2	1	700	8	4	1	9	1	1
A 5	860	1500	50	3500	0	0	200	1	2	0	9	1	1
w	0.09	0.09	0.04	0.06	0.09	0.04	0.22	0.09	0.09	0.04	0.06	0.02	0.06

Adım 2: Belirlenen değerlendirme kriterlerine ilişkin tercih fonksiyonları belirlenmektedir. Bu çalışmada bazı kriterler için karar vericilerin tercihleri göz önünde bulundurularak, geriye kalan kriterler içinse veri dağılımının incelenemediği Visual PROMETHEE (Academic Edition 2013) programından yararlanılarak uygun tercih fonksiyonları seçilmiştir.

RFID okuyucu seçimi için karar vericilerin her biri tarafından istenilen ortak özellikler, okuma mesafesinin en az 2000 metre olması, fiyatının en fazla 7500 ₺ olması, saniyede okuyabildiği etiket sayısının en az 200 adet olmasıdır. Ayrıca garanti süresinin en az 1 yıl, depolama alanının en az 2 MB, kalite belgesinin bulunması ve harcanan enerji miktarının en fazla 12 V olması istenilmektedir. Kalan kriterler için tercih fonksiyonları Visual PROMETHEE programı yardımıyla, kriter değerlerinin dağılımlarına göre bulunmuştur. Bu verilerden yola çıkarak Çizelge 4.44'te RFID okuyucu tercih fonksiyonları, Çizelge 4.45'te yöntemin uygulamasında kullanılan parametreler olan p (farksızlık) ve q (kesin tercih eşiği) değerleri verilmektedir. q değeri, seçim kriterlerinin alternatiflere göre en yüksek fark değeri, p değeri ise en düşük fark değeridir.

Çizelge 4.44. RFID okuyucu kriterlerinin tercih fonksiyonları

Kriterler	Tercih Fonksiyonları
Kriter 1	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 2	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 3	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 4	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 5	İkinci Tip (U Tipi)
Kriter 6	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 7	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 8	İkinci Tip (U Tipi)
Kriter 9	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 10	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 11	İkinci Tip (U Tipi)
Kriter 12	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 13	İkinci Tip (U Tipi)

Çizelge 4.45. RFID okuyucu kriterleri için p ve q değerleri

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
p değeri	0	0	3	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q değeri	100	1500	33	5100	2	1	500	7	6	1	3	0	0

Adım 3: Tüm kriterler için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları, seçilen tercih fonksiyonları göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Alternatiflerin ikili karşılaştırmalarının yapılması için değerlendirme kriterlerinin maksimizasyon yönlü veya minimizasyon yönlü olup olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. RFID okuyucu kriterlerinin amaçları

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
Amaç	Max	Max	Min	Min	Max	Min	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Max

Adım 4: Alternatifler için ortak tercih fonksiyonlarının kullanılmasıyla ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır (Çizelge 4.47). Burada her alternatif diğer bir alternatif ile karşılaştırılarak belirli bir kriter için tercih edilme olasılıkları Denklem 3.19 ile belirlenmektedir.

Çizelge 4.47. RFID okuyucu için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
P(A1-A2)	0.00	0.00	0.85	0.33	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A1-A3)	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A1-A4)	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A1-A5)	1.00	0.33	0.55	0.00	1.00	0.00	0.00	0.43	0.33	1.00	0.00	0.00	0.00
P(A2-A1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A2-A3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A2-A4)	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A2-A5)	1.00	0.33	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.43	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
P(A3-A1)	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P(A3-A2)	0.00	0.00	1.00	0.25	0.00	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P(A3-A4)	0.00	0.00	0.09	0.67	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A3-A5)	1.00	0.33	0.70	0.00	1.00	0.00	0.40	0.43	0.33	1.00	0.00	0.00	0.00
P(A4-A1)	0.00	0.67	0.06	0.00	0.00	0.00	1.00	0.57	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P(A4-A2)	0.00	0.67	0.91	0.00	0.00	0.00	1.00	0.57	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Çizelge 4.47. RFID okuyucu için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi (devam)

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
P(A4-A3)	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A4-A5)	1.00	1.00	0.61	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.33	1.00	0.00	0.00	0.00
P(A5-A1)	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P(A5-A2)	0.00	0.00	0.30	0.59	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P(A5-A3)	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(A5-A4)	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Daha sonra ağırlıkların dahil edilmesiyle yeni matris Denklem 3.20 yardımıyla elde edilmektedir (Çizelge 4.48). Burada her bir karar verici için farklı ağırlıklar kullanıldığından Karar Verici-1 için olan kriter ağırlıklı matris örnek olarak verilmektedir.

Çizelge 4.48. RFID okuyucunun karar verici-1 için kriter ağırlıklı ikili karşılaştırma matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13
w*P(A1-A2)	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A1-A3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A1-A4)	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A1-A5)	0.09	0.03	0.02	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00
w*P(A2-A1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A2-A3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A2-A4)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A2-A5)	0.09	0.03	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00
w*P(A3-A1)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
w*P(A3-A2)	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
w*P(A3-A4)	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A3-A5)	0.09	0.03	0.03	0.00	0.09	0.00	0.09	0.04	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00
w*P(A4-A1)	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
w*P(A4-A2)	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.22	0.05	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
w*P(A4-A3)	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A4-A5)	0.09	0.09	0.02	0.00	0.09	0.00	0.22	0.09	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00
w*P(A5-A1)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
w*P(A5-A2)	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
w*P(A5-A3)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
w*P(A5-A4)	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

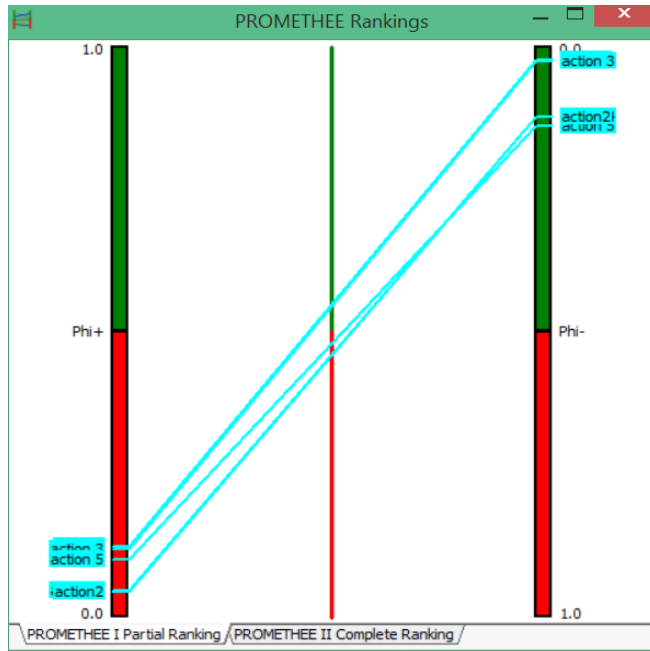
Adım 5: Alternatiflerin pozitif (ϕ^+) üstünlük değeri Denklem 3.21 ve negatif (ϕ^-) üstünlük değeri Denklem 3.22 kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Karar verici-1 için alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlük değerleri

Sıralama	ϕ^+ değeri	Sıralama	ϕ^- değeri
Alternatif 4	0.1228	Alternatif 5	0.0284
Alternatif 3	0.1168	Alternatif 2	0.0344
Alternatif 1	0.0641	Alternatif 1	0.0972
Alternatif 2	0.0479	Alternatif 3	0.0260
Alternatif 5	0.0871	Alternatif 4	0.0225

Adım 6: PROMETHEE I yöntemiyle kısmi sıralamanın yapıldığı adımdır. Alternatiflerin Çizelge 4.49’da bulunan negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin Denklem 3.23, Denklem 3.24 ve Denklem 3.25 kullanılarak ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır.

Bu değerlerin elde edilmesinden sonra Visual PROMETHEE atıf programı yardımıyla işlem adımları tekrarlanmakta ve kesin sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 4.1’de kısmi sıralama işleminin sonucu programda gösterilmektedir.



Şekil 4.1. RFID okuyucu seçimi için kısmi sıralama gösterimi

Adım 7: PROMETHEE II yöntemiyle alternatiflerin tam sıralamasının yapıldığı adımdır. Bu adımda Visual PROMETHEE programına Karar Verici-1 için belirlenen ağırlıklar ve tercih fonksiyonlarının tanıtılması Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Sütunlarda yer alan “Criterion” tanımlaması kriterleri ifade eder. RFID okuyucu için 13 adet kriter bulunmaktadır. “Min/Max” satırında kriterlerin maksimizasyon yönlü veya minimizasyon yönlü olmasına göre seçimler yapılır. “Preference Fn.” satırı tercih fonksiyonlarının seçimine imkan tanıyan satırdır. Tercih fonksiyonları hakkında bir karar verilmediği durumlarda “Help Me...” seçilerek dağılımlar hesaplanmaktadır. Bu işlem sonucunda seçilecek tercih fonksiyonu verilmektedir. “Threshold” satırı kriterlerin tam sayı olarak veya yüzde olarak değerlendirilmesine imkan vermektedir. “Q: Indifference” satırı RFID okuyucu seçiminde PROMETHEE yöntemi için hesaplanan q değerleri iken “P: Preference” satırı p değerini, “S: Gaussian” satırı s değerini ifade etmektedir.

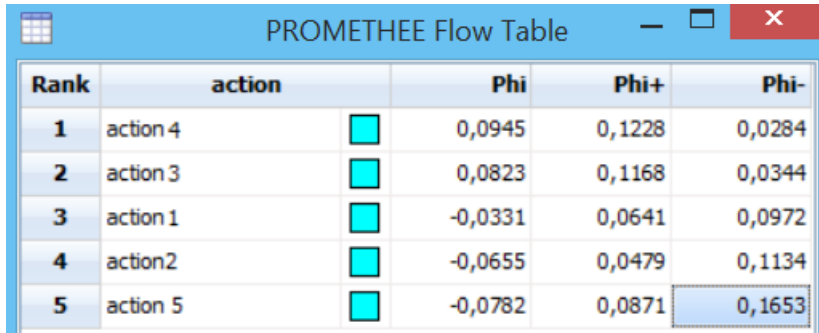
İstatistik verilerin yer aldığı “Statistics” bölümündeki değerler program tarafından oluşturulmaktadır. Burada en küçük (minimum), en büyük (maksimum), ortalama (average) ve standart sapma değerleri elde edilmektedir.

Alternatiflerin verildiği “Evaluations” bölümünde her alternatif için “action” eklenmektedir. Her alternatifin sütunlarda yer alan kriterleri için aldığı değerler, programa tanıtılarak Şekil 4.2 elde edilmektedir.

