

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

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**STOKLARIN ETKİN YÖNETİLMESİNDE RFID TEMELLİ BİR
YAKLAŞIM VE GRUPLAMA ALGORİTMASI İLE FNSS'DE BİR
UYGULAMA**

AHMET DALGIÇ

OCAK 2017

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında Ahmet DALGIÇ tarafından hazırlanan STOKLARIN ETKİN YÖNETİLMESİNDE RFID TEMELLİ BİR YAKLAŞIM VE GRUPLAMA ALGORİTMASI İLE FNSS'DE BİR UYGULAMA adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : (Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI) _____
Üye (Danışman) : (Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ) _____
Üye : (Doç. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER) _____

17/01/2017

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

STOKLARIN ETKİN YÖNETİLMESİNDE RFID TEMELLİ BİR YAKLAŞIM VE GRUPLAMA ALGORİTMASI İLE FNSS'DE BİR UYGULAMA

DALGIÇ, Ahmet
Kırıkkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ

Ocak 2017, 121 sayfa

Günümüzde işletmelerin stok yönetimindeki amacı, üretim maliyetlerini minimize etmek için kullanılan hammadde düzeylerinin optimum seviyede bulunmasını sağlamaktır. Fakat büyük işletmelerin özellikle de otomotiv sektöründe kullanılan malzemeler binler seviyesinde olduğu için tüm stok kalemleri aynı etkinlik düzeyinde kontrol edilememektedir. Bu nedenle işletmeler stok kalemlerini gruplandırmaya ihtiyaç duymaktadır. Gün geçtikçe işletmelerin ihtiyaçlarının ve önceliklerinin değişmesinden dolayı klasik stok gruplama çalışmaları yerini çok kriterli stok gruplama yöntemlerine bırakmıştır. Stokları çeşitli kriterleri baz alarak gruplandırarak konfigürasyon yönetimi esaslı bulanık gruplama algoritma geliştirilmiştir. Algoritmanın Tasarlanmasında uzman sistemler, k-means kümeleme algoritması ve bulanık mantık metotlarından yararlanılarak oluşturulan bulanık gruplama algoritmasının, stok kalemlerini hem değerlerine hem de önem derecelerine göre gruplayarak stokların etkin takibine ve sayımına katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bu çalışmaya paralel olarak bilişim teknolojilerindeki gelişme stokların etkin yönetilmesinde önemli derecede rol oynamaya başlamıştır. RFID teknolojisinden faydalanılarak, farklı şekillerde ve kullanım alanlarına göre değişik özellikler taşıyan stokların, etkin bir şekilde yönetilmesi planlanmıştır. Tasarlanan stok gruplama algoritması ve RFID ile geliştirilen stok yönetim modeli, FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.'de uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler:Stok Gruplama, RFID İle Stok Takibi, Konfigürasyon Yönetimi

ABSTRACT

A RFID-BASED APPROACH IN THE EFFECTIVE MANAGEMENT OF STOCKS AND AN IMPLEMENTATION IN FNSS THROUGH GROUPING ALGORITHM

DALGIÇ, Ahmet

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

January 2017, 121 pages

Today, the purpose of the business firms in stock management is to ensure the stock levels to be the optimum in order to minimize the production costs. However, since the stock units of big businesses, especially those in the defence industry, are thousands in number, they cannot be checked in the same activity level. Therefore, the businesses need to group their stock units. Since the requirements and urgencies of the businesses change by the days passing, the classical stock grouping methods have replaced with multi-criteria stock grouping methods. In addition, developing technologies began playing a vital role in stock grouping studies. In this study, the efficient management of the stocks having different functions according to their areas of usage by making use of the RFID technology. A fuzzy grouping algorithm based on configuration management that groups the stocks according to several criteria has been developed. In this study, the fuzzy grouping algorithm which has been created by making use of the professional systems, k-means algorithm and fuzzy logic method is thought to contribute to the efficient control and inventory of the stocks by grouping them according to their values and importance. The stock management model developed with RFID and the designed stock grouping algorithm has been implemented in FNSS Defence Systems Co.

Keywords: Stock Grouping, Stock Control with RFID, Configuration Management

TEŞEKKÜRLER

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımı esirgemeyen, boğulmadan yüzmeyi öğrenemeyeceğimi benimseten ve bilimsel deney imkanlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine sunan, tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Süleyman ERSÖZ'e, tez yazım sürecinde yardımını esirgemeyen ve her zaman destek olan Sayın Doç. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Adnan AKTEPE'ye, Sayın Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI'ya ve lisans ve yüksek lisans eğitimim sürecinde üzerimde çok büyük emek ve katkıları olan Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca çok büyük fedakarlıklarla, hayatımın her noktasında bana en büyük desteği sağlayan babam emekli Uzm.Çvş. Faruk DALGIÇ, annem Saliha DALGIÇ, kardeşim Emre DALGIÇ ve arkadaşlarım Bilgisayar Mühendisi Sercan GÜR, Endüstri Mühendisi Çağrı ÇEBİŞLİ, Sağlık Yöneticisi Muhammed ASLAN ve tüm aile ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜRLER	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	ix
ÇİZELGE DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. STOK YÖNETİMİ	8
3.1. KONFIGÜRASYON YÖNETİMİ	11
3.1.1. <i>Konfigürasyon Yönetiminin Genel Esasları</i>	11
3.1.2. <i>Genel Konfigürasyon Yönetimi Kavramları</i>	12
3.1.2.1. <i>Proje Yönetim Destek Fonksiyonları</i>	13
3.1.2.2. <i>Konfigürasyon Yönetimi Organizasyonu</i>	13
3.1.3. <i>Konfigürasyon Yönetim Planı</i>	14
3.1.4. <i>Savunma Sanayi Projelerinde Konfigürasyon Yönetimi</i>	15
3.1.5. <i>Bilişim Teknolojileri Konfigürasyon Yönetimi</i>	16
3.1.6. <i>Konfigürasyon Yönetiminin Stok Yönetimine Katkısı</i>	16
3.2. DEPO YÖNETİMİ	17
3.2.1. <i>Depo ve Depolama Kavramları</i>	17
3.2.2. <i>Deponun ve Depolama Fonksiyonunun Önemi</i>	19
3.2.2.1. <i>Depolamanın Lojistik İçerisindeki Yeri ve Önemi</i>	19
3.2.2.2. <i>Depolamanın Nedenleri</i>	21
3.2.2.3. <i>Depolamanın Amaçları</i>	22
3.2.3. <i>Depo Çeşitleri</i>	22
3.2.3.1. <i>İşleyişine Göre Depolar</i>	22
3.2.3.2. <i>Ürün Şekline Göre Depolar</i>	23
3.2.3.3. <i>Mamul Tipine Göre Depolar</i>	24
3.2.3.4. <i>Mülkiyetine Göre Depolar</i>	25
3.2.4. <i>Depo Operasyon Süreçleri</i>	26
3.2.4.1. <i>Mal Kabul</i>	26
3.2.4.2. <i>Fiziksel Depolama (Yerleştirme)</i>	27
3.2.4.3. <i>Siparişlerin Alınması ve Depolanması</i>	28
3.2.4.4. <i>Ambalajlama ve Ürün Birleştirme</i>	28
3.2.4.5. <i>Yükleme ve Sevkiyat</i>	28
3.2.5. <i>Depolama Fonksiyonları</i>	29
3.2.5.1. <i>Birleştirme (Konsolidasyon)</i>	29
3.2.5.2. <i>Çapraz Sevkiyat (Cross-docking)</i>	30
3.2.5.3. <i>Katma Değerli Lojistik Hizmetleri</i>	31