Scenario1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences																	
Min/Max	max	max	max	min	min	max	max	max	max	max	max	max	max	min	min	max	max
Weight	9,44	9,44	9,44	4,05	5,67	9,44	21,92	9,44	9,44	9,44	4,05	4,05	4,05	5,67	5,67	1,72	5,67
Preference Fn.	Usual	V-shape	Usual	Usual	V-shape	U-shape	V-shape	U-shape	V-shape	U-shape	Usual	Usual	Usual	U-shape	U-shape	Usual	U-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2,00	n/a	n/a	n/a	7,00	n/a	n/a	n/a	3,00	3,00	n/a	0,00
- P: Preference	n/a	0,00	n/a	400,00	n/a	n/a	0,00	n/a	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics																	
Minimum	860,00	1500,00	27,00	3500,00	0,00	0,00	200,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	1,00	1,00
Maximum	960,00	3000,00	60,00	8600,00	2,00	1,00	700,00	8,00	8,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12,00	12,00	1,00	1,00
Average	940,00	2100,00	39,80	5720,00	1,60	0,40	340,00	4,20	4,40	0,80	0,80	0,80	0,80	10,20	10,20	1,00	1,00
Standard Dev.	40,00	489,90	12,91	1729,05	0,80	0,49	195,96	2,23	1,96	0,40	0,40	0,40	0,40	1,47	1,47	0,00	0,00
Evaluations																	
action1	960,00	2000,00	32,00	4800,00	2,00	0,00	200,00	4,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12,00	12,00	1,00	1,00
action2	960,00	2000,00	60,00	6500,00	2,00	1,00	200,00	4,00	8,00	1,00	1,00	1,00	1,00	12,00	12,00	1,00	1,00
action 3	960,00	2000,00	27,00	5200,00	2,00	0,00	400,00	4,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00	1,00
action 4	960,00	3000,00	30,00	8600,00	2,00	1,00	700,00	8,00	4,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,00	9,00	1,00	1,00
action 5	860,00	1500,00	50,00	3500,00	0,00	0,00	200,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	9,00	1,00	1,00

Şekil 4.2. PROMETHEE yöntemi ile karar verici-1 için okuyucu seçiminin Visual PROMETHEE programında gösterimi

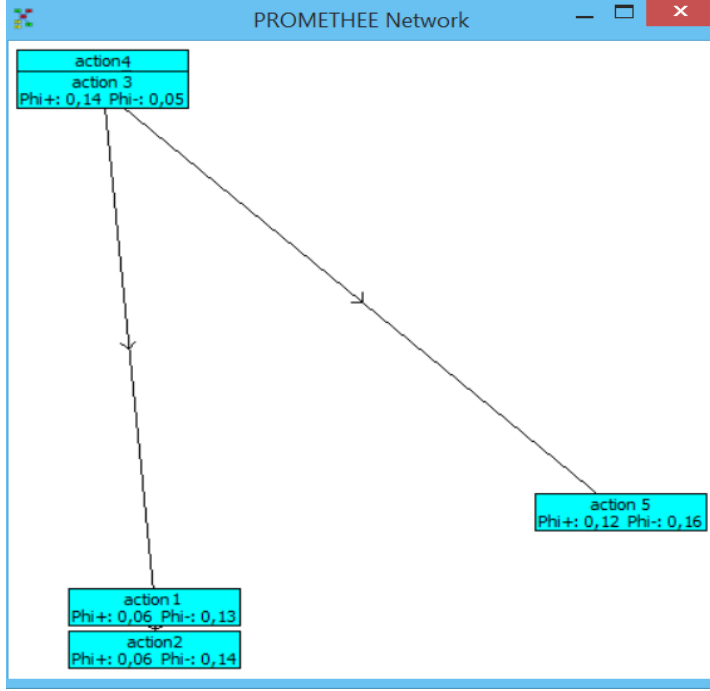
Programa verilerin tanıtılmasının ardından Şekil 4.3'te elde edilen tam sıralamalar elde edilmektedir. Alternatiflerin tam sıralama sonucunda aldığı değerler "Phi" sütununda verilmektedir. Alternatifler için hesaplanan "Phi+" değeri pozitif üstünlük değeri iken "Phi-" negatif üstünlük değeridir. Bu değerler kısmi önceliklerdir. Kısmi öncelikler alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumlarının, birbirinden farklı olan alternatiflerin ve birbirleriyle karşılaştırılmayacak olan alternatiflerin belirlenmesini sağlar.



Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	action 4		0,0945	0,1228	0,0284
2	action 3		0,0823	0,1168	0,0344
3	action 1		-0,0331	0,0641	0,0972
4	action 2		-0,0655	0,0479	0,1134
5	action 5		-0,0782	0,0871	0,1653

Şekil 4.3. PROMETHEE yöntemi ile RFID okuyucu seçimde tam sıralama sonuçları

Şekil 4.4'te ise karar vericilerin alternatifler arasında tercihlerinin izleyebileceği yollar gösterilmektedir. Alternatif-4 en uygun alternatif olurken Alternatif-5 en az tercih edilmesi gereken alternatiftir. Aynı zamanda kısmi sıralama ile Alternatif-2 ve Alternatif-5'in birbirleriyle karşılaştırılmayacak alternatif oldukları görülmektedir. Alternatiflerin birbirlerinden üstünlüklerine bakıldığında Alternatif-3; Alternatif-1, Alternatif-5 ve Alternatif-2'den üstündür. Alternatif-1, Alternatif-2'den üstündür.



Şekil 4.4. PROMETHEE yöntemi ile RFID okuyucu seçimde tam sıralamaların gösterimi

Adımların her bir karar verici için tekrarlanmasıyla birlikte Çizelge 4.50’de gösterilen sonuçlar elde edilmektedir. Alternatif-1 karar vericiler için ilk tercih edilen alternatif olmakla birlikte Alternatif-4 ve Alternatif-2 en son tercih edilen alternatiflerdir.

Çizelge 4.50. PROMETHEE yöntemiyle karar vericilerin RFID okuyucu seçiminde tam sıralama sonuçları

PROMETHEE	Karar Verici-1	Karar Verici-2	Karar Verici-3	Karar Verici-4	Karar Verici-5
Alternatif 1	3	4	3	3	3
Alternatif 2	4	3	4	4	4
Alternatif 3	2	2	1	2	2
Alternatif 4	1	1	2	1	1
Alternatif 5	5	5	5	5	5

4.4.2. RFID etiket seçimi

RFID okuyucu için gerçekleştirilen adımlar RFID etiket için de gerçekleştirilerek sonuca ulaşılmaktadır. Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.53’te verilen veriler yöntemin çözülmesinde kullanılmaktadır.

Çizelge 4.52’de verilen tercih fonksiyonları için karar vericiler okuma mesafesinin en az 10 metre, en düşük çalışma frekansının çok yüksek frekans (UHF) olmasını ve en az 5 farklı yüzeye uygulanabilir olmasını istemektedir. Diğer kriterler için tercih fonksiyonları Visual PROMETHEE programı yardımıyla elde edilmektedir.

Problemin çözümlenmesiyle Çizelge 4.54’te karar vericiler için sıralama sonuçları verilmektedir. Uygulama adımlarında kullanılan diğer veriler EK-3’te verilmektedir. Sonuçlara bakıldığında, farklı karar vericiler için seçim sıralamaları değişse de Alternatif-1, Alternatif-2 ve Alternatif-5 ilk sıralarda yer alırken, Alternatif-3 ve Alternatif-4 son sıralarda yer aldığı gözlenmektedir.

Çizelge 4.51. PROMETHEE yöntemi için RFID etiket veri matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	2	960	512	96	15	1	5	80	-20	40
A 2	1	960	128	48	15	0.5	7	70	-40	10
A 3	1	960	128	32	8	1	3	80	-20	10
A 4	1	960	512	32	5	1	7	70	-40	16
A 5	2	930	512	96	4	2	9	85	-20	65
w	0.28	0.12	0.05	0.07	0.12	0.02	0.12	0.05	0.07	0.07

Çizelge 4.52. RFID etiket kriterlerinin tercih fonksiyonları

Kriterler	Tercih Fonksiyonları
Kriter 1	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 2	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 3	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 4	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 5	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 6	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 7	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 8	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 9	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 10	Birinci Tip (Olağan)

Çizelge 4.53. RFID etiket kriterlerinin p, q değerleri ve amaçları

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
p değeri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q değeri	1	30	384	64	11	1.5	6	15	20	55
Amaç	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Max	Max	Min	Min

Çizelge 4.54. PROMETHEE yöntemiyle karar vericilerin etiket seçiminde tam sıralama sonuçları

PROMETHEE	Karar Verici-1	Karar Verici-2	Karar Verici-3	Karar Verici-4	Karar Verici-5
Alternatif 1	1	1	2	1	1
Alternatif 2	3	2	1	2	3
Alternatif 3	5	5	3	5	5
Alternatif 4	4	4	5	4	4
Alternatif 5	2	3	4	3	2

4.4.3. RFID anten seçimi

RFID okuyucu için gerçekleştirilen adımlar RFID anten için de gerçekleştirilerek sonuca ulaşılmaktadır. Çizelge 4.55 ve Çizelge 4.57’de verilen veriler yöntemin çözülmesinde kullanılmaktadır.

Çizelge 4.56’da verilen tercih fonksiyonlarından karar vericiler için fiyatın 2000 ₺ ve altında olması, okuma mesafesinin en az 10 olmasıdır. Diğer kriterler için tercih fonksiyonları Visual PROMETHEE programı yardımıyla elde edilmektedir.

Çizelge 4.55. PROMETHEE yöntemi için RFID anten veri matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	8.5	870	2	0	9	34	70	-25	1	2100
A 2	9	960	2	0	12	45	70	-25	1.5	1700
A 3	7	960	1	1	5	38	60	-40	1.5	500
A 4	16	960	1	1	25	16	50	-10	1.5	780
A 5	12	960	2	1	20	38	60	-40	1.5	650
w	0.28	0.12	0.05	0.07	0.12	0.02	0.05	0.05	0.12	0.12

Çizelge 4.56. RFID anten kriterlerinin tercih fonksiyonları

Kriterler	Tercih Fonksiyonları
Kriter 1	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 2	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 3	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 4	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 5	Üçüncü Tip (V Tipi)
Kriter 6	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 7	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 8	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 9	Birinci Tip (Olağan)
Kriter 10	Üçüncü Tip (V Tipi)

Çizelge 4.57. RFID anten kriterlerinin p, q değerleri ve amaçları

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
p değeri	0.5	0	0	0	3	0	0	0	0	130
q değeri	9	90	1	1	20	29	20	30	0.5	1600
Amaç	Max	Max	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Min	Min

Çizelge 4.58. PROMETHEE yöntemiyle karar vericilerin anten seçiminde tam sıralama sonuçları

PROMETHEE	Karar Verici-1	Karar Verici-2	Karar Verici-3	Karar Verici-4	Karar Verici-5
Alternatif 1	5	5	5	5	5
Alternatif 2	3	4	4	3	4
Alternatif 3	4	3	3	4	3
Alternatif 4	1	2	2	1	2
Alternatif 5	2	1	1	2	1

Problemin çözümlenmesiyle Çizelge 4.58’de karar vericiler için sıralama sonuçları verilmektedir. Karar vericiler için ilk sırada tercih edilen alternatifler Alternatif-5 ve Alternatif-4 olurken, Alternatif-1 ve Alternatif-2 en az tercih edilen olan alternatifler olmaktadır.

4.5. RFID Bileşenlerinin Karar vericiler için Seçimi

Her yöntemden sonra elde edilen toplu sıralamalarda görüldüğü üzere karar vericilerin kriterler ağırlıkları alternatiflerden birinden diğerine geçişi sağlamaktadır. MOORA-Tam çarpım yöntemi kriter ağırlıklarının dahil edilmediği yöntemlerden biridir. Ağırlıklı yöntemlerle ağırlıkların kullanılmadığı yöntemlerin karşılaştırılması gerekmektedir. Bu yüzden yöntemlerin her birinin tek bir karar verici için karşılaştırıldığı Çizelge 4.59'dan Çizelge 4.63'e kadar çizelgeler sonuçları daha net göstermektedir.

Çizelge 4.59. Karar Verici-1 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-1	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	3	4	3	3	3
Alternatif 2	4	4	4	4	4
Alternatif 3	2	2	2	2	2
Alternatif 4	1	1	1	1	1
Alternatif 5	5	4	5	5	5

Çizelge 4.60. Karar Verici-2 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-2	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	3	3	3	3	4
Alternatif 2	4	3	4	4	3
Alternatif 3	2	3	2	2	2
Alternatif 4	1	1	1	1	1
Alternatif 5	5	5	5	5	5

Çizelge 4.61. Karar Verici-3 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-3	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	2	1.5	3	2	3
Alternatif 2	5	4	4	4	4
Alternatif 3	1	1.5	2	1	1
Alternatif 4	3	5	1	3	2
Alternatif 5	4	3	5	5	5

Çizelge 4.62. Karar Verici-4 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-4	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	3	3	3	3	3
Alternatif 2	4	3	4	4	4
Alternatif 3	2	3	2	2	2
Alternatif 4	1	1	1	1	1
Alternatif 5	5	5	5	5	5

Çizelge 4.63. Karar Verici-5 için RFID okuyucu seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-5	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	3	2	3	3	3
Alternatif 2	4	3.5	4	4	4
Alternatif 3	2	1	2	2	2
Alternatif 4	1	3.5	1	1	1
Alternatif 5	5	5	5	5	5

Sonuçlara göre Karar verici 1, Karar verici 2, Karar verici 4 ve Karar verici 5'in Alternatif 4'ü seçtiği görülmektedir. Karar verici 3 ise Alternatif 3'ü seçmektedir. Aynı zamanda diğer karar vericiler için Alternatif 1'in olmadığı ya da temin edilemediği durumda en yakın Alternatif 3 olmaktadır. Burada önemli olan karar vericinin istekleridir. Karar verici 3 ve Karar verici 5 için elde edilen sonuçlar incelendiğinde referans noktası yaklaşımı ile elde edilen sonuçların diğer yöntem sonuçlarından ayrıldığı dikkat çekmektedir. Ancak Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.25 incelendiğinde sıralamalar oluşturulurken çok küçük farklarla sıralamalar elde edildiği görülmektedir. Bu yüzden birbirinin yerine seçilme olasılıkları yüksektir. RFID anten ve RFID etiket için de aynı çizelgeler EK 4'te verilmektedir. Bu sıralamalarda görüldüğü üzere birinci ve ikinci sırada değişmeyen alternatifler ön plana çıkmaktadır. Özellikle MULTIMOORA'nın genel bir çözüm sunması ve PROMETHEE yöntemi ile karşılaştırılması ile alternatifin seçimi kesinleştirilmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri, işletmelerin işlemlerini gerçekleştirmek amacıyla kullandıkları verilerin otomatik olarak toplanması ve bu verilerin işlenerek işletme yararına kullanılacak bilgiler haline getirilmesi amacıyla bilgisayar sistemlerine kaydedilmesini sağlamaktadır. İşletmelerin kullandığı bilgileri hızlı ve pratik yöntemlerle elde etmesi sektördeki rakiplerine üstünlük kazanmasını sağlayacaktır. Bu nedenle işletmelerin tercih edecekleri otomatik tanımlama sistemlerine karar vermeleri stratejik bir karar olarak görülmektedir.

Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemlerinden hangisinin tercih edileceği kararı verilirken karar vericilerin kendi ihtiyaçlarını en çok karşılayan sisteme karar vermeleri gerekmektedir. Otomatik tanımlama ve veri toplama sistemleri kendi aralarında kıyaslandığında, zaman içerisinde değişen maliyet ve fayda analizleri karar vermede rol oynamaktadır. Barkod ve RFID teknolojisi, otomatik tanımlama sistemindeki diğer alternatiflere göre daha çok tercih edilen çözümlerdir. Bu iki sistem arasında, RFID sistemin tek bir kullanıcı ile daha fazla veriye kısa sürede ulaşabiliyor olması, uzak mesafelerde kullanılabilmesi ve fiziki olarak ulaşılamayan alanlarda bile işlev görmesi, gibi avantajları ile barkod sistemini geri planda bırakmıştır. Maliyet çalışmaları incelendiğinde ise RFID'nin getirdiği maliyetin daha fazla olması son yıllara kadar tercih edilmemesine yol açmıştır. Ancak ilerleyen teknolojik gelişmeler sonucunda düşen maliyetler, RFID teknolojisinin en çok kullanıldığı alan olan lojistik sektöründe RFID sistemine talebi arttırmaktadır.

RFID sistemi temel olarak üç farklı bileşenden oluşmaktadır. Karar verici, sektöründeki rekabet ortamında mücadelesini sürdürmek için her bir bileşenin alternatifleri arasından hızlıca karar vererek seçimi gerçekleştirmesi gerekmektedir. Seçimin gerçekleşmesi için ortaya çıkan kriterlerin çok sayıda olması ve alternatiflerin her biri için bu kriterlerin aynı anda değerlendirilmesi karar verici için karmaşık bir problem halini almaktadır. Bu problemin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır.

Yapılan tez çalışması için Bursa ilinde yer alan beş farklı işletme ile görüşmeler sağlanmıştır. İşletmeler RFID sistemini kullanmak istemektedir. İlk olarak sistemi oluşturan parçalardan her biri için alternatifler araştırılmıştır. Bulunan alternatifler direk satın alınabildiği gibi özel üretim yaptırılabilir. Özel üretim maliyeti yüksek olduğundan tercih edilmemektedir.

Bu tez çalışmasında RFID sistem bileşenleri bölümler halinde incelenmiş ve karar vericiler için en uygun (en yüksek faydaya sahip) alternatif seçilmeye çalışılmıştır. Tez çalışmasının asıl amacı karar vericilere yardımcı olan yöntemlerin kullanılması ile problemlerin çözülmesi, RFID sisteminin kısa sürede devreye alınmasıdır. Bu sayede işletmelere sağlanan faydalar artmaktadır. Problemin çözümü için literatür incelenerek RFID sisteminin seçimine uygun olmasına rağmen bilindiği kadarıyla RFID sistemlerinin seçiminde kullanımına rastlanmamış yöntemlerin kullanılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda RFID sistemlerinin en çok kullanıldığı sektör olan lojistik sektöründen karar vericiler için seçimlerin yapılması amaçlanmıştır. Bu sayede ileride farklı yöntemlerle yapılacak tez çalışmalarının sonuçları, bu tez çalışması ile karşılaştırılarak karar vermede kullanılan yöntemler hakkında yorum yapılabilir. Tez çalışmasında, son yıllarda kullanılmaya başlanmış literatürde yeni sayılabilen BWM, MOORA ve PROMETHEE yöntemlerinin uygulanması ile literatüre katkı sağlanmaktadır. Özellikle ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan BWM yöntemiyle AHP gibi ikili karşılaştırmaya dayalı diğer yöntemlerden daha kısa sürelerde sonuç alınması problemlerin çözümü için kolaylık sağlamaktadır.

RFID sistemini oluşturan bileşenlerin seçimi için kriterler belirlenirken Bursa ilinde lojistik sektöründe faaliyet gösteren beş farklı karar verici ile görüşmeler sağlanmıştır. Karar vericilerin her biri farklı lojistik işlemleri için sistemi kullanmak istemektedir. Bu nedenle alternatifler arasında seçim yaparken farklı kriterleri olmaktadır. Bu çalışma sonucunda, kriterler farklı olmasına rağmen karar vericilere en uygun alternatifin seçilmesinde elde edilen sıralamaların benzer olduğu, ilk sıralar ve son sıralamaların değişmediği gözlenmiştir. Aynı zamanda MOORA yönteminde kriter ağırlıklarının kullanıldığı önem katsayısı yaklaşımıyla elde edilen sıralamalar ile diğer sıralamalar

karşılaştırıldığında önemli oranda değişiklikler meydana gelmediği görülmektedir. MOORA yöntemi ile PROMETHEE yönteminin sonuçları karşılaştırıldığında da benzer sonuçların elde edildiği ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç yöntemlerin birlikte kullanılması ile tutarlı sonuçlar elde edildiğini göstermekle birlikte, ileride yapılacak çalışmalarda RFID sistem seçimi için kriter ağırlıklarının belirlenmesinde, kullanılacak farklı yöntemler ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilecektir.

Bu tez çalışmasında, çok kriterli karar verme yöntemleri ile RFID sistemini oluşturan bileşenlerin seçimi yapılmıştır. Gelecekte ortaya çıkan farklı çok kriterli karar verme yöntemleri ile RFID sistem bileşenlerinin seçim çalışması yapılabilir veya farklı sektördeki karar vericiler için alternatifler arasından seçim çalışması yapılarak literatüre katkı sağlanabilir. Yapılan çalışma ile daha önce bilinen çalışmalarda kullanımına rastlanmamış yöntemler tercih edilerek sonraki çalışmalara hazırlık yapılmıştır. RFID sisteminin tercih edilmesindeki en önemli amaç, gelişen teknoloji ile radyo frekanslı sistemlerde yapılacak iyileştirmelerin günümüz koşullarını kıyaslayabilmesine imkan verecek çalışmalar sunmaktır. Yapılan literatür araştırmasında bilinen bir çalışmasına rastlanmayan RFID anten için seçim yapılması bunun en iyi örneğidir.

Bu tez çalışmasında BWM, MOORA ve PROMETHEE yöntemlerinin birlikte kullanılması ile karar vericiye en yüksek faydayı sağlayan alternatifin seçimi sağlanmıştır. Karar vericilerin, karar verme sürecini kısaltmaları ile elde ettikleri faydayla dijitalleşme çağında rakipleri ile rekabet etmelerine imkan sağlanmıştır. Gelecek çalışmalarda yöntemlerin kullanımı arttırılarak farklı sektörlerde de başarı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Arslan, B. ve Sağıroğlu, Ş. (2016). Mobil cihazlarda biyometrik sistemler üzerine bir inceleme. *Politeknik Dergisi*, 19(2): 101-114. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33079/368083>.
- Arslan, D., Atasever, V., Güvenoğlu, E. ve Erdoğan, Ş.Z. (2010). *Çizgi barkod sistemleri ve HCCB barkod sisteminin karşılaştırılması*. Muğla Üniversitesi 12. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri. Erişim Adresi: https://ab.org.tr/ab10/kitap/arslan_atasever_AB10.pdf.
- Arslan, Y. (2008). RFID. *Elektronik Haberleşme Mühendisleri İzmir Odası*. Erişim Adresi: http://www.emo.org.tr/ekler/f2182172c8da2d8_ek.pdf?dergi=4.
- Ayçin, E. (2020). *Çok kriterli karar verme: Bilgisayar uygulamalı çözümler*. Nobel Yay.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A. ve Aghdassi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research* 200(1):198-215. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021>.
- Bozdoğan, Z. (2015). *Nesnelerin interneti için mimari tasarımı*. (Yüksek Lisans Tezi). Düzce Üniversitesi. Erişim Adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=TiyF3hs7PkcDwPZ_TCOQ6A&no=i7kgjOyogNyn_TiUKoK7wg.
- Brans, J.P., Vincke, P. ve Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2): 228-238. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5).
- Brauers, W. K. M. ve Ginevicius, R. (2009). Robustness in Regional Development Studies: The Case of Lithuania. *Journal of Business Economics and Management*, 10(2): 121-140. <https://doi.org/10.3846/1611-1699.2009.10.121-140>.
- Brauers, W. K. M. ve Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy. *Control and Cybernetics*, 35 (2): 445-469 Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/228345226_The_MOORA_method_and_its_application_to_privatization_in_a_transition_economy.
- Budak, A. Ve Üstündağ, A. (2015). Fuzzy decision making model for selection of real time location systems. *Applied Soft Computing*, 36: 177-184. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.05.057>.
- Bulut, K. (2008). *RFID Sistemleri*. (Lisans Tezi), İTÜ. Elektronik Mühendisliği Bölümü. Erişim Adresi: https://web.itu.edu.tr/~2008/KaanBulut_bit.
- Büyüközkan, G., Karabulut, Y. ve Arsenyan, J. (2017). RFID service provider selection: An integrated fuzzy MCDM approach. *Measurement*, 112: 88-98. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/319107652_RFID_service_provider_selection_An_integrated_fuzzy_MCDM_approach.