3.2.5.4. Mal Besleme.....	31
3.2.5.5. Tersine Lojistik	32
3.2.5.6. Spot Stoklama	33
3.2.5.7. Kanal Boyunca Stoklama.....	33
3.2.5.8. Üretimi Destekleme	33
3.2.5.9. Pazar Mevcudiyeti Yaratma.....	34
3.3. DEPO TASARIMI.....	34
3.3.1. Depo Tasarımının Nedenleri ve Amaçları.....	34
3.3.2. Depo Tasarım Problemleri.....	37
3.3.2.1. Stratejik Düzey.....	37
3.3.2.2. Taktik Düzey.....	38
3.3.2.3. Operasyonel Düzey	38
3.3.3. Depo Tasarım Süreci	39
3.3.4. Veri Analizi.....	42
3.3.5. Süreçlere İlişkin Kavramsal Tasarım	44
3.3.5.1. Yerleştirme Politikaları	44
3.3.5.2. Sipariş Toplama Politikaları.....	48
3.3.5.3. Yerleşim Planı Üzerindeki İş Akışı.....	51
3.4. STOK GRUPLAMANIN STOK YÖNETİMİNDEKİ ÖNEMİ.....	53
4. RFID'İN STOK YÖNETİMİNDE KULLANILMASI.....	55
4.1. RFID TEKNOLOJİSİNİN TARİHÇESİ	55
4.2. RFID TEKNOLOJİSİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ VE BİLEŞENLERİ	56
4.2.1. RFID Etiket.....	57
4.2.2. RFID Anten.....	58
4.2.3. Okuyucu/Yazıcı/Programlayıcı.....	58
4.2.4. RFID Denetleyici	59
4.2.5. Ara Katman Yazılımı.....	59
4.3. STOK YÖNETİMİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN YERİ	60
4.4. TASARLANAN ALGORİTMADA KULLANILAN TEKNİKLER	61
4.4.1. Kümeleme Analizi	61
4.4.1.1. Kümeleme Analizinin Özellikleri	63
4.4.1.2. Kümeleme Algoritmaları	63
4.4.2. Uzman Sistemler	69
4.4.2.1. Uzman Sistemlerin Genel Özellikleri	70
4.4.2.2. Uzman Sistem ve Yapay Zeka Arasındaki İlişki	71
4.4.2.3. Uzman Sistemin Karakteristikleri	72
4.4.2.4. Uzman Sistem Yapısı.....	72
4.4.3. Bulanık Mantık.....	74
4.4.3.1. Bulanık Mantık Kavramı	74
4.4.3.2. Bulanık Mantık Tarihsel Gelişimi.....	75
4.4.3.3. Bulanık Küme Teorisi	76
4.4.3.4. Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesi	78

4.4.3.5. Dilsel Değişkenler	78
4.4.3.6. Bulanık Mantıkta Kural Tabanı	81
4.4.3.7. Durulaştırma.....	81
5. TASARLANAN STOK YÖNETİM MODELİ VE GRUPLAMA ALGORİTMASI	82
5.1. RFID TEMELLİ TASARLANAN STOK YÖNETİM MODELİ	82
5.2. TASARLANAN HİBRİT GRUPLAMA ALGORİTMASI	86
5.2.1. Algoritma ve Akış Diyagramı	87
5.3. UYGULAMA	89
5.3.1. Problemin Tanımlanması.....	89
5.3.2. Algoritmanın Amaçları ve Fırsatları	90
5.3.3. Problem Verilerinin Oluşturulması	90
5.3.4. FNS Algoritması	95
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	103
KAYNAKÇA	104

ŞEKİL DİZİNİ

<u>SEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Ürün Birleştirme (Konsolidasyon) (Öztürk, 2011)	30
3.2. Aktarma (Ertek, 2010)	30
3.3. Depo Tasarımında Genel Yaklaşım (Freese, 2000)	40
3.4. Üzüm Salkımı Yöntemi İle Adresleme (Kumuk, 2007)	45
3.5. Sipariş Toplama Süresinin Genel Dağılımı (Tompkins ve diğ., 1996).....	47
3.6. Ürün Gruplarının Depolama Yerlerine Atanması (De Koster, 2007).....	47
3.7. Sipariş Yığınlama Karar Ağacı (Frazelle, 2002).....	50
3.8. Sırt Sırta Raf Sisteminde Rota Örnekleri (De Koster, 2007)	51
3.9. Temel Depo Tasarımı (Bowersox ve diğ., 2002).....	52
3.10. Biçiminde Akış Düzeni (Başkak, 2004)	52
4.1. RFID Bileşenleri (Zaim, 2009)	56
4.2. RFID Etiketleri (Polatkan, 2012)	57
4.3. RFID Anten Çeşitleri (Polatkan, 2012).....	58
4.4. RFID Sisteminin Çalışma Şeması (Kılıç, 2015)	59
4.5. Kümeleme İşlemine Genel Bakış (Seidman, 2001)	61
4.6. Kümeleme Analizi İşlem Sırası	62
4.7. Bir Nesne Setinin K-Means Metodu İle Kümeleneşmesi (Michaud, 1997).....	66
4.8. Örnek Veri (Michaud, 1997).....	66
4.9. K-medoids Algoritması İle Kümeleme (Michaud, 1997)	68
4.10. Uzman Sistem Yapısı (Kowali, Janusz, 1986).....	73
4.11. Bulanık Küme Örnekleri	77
4.12. Üyelik Fonksiyonunun Daraltılması (Acar, 2005).....	79
4.13. Üyelik Fonksiyonunun Genişletilmesi (Acar, 2005)	80
4.14. Üyelik Fonksiyonu Yoğunlaşması (Acar, 2005).....	80
4.15. Alan Merkezi Yöntemi İle Durulaştırma (Jager, 1995)	81
5.1. Algoritmanın Akış Diyagramı	87
5.2. Giriş Kriterlerin Bulanık Küme Grafikleri.....	94
5.3. Çıkış Parametrelerinin Bulanık Küme Grafiğı.....	94
5.4. SPSS Değişken Tanımlama Ekran Görüntüsü	96
5.5. SPSS Veri Giriş Ekran Görüntüsü	97
5.6. K-means Cluster Analysis	97
5.7. Fuzzy Logic Designer Giriş ve Çıkış Parametreleri	99
5.8. Hareket Görme Sıklığı Bulanık Küme Grafiğı	100
5.9. Karar Kuralları Bloğı	100
5.10. Fuzzy Logic Designer Modülü Sonuç Ara Yüzü.....	101