- Çelik, A. (2021). Eğik karakter tanıma başarısını arttırmak için yeni bir yöntemin kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(1):1-11. <https://doi.org/10.46578/humder.720001>.
- Dağdeviren, M. ve Eraslan, E. (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1):69-75. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6675/88291>.
- Dinçer, S.Ö., Ekin, E. ve Karakaş, K.S. (2017). PROMETHEE yöntemiyle uçak komponentlerinin önceliklendirilmesi problemlerine çözüm yaklaşımı. *Social Sciences Research Journal*, 6(3):106-125. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ssrj/issue/31284/341106>.
- Fu, H.P., Lin, A., Du, Z.J. ve Hsu, K.Y. (2015). Key factors for the adoption of RFID in the logistics industry in Taiwan. *The International Journal of Logistics Management*, 26(1): 61-81. <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2012-0091>.
- Gangurde, S.R. (2016). Benchmark the best factory data collection system (FDC) using AHP-GRA method. *Benchmarking An International Journal*, 23(2):359-370. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2014-0023>.
- Gashi, V. (2010). *Otomatik tanımlama sistemlerinden RFID'nin tedarik zincirindeki kullanımı ve bu teknolojinin etkisini ölçme amaçlı bir araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). MÜ. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İletişim Bilimleri Anabilim Dalı. Erişim Adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/312880>.
- Genç, T. (2013). Gaia grafik gösteriminin notasyonu. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi EYİ 2013 Özel Sayısı*, 267-283. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/358787>.
- Hwang, C.L. ve Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 58-191 Erişim Adresi: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-48318-9>.
- Ishizaka, H., Noda, H., Usami, M., Sato, A. ve Terasaki, S. (2011). Self-aligned positioning technology to connect ultra-small RFID powder-chip to an antenna. *Materials Science*. <https://doi.org/10.1109/ECTC.2011.5898633>.
- Jones, E.C. ve Chung, C.A. (2007). *RFID in logistics*. CRC Press.
- Joshi, A.D. ve Gupta, S.M. (2017). Multi-criteria optimization for selection of components from end-of-life products. *Applications of Management Science*, 18: 3-19. <https://doi.org/10.1108/S0276-897620170000018001>.
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A. ve Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47: 355-367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.010>.

- Karabıçak, Ç., Boyacı, A.İ., Kocabaş Akay, M. ve Özcan, B. (2016). Çok kriterli karar verme yöntemleri ve karayolu şantiye yeri seçimine ilişkin bir uygulama. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iibfdkastamonu/issue/29634/318361>.
- Kaya, A., Çağlar, M.F. ve Belen, M.A. (2008). *UHF RFID sistemleri için doğrudan ve kuplaj bağlantılı simetrik mikroşerit anten tasarımı ve gerçekleştirilmesi*. IV. URSI-Türkiye Bilimsel Kongresi Antalya. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/280732264_UHF_RFID_Sistemleri_icin_Dogrudan_ve_Kuplaj_Baglantili_Simetrik_Mikro_serit_Anten_Tasarimi.
- Lu, M.T., Lin, S.W. ve Tzeng, G.H. (2013). Improving RFID adoption in Taiwan's healthcare industry based on a DEMATEL technique with a hybrid MCDM model. *Decision Support Systems*, 56: 259-269. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.06.006>.
- Maraşlı, F. ve Çibuk, M. (2015). RFID teknolojisi ve kullanım alanları. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 249-275. <https://doi.org/10.17798/beufen.19847>.
- Mareschal, B. (2014). *Visual PROMETHEE programme*. Erişim Linki: <http://www.promethee-gaia.net/phone/visual-promethee.html>.
- Mohammed, A., Harris, I. ve Dukyil, A. (2019). A trasilient decision making tool for vendor selection: a hybrid-MCDM algorithm. *Management Decision*, 57(2): 372-395. <https://doi.org/10.1108/MD-04-2018-0478>.
- Mohammed, A.B., Gunasekaran, M. ve Mai, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. *Future Generation Computer Systems*, 86: 614-628. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.051>.
- Onan, A. (2014). PROMETHEE sıralama yönteminin konut projelerinin değerlendirilmesinde kullanılması. *Journal of Economics and Administrative Sciences* 16(1):17-28. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akuiibfd/issue/1617/20241>.
- Ömürbek, N. ve Eren, H. (2016). PROMETHEE, MOORA ve COPRAS yöntemleri ile oran analizi sonuçlarının değerlendirilmesi: Bir uygulama. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(16):174-187. <https://doi.org/10.20875/sb.69615>.
- Pala, Z. (2007). *RFID teknolojisinin acil müdahalede kullanımı*. Ağ ve bilgi güvenliği ulusal sempozyumu. Erişim Adresi: https://ab.org.tr/ab09/kitap/pala_AB09.pdf.
- Peng, S.C., Wang, T.C. ve Hsu, S.C. (2009). *Using the group decision making matrix to evaluate RFID supplies*. 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. <https://doi.org/10.1109/ICIEEM.2009.5344580>.
- Rezaei, J. (2015). Best-Worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53: 49–57. Erişim Adresi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>.

Salcan, K. (2016). *Otomatik tanımlama ve veri takip sistemi seçim kararında analitik ağ süreci yönteminin kullanılması ve bir uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Sari, K. (2013). Selection of RFID solution provider: A fuzzy multi-criteria decision model with Monte Carlo simulation. *Kybernetes*, 42 (3): 448-465. <https://doi.org/10.1108/03684921311323680>.

Stanujkic, D., Zavadskas, E.K., Brauers, W.K.M. ve Karabasevic, D. (2015). An extension of the multimooora method for solving complex decision-making problems based on the use of interval-valued triangular fuzzy numbers. *Business Management Constructs in Competitiveness Processes*, 14(2):355-375. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/284189080_An_extension_of_the_MULTIMOORA_method_for_solving_complex_decision_making_problems_based_on_the_use_of_interval-valued_triangular_fuzzy_numbers.

Şahin, T. (2014). *AHP ve PROMETHEE yöntemine dayalı ERP sistem seçimi: STK'larda bir uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erişim Adresi: <https://acikerisim.sdu.edu.tr/handle/123456789/33154>.

Şanslı, A. (2007). *Akıllı kimlik kartı uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi. Erişim Adresi: <https://hdl.handle.net/20.500.12619/81360>.

Uçar, M.H., Sondaş, A. ve Erdemli, Y.E. (2010). *Çevrimiçi RF veri toplama sistemi için UHF-RFID okuyucu anten tasarımı*. V. URSI-Türkiye 2010 Bilimsel Kongresi, Güzelyurt, 105-108. Erişim Adresi: <https://avesis.kocaeli.edu.tr/yayin/b7a0eeda-3fda-4981-abe1-fbc232444d28/cevrimici-rf-veri-toplama-sistemi-icin-uhf-rfid-okuyucu-anten-tasarimi>.

Ülper, S. (2010). *RFID ile online veri toplama sistemi geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Açık Akademik Arşiv Sistemi. Erişim Adresi: <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12619/80512/T04434.pdf?sequence=1>.

Üstündağ, A. (2008). *RFID ve tedarik zinciri*. Sistem Yayıncılık.

Üstündağ, A. ve Korkmaz E. (2016). *Radyo frekanslı tanıma teknolojisinin (RFID) endüstriyel kontrol sistemlerine entegrasyonu*. RFID Research and Test Center. Erişim Adresi: <https://www.rfid.itu.edu.tr/arastirma/RFID-END.pdf>.

Wang, T.C., Chang, T.H. ve Hsu, S.C. (2008). *Evaluating RFID system suppliers under fuzzy environment: based on incomplete linguistic preference relations*. 3rd International Conference on Innovative Computing Information and Control ICICIC '08. <https://doi.org/10.1109/ICICIC.2008.258>.

Yılmaz, H. (2013). *RFID akıllı etiketler, uygulama alanlarının incelenmesi ve öneriler*. (Teknik Uzmanlık Tezi). Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Samsun. Erişim Adresi: <https://www.btk.gov.tr/uploads/thesis/rfid-akilli-etiketler-uygulama-alanlarinin-incelenmesi-ve-oneriler.PDF>.

Yıldız, A., Karakoyun, F. ve Parlak, İ.E. (2018). The most suitable mobile RFID reader selection by using interval type-2 fuzzy TOPSIS method. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 36 (3): 717-729. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/publication/328759706_THE_MOST_SUITABLE_MOBILE_RFID_READER_SELECTION_BY_USING_INTERVAL_TYPE-2_FUZZY_TOPSIS_METHOD

Yüksel, M.E. ve Durukan Odabaşı, Ş. (2009). Nesneler izlenebilir ve yönetilebilir mi? Çözüm: RFID. *Akademik Bilişim 2009 Harran Üniversitesi*,11-19. Erişim Adresi: <https://ab.org.tr/ab09/bildiri/163.pdf>.

Yüksel, M.E. ve Zaim, A.H. (2009). RFID'nin kablosuz iletişim teknolojileri ile etkileşimi. *Akademik Bilişim 2009-Harran Üniversitesi*,11-13. Erişim Adresi: <https://ab.org.tr/ab09/bildiri/74.pdf>.

Zhou, W., Yin, W., Peng, X., Liu, F. ve Yang, F. (2016). comprehensive evaluation of land reclamation and utilisation schemes based on a modified VIKOR method for surface mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/17480930.2016.1228031>.

EKLER

- | | |
|-------------|--|
| EK 1 | BWM Yöntemi ile RFID Etiketinin Kriter Ağırlıklarının ve RFID Anteninin Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Veriler |
| EK 2 | MOORA Yöntemiyle RFID Etiket ve RFID Anten Seçiminde Kullanılan Veriler ve Sonuçları |
| EK 3 | PROMETHEE Yöntemiyle RFID Etiket ve RFID Anten Seçiminde Kullanılan Veriler ve Sonuçları |
| EK 4 | RFID Bileşenlerinin Karar vericiler için Seçimi |

EK 1. BWM Yöntemi ile RFID Etiketinin Kriter Ağırlıklarının ve RFID Anteninin Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Veriler

Ek Çizelge 1.1. Karar vericiler için RFID etiket seçiminde en iyi ve en kötü kriterler

Karar Vericiler	En İyi (En Önemli) Kriter	En Kötü (En Az Önemli) Kriter
Karar Verici 1	Kriter 1	Kriter 6
Karar Verici 2	Kriter 2	Kriter 6
Karar Verici 3	Kriter 10	Kriter 9
Karar Verici 4	Kriter 5	Kriter 7
Karar Verici 5	Kriter 2	Kriter 8

Ek Çizelge 1.2. RFID etiket seçim kriterlerinden en iyi kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırılması

En İyi-Diğerleri	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	1	3	3	5	3
Kriter 2	3	1	5	3	1
Kriter 3	7	7	5	5	3
Kriter 4	5	5	3	3	3
Kriter 5	3	3	3	1	3
Kriter 6	9	9	7	7	7
Kriter 7	3	7	3	9	5
Kriter 8	7	3	7	5	9
Kriter 9	5	7	9	5	7
Kriter 10	5	3	1	3	3

Ek Çizelge 1.3. RFID etiket seçim kriterlerinden en kötü kriterin diğer kriterler ile ikili karşılaştırılması

En Kötü-Diğerleri	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	9	7	7	5	7
Kriter 2	7	9	7	7	9
Kriter 3	3	3	3	7	5
Kriter 4	3	7	5	7	7
Kriter 5	7	7	7	9	7
Kriter 6	1	1	3	3	3
Kriter 7	7	5	7	1	3
Kriter 8	5	7	3	3	1
Kriter 9	5	5	1	5	3
Kriter 10	7	7	9	7	7

Ek Çizelge 1.4. Karar vericiler için RFID anten seçiminde en iyi ve en kötü kriterler

Karar Vericiler	En İyi (En Önemli) Kriter	En Kötü (En Az Önemli) Kriter
Karar Verici 1	Kriter 1	Kriter 6
Karar Verici 2	Kriter 2	Kriter 6
Karar Verici 3	Kriter 10	Kriter 9
Karar Verici 4	Kriter 5	Kriter 7
Karar Verici 5	Kriter 2	Kriter 8

Ek Çizelge 1.5. RFID anten seçim kriterlerinden en iyi kriterin diğer kriterlerle ikili karşılaştırılması

En İyi-Diğerleri	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	1	3	3	5	3
Kriter 2	3	1	5	3	1
Kriter 3	7	7	5	5	3
Kriter 4	5	5	3	3	3
Kriter 5	3	3	3	1	3
Kriter 6	9	9	7	7	7
Kriter 7	7	7	3	9	5
Kriter 8	7	3	7	5	9
Kriter 9	3	7	9	5	7
Kriter 10	3	3	1	3	3

Ek Çizelge 1.6. RFID anten seçim kriterlerinden en kötü kriterin diğer kriterler ile ikili karşılaştırılması

En Kötü-Diğerleri	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5
Kriter 1	9	7	7	5	7
Kriter 2	7	9	7	7	9
Kriter 3	3	3	3	7	5
Kriter 4	3	7	5	7	7
Kriter 5	7	7	7	9	7
Kriter 6	1	1	3	3	3
Kriter 7	3	5	7	1	3
Kriter 8	5	7	3	3	1
Kriter 9	7	5	1	5	3
Kriter 10	7	7	9	7	7

EK 2. MOORA Yöntemiyle RFID Etiket ve RFID Anten Seçiminde Kullanılan Veriler ve Sonuçları

Ek Çizelge 2.1. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID etiket karar matrisi

KV-1	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.17	0.06	0.03	0.05	0.08	0.01	0.04	0.02	0.04	0.04
A 2	0.09	0.06	0.01	0.02	0.08	0.00	0.06	0.02	0.03	0.01
A 3	0.09	0.06	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.04	0.01
A 4	0.09	0.06	0.03	0.02	0.03	0.01	0.06	0.02	0.03	0.01
A 5	0.17	0.05	0.03	0.05	0.02	0.02	0.08	0.03	0.04	0.06

Ek Çizelge 2.2. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-1)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.366	1
Alternatif 2	0.289	3
Alternatif 3	0.201	5
Alternatif 4	0.242	4
Alternatif 5	0.311	2

Ek Çizelge 2.3. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID etiket karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.07	0.12	0.03	0.05	0.08	0.01	0.02	0.06	0.03	0.06
A 2	0.04	0.12	0.01	0.02	0.08	0.00	0.02	0.05	0.02	0.02
A 3	0.04	0.12	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01	0.06	0.03	0.02
A 4	0.04	0.12	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.05	0.02	0.02
A 5	0.07	0.12	0.03	0.05	0.02	0.02	0.03	0.06	0.03	0.10

Ek Çizelge 2.4. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-2)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.326	1
Alternatif 2	0.301	2
Alternatif 3	0.241	4
Alternatif 4	0.252	3
Alternatif 5	0.238	5

Ek Çizelge 2.5. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID etiket karar matrisi

KV-3	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.07	0.03	0.04	0.07	0.07	0.02	0.04	0.02	0.01	0.14
A 2	0.04	0.03	0.01	0.04	0.07	0.01	0.06	0.02	0.01	0.03
A 3	0.04	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
A 4	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.06	0.02	0.01	0.05
A 5	0.07	0.03	0.04	0.07	0.02	0.04	0.07	0.02	0.01	0.22

Ek Çizelge 2.6. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-3)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.188	2
Alternatif 2	0.213	1
Alternatif 3	0.125	4
Alternatif 4	0.151	3
Alternatif 5	0.061	5

Ek Çizelge 2.7. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID etiket karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.05	0.04	0.08	0.18	0.02	0.01	0.03	0.04	0.06
A 2	0.02	0.05	0.01	0.04	0.18	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02
A 3	0.02	0.05	0.01	0.03	0.09	0.02	0.00	0.03	0.04	0.02
A 4	0.02	0.05	0.04	0.03	0.06	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02
A 5	0.04	0.05	0.04	0.08	0.05	0.04	0.01	0.04	0.04	0.10

Ek Çizelge 2.8. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-4)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.318	1
Alternatif 2	0.290	2
Alternatif 3	0.174	3
Alternatif 4	0.171	4
Alternatif 5	0.137	5

Ek Çizelge 2.9. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID etiket karar matrisi

KV-5	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.07	0.12	0.06	0.07	0.07	0.02	0.02	0.01	0.02	0.06
A 2	0.03	0.12	0.02	0.03	0.07	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01
A 3	0.03	0.12	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
A 4	0.03	0.12	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
A 5	0.07	0.12	0.06	0.07	0.02	0.03	0.04	0.01	0.02	0.09

Ek Çizelge 2.10. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-5)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.326	1
Alternatif 2	0.276	2
Alternatif 3	0.201	5
Alternatif 4	0.247	3
Alternatif 5	0.238	4

Ek Çizelge 2.11. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID etiket karar matrisi

KV-1	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03
A 2	0.09	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
A 3	0.09	0.00	0.02	0.03	0.04	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00
A 4	0.09	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
A 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.01	0.05

Ek Çizelge 2.12. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-1)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.034	1
Alternatif 2	0.086	4
Alternatif 3	0.086	4
Alternatif 4	0.086	4
Alternatif 5	0.057	2

Ek Çizelge 2.13. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID etiket karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.05
A 2	0.04	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
A 3	0.04	0.00	0.02	0.03	0.04	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
A 4	0.04	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
A 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.01	0.08

Ek Çizelge 2.14. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID etiket alternatiflerinin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-2)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.045	3
Alternatif 2	0.036	1.5
Alternatif 3	0.036	1.5
Alternatif 4	0.051	4
Alternatif 5	0.083	5

Ek Çizelge 2.15. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID etiket karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.10
A 2	0.04	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
A 3	0.04	0.00	0.03	0.05	0.03	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00
A 4	0.04	0.00	0.00	0.05	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02
A 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.19

Ek Çizelge 2.16. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID etiket alternatiflerinin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-3)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.103	4
Alternatif 2	0.037	1
Alternatif 3	0.050	2.5
Alternatif 4	0.050	2.5
Alternatif 5	0.188	5

Ek Çizelge 2.17. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID etiket karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.05
A 2	0.02	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
A 3	0.02	0.00	0.03	0.05	0.08	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
A 4	0.02	0.00	0.00	0.05	0.12	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
A 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.03	0.00	0.00	0.01	0.08

Ek Çizelge 2.18. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-4)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.045	2
Alternatif 2	0.038	1
Alternatif 3	0.083	3
Alternatif 4	0.118	4
Alternatif 5	0.130	5

Ek Çizelge 2.19. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID etiket karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.04
A 2	0.03	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
A 3	0.03	0.00	0.05	0.05	0.03	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00
A 4	0.03	0.00	0.00	0.05	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
A 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.01	0.08

Ek Çizelge 2.20. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID etiket alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-5)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.041	1
Alternatif 2	0.046	3
Alternatif 3	0.046	3
Alternatif 4	0.046	3
Alternatif 5	0.076	5

Ek Çizelge 2.21. MOORA Tam Çarpım yaklaşımı ile RFID etiket seçiminde alternatiflerin sıralaması

MOORA Tam Çarpım Yaklaşımı	Maksimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpımı (A_i)	Minimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpımı (B_i)	Sonuç değerleri (U_i)	Sıralama
Alternatif 1	0.0099	0.0923	0.1069	1
Alternatif 2	0.0008	0.0087	0.0873	2
Alternatif 3	0.0001	0.0231	0.0057	5
Alternatif 4	0.0007	0.0277	0.0242	3
Alternatif 5	0.0049	0.2999	0.0162	4

Ek Çizelge 2.22. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID anten karar matrisi

KV-1	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.10	0.05	0.03	0.00	0.03	0.01	0.03	0.02	0.04	0.08
A 2	0.10	0.05	0.03	0.00	0.04	0.01	0.03	0.02	0.06	0.07
A 3	0.08	0.05	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	0.06	0.02
A 4	0.19	0.05	0.01	0.04	0.08	0.00	0.02	0.03	0.06	0.03
A 5	0.14	0.05	0.03	0.04	0.07	0.01	0.02	0.02	0.06	0.03

Ek Çizelge 2.23. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-1 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-1)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.0738	5
Alternatif 2	0.0887	4
Alternatif 3	0.1210	3
Alternatif 4	0.2735	1
Alternatif 5	0.2357	2

Ek Çizelge 2.24. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID anten karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.11	0.03	0.00	0.03	0.01	0.03	0.05	0.02	0.09
A 2	0.04	0.13	0.03	0.00	0.04	0.01	0.03	0.05	0.02	0.07
A 3	0.03	0.13	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02
A 4	0.08	0.13	0.01	0.04	0.08	0.00	0.02	0.07	0.02	0.03
A 5	0.06	0.13	0.03	0.04	0.07	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03

Ek Çizelge 2.25. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-2 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-2)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.0727	5
Alternatif 2	0.1021	4
Alternatif 3	0.1547	3
Alternatif 4	0.2342	2
Alternatif 5	0.2366	1