ÇİZELGE DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Sipariş Toplama İş Adımları ve Elimine Etme Yolları.....	49
5.1. Çalışma Takvimi	82
5.2. Forklift Sistemi	84
5.3. RFID Kapı Sistemi.....	84
5.4. RFID Etiketi	85
5.5. FNS Stok Grublama Sistemi Özellikleri.....	91
5.6. Kriterler ve Stok Kalemlerinin Değerleri.....	92
5.7. Kriterlerin Grupları	93
5.8. Stok Kalemlerinin Gruplarına Göre Atandıkları Değerler.....	93
5.9. Küme Üyelikleri (Cluster Memberships).....	98
5.10. Uzman Sistem ve K-means Kümeleme Algoritması Atamaları	98
5.11. Stok Kalemlerinin 1. Birleşim ve Kesin Atama Durumları	99
5.12. Bulanık Mantık Atama Sonuçları	101
5.13. Nihai Gruplar	102

1. GİRİŞ

Günümüzde, işletmeler gelişen teknoloji ve artan rekabet ile birlikte değişim sürecine girmiştir. Rekabet avantajını ve pazardaki konumunu devam ettirebilmek için üretim faaliyetlerinin yanı sıra satın alma faaliyetlerinin de önemi giderek artmaktadır. Stok yönetimi uygulamaları, işletmelerin özellikle maliyetlerin en düşük düzeyde tutulmasını sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, minimum stokla çalışma işletmenin finansman fonksiyonu açısından da bir rahatlama sağlamaktadır.

Stoklar sahip oldukları maliyet oluşturma potansiyellerinin yanı sıra, müşteri hizmet düzeyinin artırılması amacını destekleyen bir potansiyele de sahiptirler. İşletmenin elinde bulundurduğu stoklarının oluşturduğu elde bulundurma ve bulundurmama maliyetleri stok yönetimini olumsuz etkilemektedir. Bu hassas dengenin korunabilmesi etkin stok yönetimi ile mümkündür. En iyi stok yönetim sistemi ise işletmenin amaçlarına göre ihtiyacı karşılayacak şekilde dengeli bir stok bulundurmaya öngörmektedir.

Özellikle savunma sanayisinde faaliyet gösteren işletmelerin stok politikalarının önemli bir bölümünü stok gruplama süreçleri oluşturmaktadır. Ürün çeşitliliğinin çok fazla olması sebebiyle stok gruplama problemleri, işletmenin tüm fonksiyonlarını etkilemektedir. Ayrıca bir işletmede ürün çeşitliliği arttıkça, stok gruplama süreçleri de doğru orantılı olarak daha karmaşık duruma gelmektedir. Konfigürasyon ile, her bir stok kaleminin fiziksel ve fonksiyonel karakteristiğinin belirlenebilmesi, stok gruplama süreçlerine büyük katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, konfigürasyon yönetimi esaslı planlanacak stok gruplama politikaları işletme için daha sağlıklı ve faydalı olacaktır.

Konfigürasyon yönetimi, artan müşteri isteklerini en kısa zamanda, tam ve doğru olarak yerine getirebilmek için ürünü gerçekleştirme süreci içinde kaynakların planlanmasını, zamanlamayı ve maliyeti yönetir şeklinde tanımlanmaktadır. Proje yönetimine destek sağlayan ve ürünün, bütün yaşam döngüsü boyunca gelişimini ve bütünlüğünü yöneten; hem yönetsel bir disiplin, hem de bir süreçtir. Konfigürasyon yönetimi özellikle savunma ve uzay sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretimin her süreci, konfigürasyon yönetimi esaslarına dayalı olarak yürütüldüğünde, ürünle ilgili her sürecin izlenmesi ve kontrol edilmesi kolaylaşacaktır.

Teknolojik faaliyetlerin gün geçtikçe gelişmesinden dolayı dünya genelinde stok yönetimi ve stok gruplama ile ilgili yeni sistemler geliştirilmektedir. Uluslar arası şirketlerin izledikleri bu politikalar ülkemizde de hız kazanmaktadır. Birçok alanda kullanılan RFID teknolojisi, üretim ve depo süreçlerinde de uygulanmaya başlamıştır. Stok kalemlerinin anlık takibi ile işletme fonksiyonları geliştirilmeye

çalışılmaktadır. Bu kapsamda Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümü tarafından "Üretim Süreçleri Optimizasyonunda RFID Teknolojisi ve Uzman Sistem Temelli Tümlşik Yapının ERP Sistemine Entegrasyonu ve FNSS Savunma Sistemleri A.Ş. 'de Uygulanması" isimli SAN-TEZ projesi başlatılmıştır.

Üretim ve depo süreçleri ile ilgili sistem analizi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde depoda, özellikle stok gruplama konusunda eksiklikler tespit edilmiştir. Günümüz rekabet koşulları dikkate alındığında klasik stok gruplama yöntemlerinin etkisiz kaldığı görülmektedir. Bu nedenle geliştirilecek yeni stok gruplama yöntemlerinin RFID teknolojisi ile birlikte kullanılacağı yeni stok politikalarının, işletmelere birçok anlamda katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu tez çalışmasında belirtilen stok gruplama algoritması geliştirilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında, geçmişten günümüze kadar geçen süreç içerisinde stok gruplama problemleri ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Etkin stok gruplama için geliştirdiğimiz algoritmada kullandığımız yöntemlerin literatürde benzeri çalışmaları ile birlikte farklı konulardaki araştırmalar üzerinde de çalışılmıştır.

Üçüncü kısımda, stok yönetimi, konfigürasyon yönetimi, depo yönetimi ve tasarımı konularında bilgiler verilmiştir. Ayrıca stok gruplamanın, stok yönetimine olan katkısı ve bu konudaki önemi vurgulanmıştır. Genel konfigürasyon yönetimi kavramları, yazılım konfigürasyon yönetimi konularında detaylı açıklamalar yapılmıştır. Geliştirdiğimiz algoritma, özellikle ürün çeşitliliğinin ve miktarının fazla olduğu işletmelerin stok politikalarını optimize etmeye yönelik olduğu için, algoritmanın konfigürasyon yönetimi felsefesine uygun olarak hazırlanması gerektiği düşünülmüştür. Bu nedenle konfigürasyon yönetimi, algoritmanın temel yapı taşlarını oluşturmaktadır.

Dördüncü kısımda, RFID teknolojisi ve bileşenleri, RFID teknolojisinin stok yönetimine katkısı ve geliştirilen algoritmada kullandığımız yöntemlerden bahsedilmiştir. Geliştirdiğimiz algoritmanın temellerini oluşturan ABC ve VED analizlerinin teorik bilgileri ile bölüm sonlandırılmıştır. Söz konusu analizlerin incelenmesi, geliştirdiğimiz algoritmanın daha iyi anlaşılabilmesi adına oldukça önem arz etmektedir. Algoritmada kullanılan kümeleme algoritması, uzman sistemler ve bulanık mantık metodu hakkında bilgiler verilmiştir. Algoritma, kullandığı yöntemler açısından oldukça zengindir. Bu nedenle her bir yöntemin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Geliştirilen algoritmanın farklı adımlarında bu yöntemler kullanılarak, işletmede optimum stok gruplama politikaları oluşturulması hedeflenmiştir.