Ek Çizelge 2.26. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID anten karar matrisi

KV-3	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.03	0.04	0.00	0.03	0.02	0.06	0.02	0.01	0.19
A 2	0.04	0.03	0.04	0.00	0.04	0.03	0.06	0.02	0.01	0.16
A 3	0.03	0.03	0.02	0.07	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	0.05
A 4	0.08	0.03	0.02	0.07	0.08	0.01	0.04	0.03	0.01	0.07
A 5	0.06	0.03	0.04	0.07	0.07	0.02	0.05	0.02	0.01	0.06

Ek Çizelge 2.27. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-3 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-3)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	-0.0508	5
Alternatif 2	-0.0088	4
Alternatif 3	0.1192	3
Alternatif 4	0.1978	1
Alternatif 5	0.1969	2

Ek Çizelge 2.28. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID anten karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.04	0.03	0.00	0.08	0.02	0.02	0.03	0.02	0.07
A 2	0.04	0.05	0.03	0.00	0.11	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06
A 3	0.03	0.05	0.02	0.06	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02
A 4	0.07	0.05	0.02	0.06	0.22	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03
A 5	0.05	0.05	0.03	0.06	0.18	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02

Ek Çizelge 2.29. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-4 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-4)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.0675	5
Alternatif 2	0.0985	4
Alternatif 3	0.1219	3
Alternatif 4	0.3248	1
Alternatif 5	0.2865	2

Ek Çizelge 2.30. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID anten karar matrisi

KV-5	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.11	0.06	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.08
A 2	0.04	0.12	0.06	0.00	0.04	0.03	0.03	0.01	0.02	0.06
A 3	0.03	0.12	0.03	0.06	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
A 4	0.07	0.12	0.03	0.06	0.08	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03
A 5	0.05	0.12	0.06	0.06	0.06	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02

Ek Çizelge 2.31. MOORA-Oran yöntemi ile karar verici-5 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Oran Metodu (KV-5)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.1443	5
Alternatif 2	0.1683	4
Alternatif 3	0.2182	3
Alternatif 4	0.3130	1
Alternatif 5	0.3100	2

Ek Çizelge 2.32. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID anten karar matrisi

KV-1	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.09	0.01	0.00	0.04	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06
A 2	0.08	0.00	0.00	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05
A 3	0.10	0.00	0.01	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
A 4	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
A 5	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01

Ek Çizelge 2.33. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-1 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-1)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.087	4
Alternatif 2	0.081	3
Alternatif 3	0.104	5
Alternatif 4	0.019	1
Alternatif 5	0.046	2

Ek Çizelge 2.34. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID anten karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07
A 2	0.03	0.00	0.00	0.04	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.05
A 3	0.04	0.00	0.01	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
A 4	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01
A 5	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01

Ek Çizelge 2.35. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-2 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-2)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.065	4
Alternatif 2	0.049	3
Alternatif 3	0.067	5
Alternatif 4	0.022	2
Alternatif 5	0.019	1

Ek Çizelge 2.36. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID anten karar matrisi

KV-2	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.04	0.00	0.00	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.15
A 2	0.03	0.00	0.00	0.07	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.11
A 3	0.04	0.00	0.02	0.00	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
A 4	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.03
A 5	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01

Ek Çizelge 2.37. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-3 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-3)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.148	5
Alternatif 2	0.111	4
Alternatif 3	0.065	3
Alternatif 4	0.026	2
Alternatif 5	0.019	1

Ek Çizelge 2.38. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID anten karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.03	0.00	0.00	0.06	0.14	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06
A 2	0.03	0.00	0.00	0.06	0.11	0.02	0.00	0.01	0.01	0.04
A 3	0.04	0.00	0.02	0.00	0.18	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
A 4	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
A 5	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01

Ek Çizelge 2.39. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-4 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-4)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.140	4
Alternatif 2	0.114	3
Alternatif 3	0.175	5
Alternatif 4	0.017	1
Alternatif 5	0.044	2

Ek Çizelge 2.40. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID anten karar matrisi

KV-4	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
A 1	0.03	0.01	0.00	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06
A 2	0.03	0.00	0.00	0.06	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04
A 3	0.04	0.00	0.03	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
A 4	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
A 5	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01

Ek Çizelge 2.41. MOORA-Referans noktası yaklaşımı ile karar verici-5 için RFID anten alternatiflerin sıralaması

MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı (KV-5)	Değerler	Sıralama
Alternatif 1	0.063	4.5
Alternatif 2	0.063	4.5
Alternatif 3	0.061	3
Alternatif 4	0.029	2
Alternatif 5	0.018	1

Ek Çizelge 2.42. MOORA Tam Çarpım yaklaşımı ile RFID anten seçiminde alternatiflerin sıralaması

MOORA Tam Çarpım Yaklaşımı	Maksimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpımı (A_i)	Minimizasyon yönlü kriterlerin değerleri çarpımı (B_i)	Sonuç değerleri (U_i)	Sıralama
Alternatif 1	0.0000	0.0446	0.0000	4.5
Alternatif 2	0.0000	0.0717	0.0000	4.5
Alternatif 3	0.0012	0.0142	0.0847	3
Alternatif 4	0.0115	0.0140	0.8184	2
Alternatif 5	0.0165	0.0185	0.8931	1

EK 3. PROMETHEE Yöntemiyle RFID Etiket ve RFID Anten Seçiminde Kullanılan Veriler ve Sonuçları

Ek Çizelge 3.1. RFID etiket için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
P(A1-A2)	1.000	0.000	1.000	0.750	0.000	0.000	0.000	0.667	0.000	0.000
P(A1-A3)	1.000	0.000	1.000	1.000	0.636	0.000	0.333	0.000	0.000	0.000
P(A1-A4)	1.000	0.000	0.000	1.000	0.909	0.000	0.000	0.667	0.000	0.000
P(A1-A5)	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.667	0.000	0.000	0.000	0.455
P(A2-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.333	0.000	1.000	0.545
P(A2-A3)	0.000	0.000	0.000	0.250	0.636	0.333	0.667	0.000	1.000	0.000
P(A2-A4)	0.000	0.000	0.000	0.250	0.909	0.333	0.000	0.000	0.000	0.109
P(A2-A5)	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000
P(A3-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.545
P(A3-A2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.667	0.000	0.000
P(A3-A4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.273	0.000	0.000	0.667	0.000	0.109
P(A3-A5)	0.000	1.000	0.000	0.000	0.364	0.667	0.000	0.000	0.000	1.000
P(A4-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	1.000	0.436
P(A4-A2)	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P(A4-A3)	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.667	0.000	1.000	0.000
P(A4-A5)	0.000	1.000	0.000	0.000	0.091	0.667	0.000	0.000	1.000	0.891
P(A5-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.667	0.333	0.000	0.000
P(A5-A2)	1.000	0.000	1.000	0.750	0.000	0.000	0.333	1.000	0.000	0.000
P(A5-A3)	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.333	0.000	0.000
P(A5-A4)	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.333	1.000	0.000	0.000

Ek Çizelge 3.2. RFID etiketin karar verici-1 için kriter ağırlıklı PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi

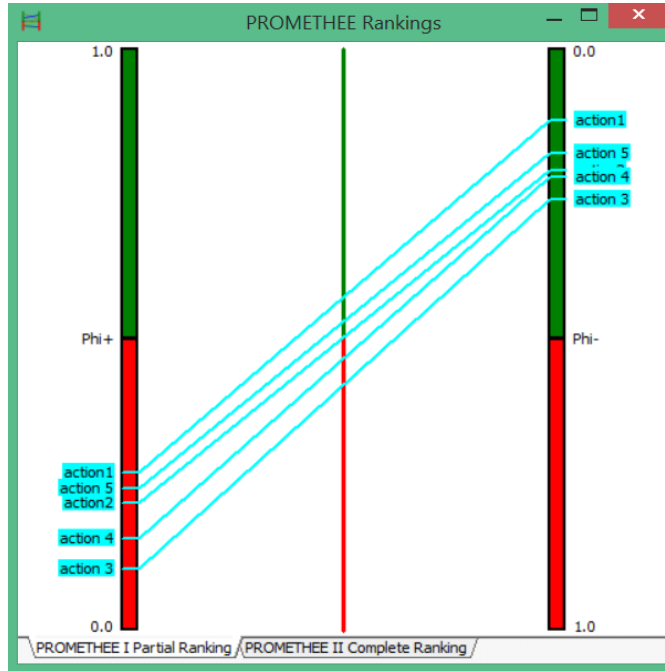
	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
w*P(A1-A2)	0.284	0.000	0.053	0.055	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000
w*P(A1-A3)	0.284	0.000	0.053	0.074	0.078	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000
w*P(A1-A4)	0.284	0.000	0.000	0.074	0.111	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000
w*P(A1-A5)	0.000	0.123	0.000	0.000	0.123	0.015	0.000	0.000	0.000	0.033
w*P(A2-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.041	0.000	0.074	0.040
w*P(A2-A3)	0.000	0.000	0.000	0.018	0.078	0.007	0.082	0.000	0.074	0.000
w*P(A2-A4)	0.000	0.000	0.000	0.018	0.111	0.007	0.000	0.000	0.000	0.008
w*P(A2-A5)	0.000	0.123	0.000	0.000	0.123	0.022	0.000	0.000	0.074	0.074
w*P(A3-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040
w*P(A3-A2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000
w*P(A3-A4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.000	0.000	0.035	0.000	0.008

Ek Çizelge 3.2. RFID etiketin karar verici-1 için kriter ağırlıklı PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi (Devam)

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
w*P(A3-A5)	0.000	0.123	0.000	0.000	0.045	0.015	0.000	0.000	0.000	0.074
w*P(A4-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.074	0.032
w*P(A4-A2)	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
w*P(A4-A3)	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.082	0.000	0.074	0.000
w*P(A4-A5)	0.000	0.123	0.000	0.000	0.011	0.015	0.000	0.000	0.074	0.065
w*P(A5-A1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.082	0.018	0.000	0.000
w*P(A5-A2)	0.284	0.000	0.053	0.055	0.000	0.000	0.041	0.053	0.000	0.000
w*P(A5-A3)	0.284	0.000	0.053	0.074	0.000	0.000	0.123	0.018	0.000	0.000
w*P(A5-A4)	0.284	0.000	0.000	0.074	0.000	0.000	0.041	0.053	0.000	0.000

Ek Çizelge 3.3. RFID etiketin karar verici-1 için alternatiflerinin pozitif ve negatif üstünlük değerleri

Sıralama	ϕ^+ değeri	Sıralama	ϕ^- değeri
Alternatif 1	0.1465	Alternatif 3	0.1230
Alternatif 5	0.0629	Alternatif 4	0.1794
Alternatif 2	0.0094	Alternatif 2	0.2091
Alternatif 4	-0.0647	Alternatif 5	0.2208
Alternatif 3	-0.1540	Alternatif 1	0.2596



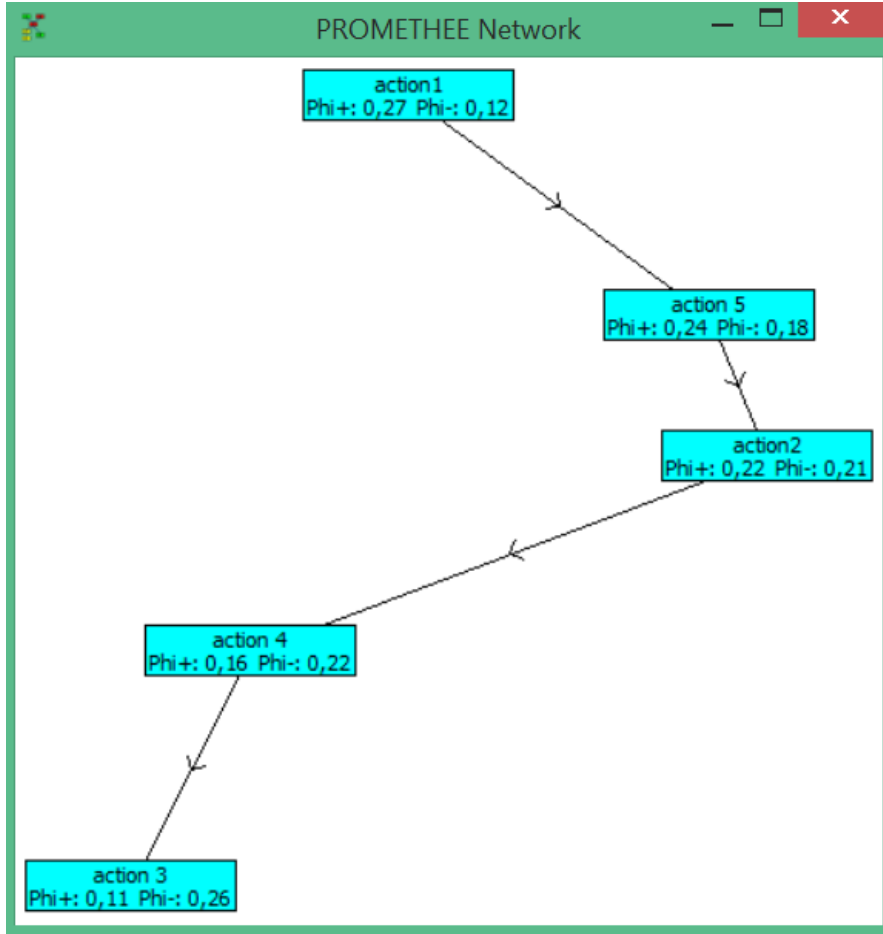
Ek Şekil 3.1. RFID etiket seçimi için kısmi sıralama gösterimi

Scenario1	✓	criterion1	✓	criterion2	✓	criterion3	✓	criterion4	✓	criterion5	✓	criterion6	✓	criterion7	✓	criterion8	✓	criterion9	✓	criterion10	✓
	Unit		unit		unit		unit		unit		unit		unit		unit		unit		unit		unit
	Cluster/Group		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆
	Preferences																				
	Min/Max		max		max		max		max		max		min		max		max		min		min
	Weight		28,45		12,25		5,25		7,35		12,25		2,24		12,25		5,25		7,35		7,35
	Preference Fcn.		Usual		V-shape		Usual		Usual		V-shape		Usual		V-shape		Usual		Usual		Usual
	Thresholds		absolute		absolute		absolute		absolute		absolute		absolute		absolute		absolute		absolute		absolute
	- Q: Indifference		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a
	- P: Preference		n/a		0,00		n/a		n/a		0,00		n/a		0,00		n/a		n/a		n/a
- S: Gaussian		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a		n/a	
Statistics																					
Minimum		1,00		930,00		128,00		32,00		4,00		0,50		3,00		70,00		60,00		10,00	
Maximum		2,00		960,00		512,00		96,00		15,00		2,00		9,00		85,00		80,00		65,00	
Average		1,40		954,00		358,40		60,80		9,40		1,10		6,20		77,00		72,00		28,20	
Standard Dev.		0,49		12,00		188,12		29,33		4,76		0,49		2,04		6,00		9,80		21,47	
Evaluations																					
✓	action1	2,00	960,00	512,00	96,00	15,00	1,00	5,00	80,00	80,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	
✓	action2	1,00	960,00	128,00	48,00	15,00	0,50	7,00	70,00	60,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
✓	action 3	1,00	960,00	128,00	32,00	8,00	1,00	3,00	80,00	80,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
✓	action 4	1,00	960,00	512,00	32,00	5,00	1,00	7,00	70,00	60,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	
✓	action 5	2,00	930,00	512,00	96,00	4,00	2,00	9,00	85,00	80,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	

Ek Şekil 3.2. PROMETHEE yöntemi ile karar verici-1 için etiket seçiminin Visual PROMETHEE programında gösterimi

PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	action1		0,1465	0,2694	0,1230
2	action 5		0,0629	0,2423	0,1794
3	action2		0,0094	0,2185	0,2091
4	action 4		-0,0647	0,1561	0,2208
5	action 3		-0,1540	0,1055	0,2596

Ek Şekil 3.3. PROMETHEE yöntemi ile RFID etiket seçimde tam sıralama sonuçları



Ek Şekil 3.4. PROMETHEE yöntemi ile RFID etiket seçimde tam sıralamaların gösterimi

Ek Çizelge 3.4. RFID anten için PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi

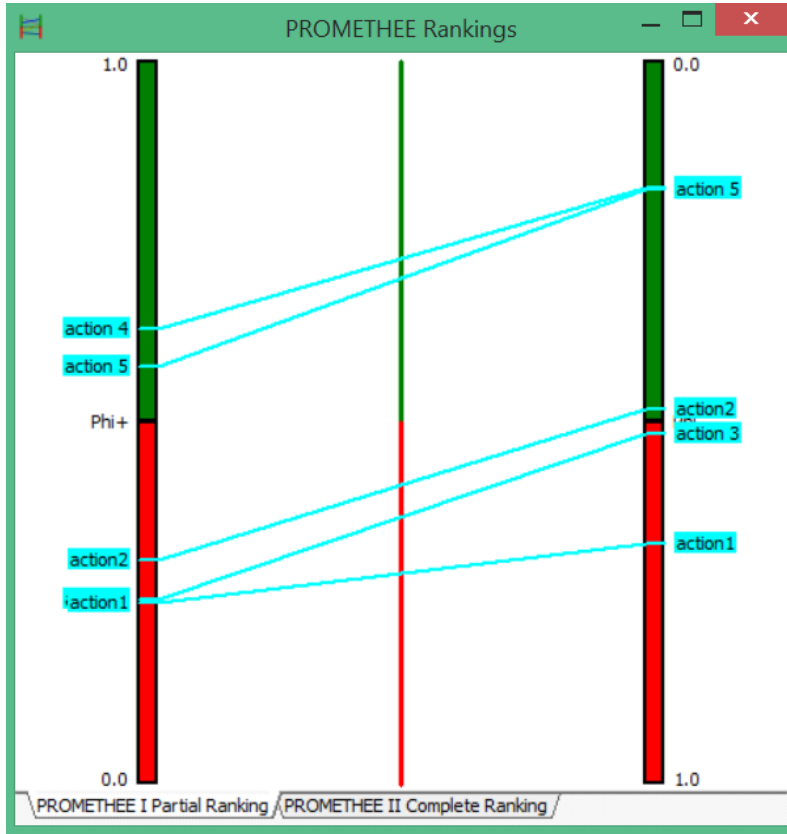
	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
P(A1-A2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.379	0.000	0.000	1.000	0.000
P(A1-A3)	0.167	0.000	1.000	0.000	0.200	0.138	0.500	0.000	1.000	0.000
P(A1-A4)	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.500	1.000	0.000
P(A1-A5)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.138	0.500	0.000	1.000	0.000
P(A2-A1)	0.056	1.000	0.000	0.000	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250
P(A2-A3)	0.222	0.000	1.000	0.000	0.350	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000
P(A2-A4)	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.500	0.000	0.000
P(A2-A5)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000
P(A3-A1)	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	1.000
P(A3-A2)	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.241	0.000	0.500	0.000	0.750
P(A3-A4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	0.000	0.175
P(A3-A5)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094
P(A4-A1)	0.833	1.000	0.000	1.000	0.800	0.621	0.000	0.000	0.000	0.825
P(A4-A2)	0.778	0.000	0.000	1.000	0.650	1.000	0.000	0.000	0.000	0.575
P(A4-A3)	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.759	0.000	0.000	0.000	0.000
P(A4-A5)	0.444	0.000	0.000	0.000	0.250	0.759	0.000	0.000	0.000	0.000
P(A5-A1)	0.389	1.000	0.000	1.000	0.550	0.000	0.000	0.500	0.000	0.906
P(A5-A2)	0.333	0.000	0.000	1.000	0.400	0.241	0.000	0.500	0.000	0.656
P(A5-A3)	0.556	0.000	1.000	0.000	0.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P(A5-A4)	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	0.000	0.081

Ek Çizelge 3.5. RFID antenin karar verici-1 için kriter ağırlıklı PROMETHEE ikili karşılaştırma matrisi

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10
w*P(A1-A2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.118	0.000
w*P(A1-A3)	0.047	0.000	0.050	0.000	0.024	0.003	0.025	0.000	0.118	0.000
w*P(A1-A4)	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.050	0.025	0.118	0.000
w*P(A1-A5)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.025	0.000	0.118	0.000
w*P(A2-A1)	0.016	0.118	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
w*P(A2-A3)	0.063	0.000	0.050	0.000	0.041	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000
w*P(A2-A4)	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.050	0.025	0.000	0.000
w*P(A2-A5)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000
w*P(A3-A1)	0.000	0.118	0.000	0.071	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.118
w*P(A3-A2)	0.000	0.000	0.000	0.071	0.000	0.006	0.000	0.025	0.000	0.088
w*P(A3-A4)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.050	0.000	0.021
w*P(A3-A5)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
w*P(A4-A1)	0.237	0.118	0.000	0.071	0.094	0.015	0.000	0.000	0.000	0.097
w*P(A4-A2)	0.221	0.000	0.000	0.071	0.076	0.024	0.000	0.000	0.000	0.068
w*P(A4-A3)	0.284	0.000	0.000	0.000	0.118	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
w*P(A4-A5)	0.126	0.000	0.000	0.000	0.029	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
w*P(A5-A1)	0.110	0.118	0.000	0.071	0.065	0.000	0.000	0.025	0.000	0.107
w*P(A5-A2)	0.095	0.000	0.000	0.071	0.047	0.006	0.000	0.025	0.000	0.077
w*P(A5-A3)	0.158	0.000	0.050	0.000	0.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
w*P(A5-A4)	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.025	0.050	0.000	0.010

Ek Çizelge 3.6. RFID antenin karar verici-1 için alternatiflerinin pozitif ve negatif üstünlük değerleri

Sıralama	Φ^+ değeri	Sıralama	Φ^- değeri
Alternatif 4	0.4548	Alternatif 1	0.6685
Alternatif 5	0.3999	Alternatif 3	0.5162
Alternatif 2	-0.1734	Alternatif 2	0.4827
Alternatif 3	-0.2621	Alternatif 5	0.1774
Alternatif 1	-0.4192	Alternatif 4	0.1756