Beşinci kısımda, geliştirilen RFID stok yönetim modeli, tasarlanan algoritma ve uygulama anlatılmıştır. Yapılan sistem analizleri sonucunda, depoda RFID teknolojisinin birçok probleme çözüm olacağı düşünülmüştür. Bu kapsamda, depo içi süreçlerin optimizasyonu için RFID sisteminin kurulumu planlanmıştır. Ayrıca,

deponun mevcut durumunda eksikliği görülen stok gruplama işlemi için birden fazla kriterli bulanık bir stok gruplama algoritması geliştirilmiştir. Uygulamada, literatürde yer alan test verileri kullanılmıştır. SAN-TEZ projemizin uygulandığı FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.'deki uzman kişiler ile görüşülerek algoritmanın kriterleri belirlenmiştir. Test verileri ile her bir adım çözülerek tüm stok kalemleri en uygun şekilde gruplandırılmıştır.

Algoritma, uzman sistemleri, kümeleme algoritmalarını ve bulanık mantığı kullanması açısından literatürde yer alan çalışmalara yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Algoritmada yer alan kriterler sektörler arası ya da çalışılacak problemlere göre farklılık arz edebileceğinden dolayı birçok alanda uygulanabilir. Algoritmanın önemli noktalarından biride esnek olmasıdır. Farklı kriterlerin değerlendirilmesi, bu kriterlere göre farklı sınıflandırma yöntemlerinin geliştirilmesi açısından işletmelerde stok yönetimi faaliyetlerine referans olacaktır. Bunun yanı sıra çok ölçütlü sınıflandırma yöntemlerinden farklı olarak birden fazla yöntemden faydalanan algoritma, benzeri sınıflandırma metotlarına göre önemli derecede farklılık arz etmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmada literatür taraması; ABC analizi, VED analizleri gibi stok sınıflandırması ile ilgili modeller ve kümeleme algoritmaları başlıkları altında hazırlanmış olup ilgili çalışmalar detaylı olarak incelenerek, çalışmamıza katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Değerin nerede olduğunu vurgulayan ABC analizi, İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto tarafından isimlendirilmiştir. Pareto, az sayıda elementin toplam sonuçlara etkili olduğunu, bu elementlerin kontrolünün bütünü kontrol etmenin yolu olduğunu vurgulamıştır. Bu metot parçaların veya faaliyetlerin onların nispi önemlerine göre sınıflandırılmasında kullanılır ve "önem derecesi prensiplerinin yönetimi", "80/20 kuralı" veya "Pareto's Law" olarak bilinir (Arrow, 1951).

Hwang ve Yoon (1981), alternatifler arasında en ideal çözümlü mesafeyi değerlendirir. En ideal durum en uzak mesafe olurken, en ideal duruma yakın olan alternatifler optimal kabul edilir.

Cohen ve Ernst (1988), Yöntemlerinde stok kalemleri içinde değer bakımından yüksek paya sahip ve miktar bakımından az olan stok kalemleri önemli olarak belirlenmekte ve daha fazla kontrol edilmektedir. Diğer yandan stok kalemlerinin çoğunluğunu oluşturan buna karşın stok değerinin çok azını içinde barındıran azınlık ise daha az önem arz etmektedir. Bu şekilde ürünlerin gruplara ayrılmasının temel amacı, her bir ürün için önem derecesinin belirlenmesidir. Cohen ve Ernst, birden çok niteliği ile stok öğelerini sınıflandırmak için bir istatistiksel kümeleme yöntemi kullanmıştır.

Patrovi ve Burton (1993), nicel ve nitel değerlendirme kriterleri dahil etmek amacıyla stok sınıflandırılması için analitik hiyerarşi süreci uygulamışlardır. ABC analizi için ideal çözüm anlamında, benzerlik tercih tekniği ile birden fazla kriterli çerçeve geliştirmiştir.

Patrovi ve Anandrajan (2002), ABC stok sınıflandırması için yapay sinir ağları tasarlamıştır. Yöntemlerinde geri yayılım ve genetik algoritmayı iki öğrenme yöntemi olarak kullanmışlardır. Yöntemde çoklu ayırım analizi karşılaştırılmış ve yapay sinir ağlarının daha hassas sonuç verdiği ortaya koyulmuştur. Sonuçlar aynı zamanda yapay sinir ağlarını geliştiren iki öğrenme yönteminden genetik algoritmanın geri yayılımdan daha iyi bir sınıflandırıcı olduğunu ortaya koymuştur. Modelin birçok avantajına karşı kısıtlı olduğu alanlar vardır. Modelin içine yerleştirilebilir değişken sayısı limitlidir, profesyonel kararlar yer değiştirilemez ve bir çok yeni kalitatif değişkeni model ile birleştirmek çok zordur.

ABC analizi, yönetimin birçok alanında karar verme ve kontrol için geniş çaplı olarak kullanılan bir tekniktir (Viswanathan ve diğ., 2005).

Soylu (2008), tarafından yapılan Birden fazla kriterli ABC stok sınıflama problemi için Tchebycheff ölçüsü temelli yaklaşım isimli çalışmada da stok sınıflama problemlerinde Tchebycheff uzaklık ölçüsü yaklaşımı kullanılarak ABC sınıflaması yapılmıştır. Tchebycheff ölçüsünün özellikle konveks olmayan etkin çözümleri değerlendirebilme avantajından faydalanılmaya çalışılmıştır. Her stok kalemi için ayrı ayrı Tchebycheff uzaklık fonksiyonları hesaplanmış ve buna göre belli ağırlıklar atanmıştır.

VED analizi, bir malzemenin kritikliğine dayanmaktadır. "V" bir hastanenin bu malzemenin yokluğunda çalışmadığı hayati (vital) malzemeleri, "E" yokluğunda bir kuruluşun çalışabileceği ancak hizmet kalitesinin etkileenebileceği gerekli malzemeleri ve "D" grubu malzeme yokluğu ise fonksiyonu etkilemeyeceği ancak talep edilen malzemeleri temsil etmektedir (Gupta ve diğ., 2007).

VED Analizi, hastane ve sağlık merkezlerinin stok yönetiminde ABC analizine kıyasla daha fazla tercih edilen bir yöntemdir. ABC yöntemi stokları maliyetlerine göre sınıflandırırken VED analizinde malzemeler hasta açısından hayati olma derecesine göre sınıflandırılmaktadırlar. VED analizinde de ilaç ve malzemeler üç sınıfa ayrılmaktadır. VED önem analizi vital (V) (hayati önemli), essential (E) (orta derecede önemli) ve desirable (D) (hayati önem taşımayan) olmak üzere sınıflandırmaktadır (Kaptanoğlu, 2013).