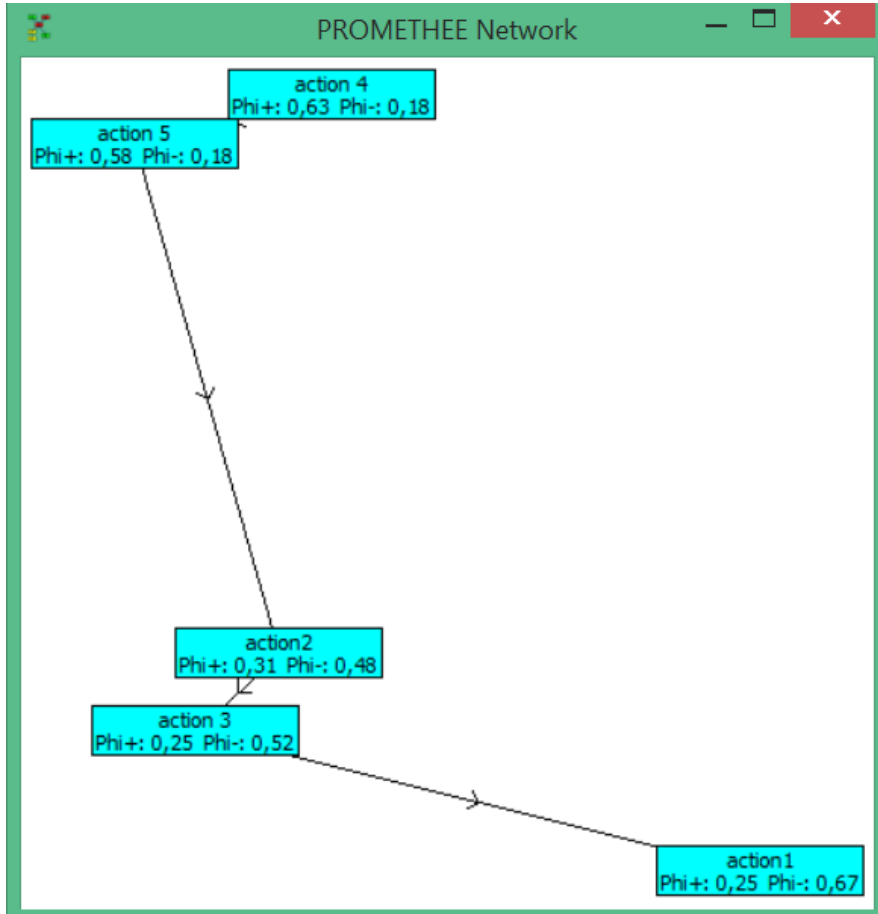
Ek Şekil 3.5. RFID anten seçimi için kısmi sıralama gösterimi

		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Scenario1	criterion1	criterion2	criterion3	criterion4	criterion5	criterion6	criterion7	criterion8	criterion9	criterion10	
Unit		unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	unit	
Cluster /Group		◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
Preferences												
Min/Max		max	max	max	max	max	min	min	min	min	min	
Weight		28,39	11,76	5,04	7,06	11,76	2,39	5,04	5,04	11,76	11,76	
Preference Fn.		Usual	Usual	Usual	Usual	V-shape	Usual	Usual	Usual	Usual	V-shape	
Thresholds		absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
- P: Preference		n/a	n/a	n/a	n/a	3,00	n/a	n/a	n/a	n/a	130,00	
- S: Gaussian		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Statistics												
Minimum		7,00	870,00	1,00	0,00	5,00	16,00	50,00	60,00	1,00	500,00	
Maximum		16,00	960,00	2,00	1,00	25,00	45,00	70,00	90,00	1,50	2100,00	
Average		10,50	942,00	1,60	0,60	14,20	34,20	62,00	72,00	1,40	1146,00	
Standard Dev.		3,19	36,00	0,49	0,49	7,30	9,77	7,48	11,22	0,20	634,72	
Evaluations												
✓	action1	8,50	870,00	2,00	0,00	9,00	34,00	70,00	75,00	1,00	2100,00	
✓	action2	9,00	960,00	2,00	0,00	12,00	45,00	70,00	75,00	1,50	1700,00	
✓	action 3	7,00	960,00	1,00	1,00	5,00	38,00	60,00	60,00	1,50	500,00	
✓	action 4	16,00	960,00	1,00	1,00	25,00	16,00	50,00	90,00	1,50	780,00	
✓	action 5	12,00	960,00	2,00	1,00	20,00	38,00	60,00	60,00	1,50	650,00	

Ek Şekil 3.6. PROMETHEE yöntemi ile karar verici-1 için anten seçiminin Visual PROMETHEE programında gösterimi

PROMETHEE Flow Table					
Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	action 4		0,4548	0,6304	0,1756
2	action 5		0,3999	0,5773	0,1774
3	action2		-0,1734	0,3093	0,4827
4	action 3		-0,2621	0,2541	0,5162
5	action1		-0,4192	0,2493	0,6685

Ek Şekil 3.7. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten seçimde tam sıralama sonuçları



Ek Şekil 3.8. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten seçimde tam sıralamaların gösterimi

Ek Çizelge 3.7. PROMETHEE yöntemi ile RFID okuyucu için elde edilen sonuçlar

Sıralama (KV-1)		Değer	Sıralama (KV-2)		Değer	Sıralama (KV-3)		Değer	Sıralama (KV-4)		Değer	Sıralama (KV-5)		Değer
1	A 4	0,098	1	A 4	0,086	1	A 3	0,193	1	A 4	0,164	1	A 4	0,100
2	A 3	0,091	2	A 3	0,080	2	A 4	0,130	2	A 3	0,102	2	A 3	0,093
3	A 1	-0,04	3	A 2	-0,05	3	A 1	0,099	3	A 1	0,041	3	A 1	-0,04
4	A 2	-0,07	4	A 1	-0,05	4	A 2	-0,17	4	A 2	-0,07	4	A 2	-0,08
5	A 5	-0,08	5	A 5	-0,07	5	A 5	-0,25	5	A 5	-0,24	5	A 5	-0,08

Ek Çizelge 3.8. PROMETHEE yöntemi ile RFID etiket için elde edilen sonuçlar

Sıralama (KV-1)		Değer	Sıralama (KV-2)		Değer	Sıralama (KV-3)		Değer	Sıralama (KV-4)		Değer	Sıralama (KV-5)		Değer
1	A 1	0,234	1	A 1	0,138	1	A 2	0,121	1	A 1	0,102	1	A 1	0,147
2	A 5	0,215	2	A 2	0,086	2	A 1	0,077	2	A 2	0,051	2	A 3	0,063
3	A 2	-0,09	3	A 5	0,003	3	A 3	0,007	3	A 5	0,045	3	A 5	0,009
4	A 4	-0,16	4	A 4	-0,08	4	A 5	-0,07	4	A 4	-0,09	4	A 4	-0,06
5	A 3	-0,21	5	A 3	-0,15	5	A 4	-0,13	5	A 3	-0,11	5	A 2	-0,15

Ek Çizelge 3.9. PROMETHEE yöntemi ile RFID anten için elde edilen sonuçlar

Sıralama (KV-1)		Değer	Sıralama (KV-2)		Değer	Sıralama (KV-3)		Değer	Sıralama (KV-4)		Değer	Sıralama (KV-5)		Değer
1	A 1	0,423	1	A 1	0,393	1	A 2	0,412	1	A 1	0,455	1	A 1	0,351
2	A 5	0,365	2	A 2	0,246	2	A 1	0,368	2	A 2	0,399	2	A 3	0,336
3	A 2	-0,16	3	A 5	0,031	3	A 3	0,110	3	A 5	-0,17	3	A 5	-0,06
4	A 4	-0,24	4	A 4	-0,12	4	A 5	-0,33	4	A 4	-0,26	4	A 4	-0,13
5	A 3	-0,38	5	A 3	-0,55	5	A 4	-0,56	5	A 3	-0,42	5	A 2	-0,51

EK 4. RFID Bileşenlerinin Karar vericiler için Seçimi

Ek Çizelge 4.1. Karar Verici-1 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-1	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	1	1	1	1
Alternatif 2	3	4	2	3	4
Alternatif 3	5	4	5	5	2
Alternatif 4	4	4	3	4	5
Alternatif 5	2	2	4	2	3

Ek Çizelge 4.2. Karar Verici-2 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-2	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	3	1	1	1
Alternatif 2	2	1.5	2	2	2
Alternatif 3	4	1.5	5	4	5
Alternatif 4	3	4	3	3	4
Alternatif 5	5	5	4	5	3

Ek Çizelge 4.3. Karar Verici-3 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-3	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	2	4	1	2	2
Alternatif 2	1	1	2	1	1
Alternatif 3	4	2.5	5	4	4
Alternatif 4	3	2.5	3	3	5
Alternatif 5	5	5	4	5	3

Ek Çizelge 4.4. Karar Verici-4 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-4	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	2	1	1	1
Alternatif 2	2	1	2	2	2
Alternatif 3	3	3	5	3	4
Alternatif 4	4	4	3	4	3
Alternatif 5	5	5	4	5	5

Ek Çizelge 4.5. Karar Verici-5 için RFID etiket seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-5	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	1	1	1	1
Alternatif 2	2	3	2	2	2
Alternatif 3	5	3	5	5	5
Alternatif 4	3	3	3	3	4
Alternatif 5	4	5	4	4	3

Ek Çizelge 4.6. Karar Verici-1 için RFID anten seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-1	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	1	1	1	1
Alternatif 2	3	4	2	3	4
Alternatif 3	5	4	5	5	2
Alternatif 4	4	4	3	4	5
Alternatif 5	2	2	4	2	3

Ek Çizelge 4.7. Karar Verici-2 için RFID anten seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-2	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	3	1	1	1
Alternatif 2	2	1.5	2	2	2
Alternatif 3	4	1.5	5	4	5
Alternatif 4	3	4	3	3	4
Alternatif 5	5	5	4	5	3

Ek Çizelge 4.8. Karar Verici-3 için RFID anten seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-3	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	2	4	1	2	2
Alternatif 2	1	1	2	1	1
Alternatif 3	4	2.5	5	4	4
Alternatif 4	3	2.5	3	3	5
Alternatif 5	5	5	4	5	3

Ek Çizelge 4.9. Karar Verici-4 için RFID anten seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-4	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	2	1	1	1
Alternatif 2	2	1	2	2	2
Alternatif 3	3	3	5	3	4
Alternatif 4	4	4	3	4	3
Alternatif 5	5	5	4	5	5

Ek Çizelge 4.10. Karar Verici-5 için RFID anten seçiminde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması

KV-5	Oran Yöntemi	Referans Noktası Yaklaşımı	Tam Çarpım Yöntemi	MULTIMOORA	PROMETHEE
Alternatif 1	1	1	1	1	1
Alternatif 2	2	3	2	2	2
Alternatif 3	5	3	5	5	5
Alternatif 4	3	3	3	3	4
Alternatif 5	4	5	4	4	3

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sinem BULDUK
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir, 09.09.1995
Yabancı Dil : İngilizce
Eğitim Durumu :
Lise : Aydınlıkevler Anadolu Lisesi
Lisans : Düzce Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği
Çalıştığı Kurum : ELS Lift Makine Sanayi Tic. A.Ş.
İletişim (e-posta) : bulduksinem@gmail.com