Hastane işletmeleri gibi hataların ve bu bağlı kayıpların geri döndürülemez olduğu kurumlarda bu yöntem çok önemlidir. ABC analizine göre fiyat bakımından düşük olan bir tıbbi malzemenin yokluğu bazen çok ciddi risklere sebep olabilir. Örneğin, fiyat bakımından düşük olan fakat damar yolu açmak için çok öneme sahip olan bir branül tıbbi malzemesinin yokluğu, yine dış bölümünde kullanılan bir enjektör ve iğnesinin bulunmayışı tedavilerin aksamasına ve istenen ve beklenen tedavi sonuçların alınamamasına neden olabilir. Bu nedenle hayati öneme sahip kurumların stok kontrol yöntemlerinde bu açıdan bakmaları gerekmektedir (Karagöz ve Yıldız, 2015).

En eski kümeleme metotlarından biri olan k-means algoritmasının genel mantığı n adet veri nesnesinden oluşan bir veri setini, giriş parametresi olarak verilen k adet kümeye bölümlenektir. Amaç, gerçekleştirilen bölümlenme işlemi sonunda elde edilen kümelerin, küme içi benzerliklerinin maksimum ve kümeler arası benzerliklerinin minimum olmasını sağlamaktır. Küme benzerliği, kümenin ağırlık merkezi olarak kabul edilen bir nesne ile kümedeki diğer nesnelere arasındaki uzaklıkların ortalama değeri ile ölçülmektedir (Han ve Kamber, 2001).

Başta veri madenciliği olmak üzere çok boyutlu istatistiksel tahminleme, vektör inceleme, makine öğrenmesi vb. araştırma alanlarının konusu olan kümelemenin tıp, biyo-enformatik, ekonomi, mühendislik, astronomi ve yerbilim, sosyal bilimler gibi alanlarda önemli uygulamaları vardır (Xu ve Wunsch, 2009).

Çakır ve Canbolat (2008), bulanık AHP uygulamışlardır. Bu uygulamanın Rezaei'den farkı web tabanlı olmasıdır ve karar destek sistemi kullanmalarıdır. Ayrıca bulanık karşılaştırma matrisi değil uzman görüşler tarafından oluşturulan Mikhailov tarafından önerilen bulanık önceliklendirme tekniği kullanılmıştır (Mikhailov, 2003).

Ramanathan (2006), stokların birden fazla kriterli sınıflandırması için ağırlıklı doğrusal optimizasyon tasarlamıştır. Yönteme birden fazla kriter altında değerlendirilen kalemlerin performans skorunu tek değere kümelemek için fonksiyon eklemiştir. Buna da optimal stok skoru denmiştir. Belirlenen bir ağırlık değeri kısıt olarak yönteme eklenmiştir. Ağırlık atamalarında öznellikten kaçınmak için doğrusal optimizasyona benzer veri zarflama analizi kullanılmıştır. Bu metod maksimizasyon amaç fonksiyonunu kullanır. Bütün stok kalemleri için optimal skor elde edilmesi için amaç fonksiyonu tekrar tekrar çözülür. Bulunan sonuçlar ile stoklar sınıflandırılır.

Zhou ve Fan (2007), Ramanathan'ın modelini geliştirmişlerdir. Her malzeme için en uygun ve en az uygun olarak adlandırılan iki ağırlık kümesini ÇÖSS ya dengeleme amaçlı eklemiştir. Rezaei, bulanık AHP'yi ÇÖSS da kullanmışlardır. Ağırlıklar bulanık AHP ile hesaplanmış ardından 6 adım algoritması ile her malzeme ile normalize edilmiş final ağırlık skoru elde edilmiştir.

Chen ve arkadaşları (2008), alternatifleri öklid uzaklıkları kullanarak değerlendirmişler daha sonra ikinci dereceden programlama kullanarak stokları sınıflandırmışlardır. Bu yöntem sağlam olmasına rağmen KV'yi zorlayan bazı karmaşık uygulama adımları gerektirir. Bu yöntem stokları 3 sınıfa ayırır. Daha çok sınıfa ayırmak istendiğinde ise karışıklık artar.

Hadi ve Vencheh (2009), bütün stoklar için ortak bir ağırlık kümesi belirleyen basit doğrusal olmayan programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde Ng modeli daha da geliştirilmiştir. Ng modelini geliştirmek için ağırlık kümesi belirleyen basit doğrusal olmayan programlama geliştirilmiştir. Yazarlara göre bu programlama ağırlıkların etkisinden final çözümünü korur. Yine yazarlara göre önerilen model ağırlıkları her stok kalemi için kullandığından daha makul ve kapsamlı sonuç verdiği belirtilmiştir.

Rezaei ve Dowlatshahi (2010), çalışmalarında ise birden fazla kriterli problemler için kolay, etkin ve pratik bir yöntem geliştirilmiştir. Birden fazla kriterli envanter

sınıflandırma için basit ve uygulanabilir bir yöntem olan, Zadeh tarafından geliştirilen fuzzy mantığının kullanımı sunulmuştur. Sınıflandırmada her envanter kalemi için 4 dilsel değişken girdi olarak tanımlanmıştır. Bunlar birim fiyat, yıllık talep, tedarik zamanı ve dayanıklılıktır. Bu 4 kriter uzman kişilerin görüşleri alınarak fuzzy alt kümelerinde (dilsel değerlerle) değerlendirilmiştir. Sonuçlar AHP ile kıyaslanmıştır.

Çalışmada kurgulanan stok gruplama algoritmasının ilk çıkış noktası klasik ABC yöntemidir. Stok kalemlerinin değerlerine ve miktarlarına göre tutar üzerinden gruplama yapılmaktadır. Fakat günümüzde, özellikle de proje tipi üretim politikaları uygulayan işletmeler bu kriterler gruplama noktasında yetersiz kalmaktadır. Bazı stok kalemleri miktar ve değer kriterlerinin yanında farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle stok kalemlerinin birden fazla kriterle ifade edilmesi gerekmektedir.

Algoritmanın ikinci çıkış noktası VED yöntemidir. Daha çok sağlık işletmelerinde uygulanan VED analizinde, stok kalemlerinin önem derecelerine göre sınıflandırma yapılmaktadır. Stok kalemlerinin hem yıllık kullanım oranına göre hem de önem derecelerine göre gruplandırılması, günümüz şartlarında daha sağlıklı ve modern bir stok gruplama politikası olacaktır. Bu amaçlar doğrultusunda gerekli sistem analizi çalışmaları ve literatür araştırması yapılarak geçmiş yıllarda yapılan çalışmalara katkı sağlamak hedeflenmiştir.

3. STOK YÖNETİMİ

Globalleşmeyle birlikte dünyada işletmeler yoğun bir rekabet içerisinde faaliyetlerini sürdürmek zorundadırlar. İşletmelerin rekabet üstünlüğü kazanmasında başlıca iki faktör önemli rol oynar. Bunlardan biri, geliştirdikleri veya sahip oldukları teknolojik üstünlük, diğeri ise, üretim maliyetlerindeki avantajlarıdır. İşletmeler belirli bir teknolojik özelliğe sahip olarak ürettikleri malları ne kadar düşük maliyetle üretirlerse o ölçüde rekabet avantajı kazanırlar. Başka bir deyişle işletmeler, bir yandan kaliteyi yükseltirken diğeryandan maliyetleri düşürerek rekabette önemli avantaja sahip olurlar (Büker ve diğ., 2010).

Günümüzde kalite anlayışı ilk seferinde doğruyu, hatasız bir şekilde yapmayı gerektirmektedir. Böyle bir kalite anlayışı, işletmelerin hata oluşturmadan önlemesini sağlayarak karlarını maksimize etmelerini, zamandan, insan gücünden ve maliyetlerden tasarruf etmelerini sağlamaktadır. Kalite, üretim, paketleme, depolama, dağıtım ve taşıma gibi ürünün takip ettiği tüm zincir içerisinde bir bütünlük arz etmelidir. Ancak tüm zincir boyunca doğru faaliyetler uygulandığında kaliteden söz edebilmemiz mümkün olacaktır. Gıda kalitesi ise, zorlukla sağlanan bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm gıda zinciri boyunca aynı hassasiyetin gösterilmesi zorunluluğu ve gıda ürünlerinin raf ömürlerinin kısa olması zorlayıcı faktörlerden birkaçıdır (Barutçugil, 2002).

Günümüzde çalışan insan sayısının artması, hazır gıda tüketimini de arttırmaktadır. Tüketicilerin hazır gıda taleplerinin artması, gelişen teknolojilerinde desteğiyle, yeni üretim hatlarını ve yeni ürün segmentleri ile çeşitlerini de beraberinde getirmektedir. Tüketimi karşılamak için gerçekleştirilen hızlı üretim ve gıda ürününden beklenen dayanıklılık faktörleri bir araya geldiğinde gıda zincirinde kaliteyi korumak her geçen gün zorlaşmaktadır (Çeltek, 2005).

Stok yönetiminde finansman kaynaklarının ne kadarlık bir kısmının stok yatırımında kullanılacağı kararının doğru bir şekilde verilmesi en önemli unsurlardan biridir. Stok yatırım tutarları, sektörel ve işletme fonksiyonlarına göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle temel olarak işletmelerde stok tutarını belirleyen faktörlerin neler olduğunun incelenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda işletme bünyesinde kullanılan hammadde ve malzeme girdi ve çıktılarının kontrol edilerek aksaklıkların önlenmesi ile optimal stok miktarlarının işletme ihtiyaçlarına göre belirlenen koşullarda korunması için etkin bir stok kontrol modeli kullanmak işletmeler açısından son derece önem arz etmektedir.

Bir sanayi işletmesinde üretim fonksiyonlarından sorumlu kişilerin amacı, imalat planının aksaksız olarak gerçekleştirilmesidir. Buna göre stoksuzluktan kaynaklı üretimin aksaması gibi bir sorunun çözümü için üreticiler her malzemeden

olabildiğince fazla elde bulundurulmasını isterler. İşletmede finansman bölümünün amacı ise, işletmenin faaliyetlerini en az sermaye bağlayarak gerçekleştirmektir. Finansman bölümünde çalışan görevliler, stokların gereksinimi karşılayabilecek en düşük düzeyde tutulmasını istemektedir. Birbiri ile çelişen bu iki görüşü birleştirmek amacı ile işletmecilikte *Stok Kontrolü ve Yönetimi* son yıllarda büyük önem kazanmış ve bu alanda matematiksel yöntemler, bilgi sistemi teknolojileri ve bilgisayardan geniş çapta yararlanılmıştır.

Başarılı ve etkin bir satın alma stratejisi geliştirmek için temel olarak planlı, doğru verilere dayanan başarılı bir stok yönetimi ve stok politikası yürütülmesi şarttır. Stok farklı şekilde tanımlanmıştır. En yalın tanımıyla, mevcut olan maddelerin, zamanı geldiğinde kullanılmak üzere belli bir kontrol altında tutulması, korunması bekletilen mal miktarına stok adı verilir. Başka bir tabirle, imalat işlemlerinde kullanılacak ya da piyasada satılacak olan malzeme, yarı mamul, mamul mevcudu stok olarak tanımlanmaktadır. İşletmenin en büyük yatırımları arasında yer alan stoklar, işletmeler için hayati öneme sahiptir (Doğan, 2007).

Stoklar, çeşitli işletmelerde birçok biçimde ortaya çıkmaktadır;

- Piyasada satılacak ürünler,
- İmal için gönderilecek hammaddeler,
- Satın alınmış sarf malzemeler,
- Yan mamul durumundaki ürünler,
- Tamamlayıcı parçalar,
- Aletler, makineler ve teçhizatlar (Küçük, 2011).

Bir üretim sisteminde üretilen ürüne dolaylı veya dolaysız olarak katılan bütün fiziksel varlıklar ve ürünün kendisi stok kavramı içinde düşünülebilir. Stoklar söz konusu varlıkların miktarları veya parasal değeri ile ölçülür. Sipariş üzerine çalışan atölye büyüklüğünde bir sistemde stok buldurmaya genelde gerek uyulmaz çünkü hammaddeler sipariş alındıktan sonra tedarik edilir ve ürün bittiğinde müşteriye hemen teslim edilir. Üretim sistemi büyüdükçe, ürün çeşidi arttıkça, tedarik, talep ve imalata ilişkin faktörlerdeki belirsizlik ve aralarındaki ilişkilerin karmaşıklığı stok buldurmaya zorunlu kılar.

Stok yönetimi, firmalarda hangi ürünün/hammaddenin siparişi verilecek, miktarı ne olacak, ürüne/hammaddeye ne zaman ihtiyaç olacak, ne zaman satın alınacak, nerede depolanacak, nasıl depolanacak gibi soruların cevabını bulmaya yönelik yapılan çalışmalar bütünüdür.

Pazarda yer alan bir ürün için en önemli unsur, o ürünün müşterilere sunumunun devamlılığının sağlanmasıdır. Firma içersinde yer alan bütün departmanlar bu amaca uygun olarak, makul bir fiyata ve makul bir zaman dilimi içerisinde ürünlerini

müşterilere sunabilmek için çalışırlar. Firma içerisindeki birçok aktivitenin sağlıklı şekilde gerçekleşebilmesi için doğru stok seviyesinin sağlanması gerekmektedir. Doğru stok seviyesi, her departmanın amaçlarına göre farklılık gösterir. Bu firma üretim, toptancılık, perakendecilik yapan bir firma olabileceği gibi hizmet sektöründe yer alan bir firmada olabilir, fakat departmanlar arasında doğru stok seviyesine bakış her zaman farklılıklar gösterecektir.

Bir firma içerisinde yer alabilecek departmanların doğru stok seviyesi yaklaşımları ise şöyledir (Wild, 2002);

- Satış ve pazarlama departmanları, ileride oluşabilecek en fazla talebin bile karşılanabilecek şekilde stok bulunmasını isterler ve bu da büyük boyutlarda stok gerektirir.
- Satın alma departmanına göre, gerekli ürünlerin alımında maliyet düşürücü bir fırsat oluşur. Gerekli ürünler sağlanırken belli miktarların üstünde yapılan alımlar, indirimler sağlamaktadır.
- Finans departmanı stokların firma sermayesinin geniş bir kısmını tüketmesi ve nakit akışını aksatmaması sebebiyle mümkün olan en düşük stok seviyesinin sağlanması gerekliliğine inanır.
- Üretim departmanı için geleneksel bakış, büyük miktardaki hammaddelerin üretim maliyetlerini azaltacağı yönündedir. Üretim yönetimi, fabrika ve işgücü verimliliğine daha çok önem veren bir eğilime sahiptir, bunun yanı sıra üretimde yaşanabilecek sorunlardan etkilenmemek ve müşteri talebindeki değişiklikleri karşılayabilmek gibi gelişmelerden korunabilmek için yüksek stok seviyelerini benimsemektir.
- Dağıtım ve depolama sorumlularının stok seviyesine bakışı, daha fazla ürünün operasyonlarını olumsuz etkileyeceği yönündedir. Depolarda bulunan çok miktarda stok, sorumluların sağlıklı şekilde kontrollerini etkilemektedir. Ayrıca stok seviyesinin artması daha fazla yer kullanılması anlamına gelmektedir.
- Kalite kontrol departmanı, gerekli kalite kontrol işlemlerinin yapılabilmesi için stokun hareketini yavaşlatır. Bu da stok personeli ile kalite kontrol personelinin birbirinin tersi durumlarda daha etkin çalışabildiği anlamına gelmektedir. Düşük stok seviyeleri daha az zamanda kalite kontrol işlemlerinin gerçekleşmesine olanak verir. Ayrıca tedarikçilerin resmi kalite standartlarına uygunlukları kalite kontrol için daha az çaba harcanmasını sağlar.
- Genel yönetimin, stok seviyesi bakışı veri ağırlıklıdır. Doğru olan; yönetimler stok kontrolünü, bilgi ihtiyacını karşılamak, istatistiksel veri sağlamak ve tahminlerde bulunmak için kullanılacak bir aktivite olarak görmelidirler. Stok seviyesindeki artış toplanması ve analiz edilmesi gereken bilgilerin artmasına sebep olur.

Stok yönetiminin gelişiminin en önemli sebeplerinden birisi de, ortaya çıkan bu farklı yaklaşımları, firmanın çıkarları doğrultusunda çözümlene hedefidir. Elde bulunan veriler ve departmanların yaklaşımları değerlendirilerek doğru bir denge noktası bulunması, korunması ve bunun sorumluluğu stok yönetimi faaliyetine aittir. Stok yönetimi bu önemli sorumluluğu nedeni ile bütün departmanlar arasında, işlevini yerine getirebilmek amacıyla, koordinasyon sağlamak durumundadır (Wild, 2002).

3.1. Konfigürasyon Yönetimi

ISO 10007 Konfigürasyon Yönetimi Sistemi standardına göre konfigürasyon; bir ürünün fiziksel ve fonksiyonel tanımlamasıdır. İlk Konfigürasyon Yönetimi uygulamaları, savunma ve uzay sektörlerinde görülmüş, daha sonra bütün sektörler yayılmıştır. Konfigürasyon Yönetimi (KFY), ürünün yaşam döngüsü boyunca hem fiziksel hem de fonksiyonel konfigürasyonunun izlenmesi ve kontrol edilmesi olarak anlaşılmalıdır. Konfigürasyon Yönetimi, kalite yönetimi altındaki bütün öğeleri geliştirme, üretim ve destek yaşam sürecine tekniksel ve yönetsel yön uygulayan bir yönetim disiplindir. Konfigürasyon Yönetimi; eforun tekrarını önler ve planlanan, yürüyen etkinlikleri kontrol altında tutar ve gerektiğinde proje yönetimine tam ve doğru bilgiyi verir. Konfigürasyon Yönetimi, ürün ile ilgili bütün veri ve değişiklikleri kaydettiği için ürünün yeniden yapılanması sürecini en aza indirir. Böylece yeni inovasyonlara fazla zaman ayırabilir (Adams ve John, 1997).

3.1.1. Konfigürasyon Yönetiminin Genel Esasları

Konfigürasyon yönetimi, ürünlerin; maliyetlerini, programlarını ve teknik performanslarını, kullanıcıların (alıcı) belirlediği ölçülerde tutmaya yarayan, birçok disiplini bünyesinde barındıran ve bu disiplinlerden yararlanan bir yöntem aracıdır. Konfigürasyon Yönetimi, ürünün veya sistemin üretilmesi esnasında veya üretimden sonra, tanımlanmış bütün ihtiyaçlarına uygun olarak üretilmesini sağlayan bir yönetim metodudur. Bu yönetim metodu sırasında konfigürasyon yönetimi; ürünün belirlenmiş orijinal tanımlarına (tasarımına) olan uygunluğunu denetleyerek, orijinal tanımlarında meydana gelen değişiklikleri kontrol eder ve nihai değişiklikleri de kapsayan esas dokümanı oluşturur. Ürün açısından; lojistik, maliyet, uzun ömürlülük, üretilebilirlik, desteklenebilirlik, güvenilirlik, devamlılık kavramlarının optimum seviyede tutulması konfigürasyon yönetimi gerektirir. Ürünün kullanım ömrü boyunca; tasarımında, operasyon ve bakım/onarımda meydana gelecek değişimler ile bu değişimlerin kullanıcılara iletilmesi ve maliyet etkinliğinin sağlanması bakımından kontrol edilmeleri gerekir. Bu kontrol süreci, konfigürasyon yönetimi içerisinde yer alan disiplinler ile sağlanır (Davis, 1993).

3.1.2. Genel Konfigürasyon Yönetimi Kavramları

Konfigürasyon yönetim sistemi, tüm proje yönetim bilgi sisteminin bir alt sistemidir. Sistem, değişiklik önerilerinin verilmesi, önerilen değişikliklerin gözden geçirilmesi ve onaylanmasının izlenmesi, değişiklik yetkilerinin onaylama seviyelerinin tanımlanması ve onaylanan değişikliklerin uygulanması için yöntem oluşturulması ile ilgili süreçleri içerir. Pek çok uygulama alanında konfigürasyon yönetim sistemi değişiklik kontrol sistemini de ihtiva eder. Konfigürasyon yönetim sistemi aşağıdakilerin teknik ve idari yönlendirmesi ve gözlenmesi için resmi belgelenmiş usullerin birleşimidir (Eliens, 2002).

- Bir ürün veya bileşenin işlevsel ve fiziksel özelliklerinin tanımlanması ve belgelenmesi,
- Söz konusu özellikler ile ilgili değişikliklerin denetlenmesi,
- Her değişikliğin ve uygulanma durumunun kaydedilmesi ve raporlanması,
- Gerekliliklere uyumun doğrulanması için ürün veya bileşenlerin denetiminin desteklenmesi.

Bütünleşik değişiklik kontrolü sürecinde yer alan bazı konfigürasyon yönetimi faaliyetleri şunlardır (Eliens, 2002):

Konfigürasyon Tanımlama: Ürün konfigürasyonunun tanımlanması ve doğrulanması, ürün ve belgelerin markalanması, değişikliklerin yönetilmesi ve hesap verilebilirliğin sürdürülmesi için bir temel sağlanması.

Konfigürasyon Durum Muhasebesi: Ürün ve ürün bilgilerinin etkili biçimde yönetilmesi için ihtiyaç duyulan konfigürasyon bilgisinin elde edilmesi, saklanması ve bu bilgilere ulaşılması.

Konfigürasyon Doğrulama, Geçerli Kılma ve Denetleme: Konfigürasyon belgelerinde tanımlanmış olan başarımlar ve işlev gerekliliklerinin karşılandığının doğrulanması.

Belgelenmiş ve talep edilmiş her değişikliğin proje yönetimi takımı içinden ya da proje başlatıcısı, hamisi ya da müşterisini temsil eden dış örgüt tarafından kabul ya da ret edilmesi gerekmektedir. Çoğu zaman Bütünleşik Değişiklik Kontrolü süreci talep edilen değişikliklerin kabul ya da ret edilmesi amacıyla bir değişiklik kontrol kurulunu içerir. Söz konusu kurulların rolleri ve sorumlulukları ile ilgili olarak proje hamisi, müşteri ve diğer paydaşlar anlaşılır ve söz konusu rol ve sorumluluklar, konfigürasyon kontrol ve değişiklik kontrol yönetmeliklerinde açıkça tanımlanır. Pek çok büyük kuruluş kurullar arasında sorumlulukları paylaştırarak çok katmanlı bir kurul yapısı oluşturur. Proje sözleşme ile yürütülüyorsa bazı değişikliklerin de müşteri tarafından onaylanması gerekecektir (Eliens, 2002).

3.1.2.1. Proje Yönetim Destek Fonksiyonları

Projelerin plan aşamasında, proje takımlarını kurma, planlama, liderlik etme, izleme ve yönetme amacıyla teknik mekanizmaları oluşturup işlemlerini sağlamak gereklidir. Proje Yöneticileri tanım olarak projenin yönetsel olarak tüm aktivitelerinden sorumludur. Proje yöneticilerinin idari ve teknik olarak pratikte iki temel ayrımında yönetim sorumlulukları vardır. Bu nedenle de takımlarının iç organizasyonunu oluştururken buna dikkat etmelidir (Humprey, Walter, 1995).

3.1.2.2. Konfigürasyon Yönetimi Organizasyonu

Proje yönetimi destek fonksiyonu olarak idari görevleri (Humprey, Walter, 1995);

- Projeyi programlama,
- Pazarlama,
- Sözleşme yönetimi,
- Proje sınırlarında gereken ürün ya da hizmet alımı,
- Doküman üretimi
- Bütçeleme ve bütçeyi yönetme.

Teknik destek olarak ise (Humprey, Walter, 1995);

- Değişiklik isteklerini kontrollü bir işleyişle, proje kalite güvence standartlarına uygun yürütmek,
- Tüm aktivite zincirlerinin kalite güvencesini sağlamak,
- Proje ürün ve hizmetlerinin izlenmesini sağlamak,
- Test,
- Konfigürasyon yönetimi,
- Ürün ve hizmet iş isteklerine uygun olarak geliştirilmesini temin etmek olarak organize olmaktır.

Bu idari destek ve teknik destek fonksiyonları birbirleri ile organize olan ilişkili aktivitelerdir. Bu yapı altında var olan Konfigürasyon Yönetimi proseslerini özellikle yazılım geliştirme projelerimizin yaşam döngüsü içinde sağlıklı bir ömürle yaşamını devam ettirsin istiyorsak tanım, teknik, yürütme ve uygulama açısından sağlıklı bilimsel bir tabana oturtmak zorunluluğumuz vardır. Özellikle Yazılım Mühendisliği disiplini açısından baktığımızda geliştirilmekte olan yazılım faaliyetlerinde % 60'ın üzerinde bir süreyi uygulamalara bakım yapmakla geçirdiğimizi düşünürsek bu Konfigürasyon Yönetimi kavramlarının tanımlanması ve yönetilmesi unsurunun değerini çok daha iyi anlayabiliriz. Yazılım projeleri de diğer alışlagelen projeler gibi belirli bir kaynakla ve mali bütçe ile hayata geçmektedir. Burada da diğer klasik projeler gibi (yani inşaat projeleri, otomobil projeleri, askeri projeler, uçuş sistemleri

vb.) üretim ve sonradan yürütüm için geçen zamanın bir maddi değeri vardır. İşte 100 birim zamanlık ömre sahip bir projede bunun 70 birim zamanın o projeye ait yeni değişiklik isteklerini, uyarlamaları, hataları düzeltmeyi içerdiğini düşünürsek işin mali boyutunu çok daha iyi kavrayabiliriz. Bunun da direkt olarak yaşayan bir yazılım projesinde mali değer olduğunu görebiliriz. Projede kaynak olarak ele alabileceğimiz makine, ortam ve insan yeteneklerinin de projelere ait teknik ve idari konfigürasyon planlarına ulaşması ve bunların hızla, etkin bir şekilde uygulanması gereğinin çok açık bir durumda olduğunda da hemfikir olabiliriz (Kenneth ve diğ., 2005).

Konfigürasyon yönetimini de bir organizasyon olarak ele alıp tanımlı şekle getirmeliyiz. Konfigürasyon yönetiminin sorumlulukları (Humprey, Walter, 1995);

- Konfigürasyon yönetiminden kimin sorumlu olduğunun ve yetki düzeyinin tanımlanması,
- Standartların tanımlanması, yerleştirilmesi, proje ekiplerinin referans kılavuz olarak kabul edeceği standartlar el kitaplarının oluşturulması ve bunların güncel olarak tutulması,
- Konfigürasyon yönetiminde kullanılacak olan araçların, kaynakların ve işlem proseslerinin tanımlanması şeklinde belirtilmektedir.

3.1.3. Konfigürasyon Yönetim Planı

Konfigürasyon Yönetim Planı, Proje Yönetim planına bağlı bir başlıkta veya bazı uygulamalarda olduğu gibi Kalite Güvence Planı içinde bir alt başlık olarak tanımlanabilir. Her iki yaklaşımda kavramsal, yönetsel ve uygulama açısından planın önem yada durumunda sakıncalı bir durum yaratmamaktadır (Kotonya ve Sommerville, 1998).

Biz bu konuda bağımsız yapıda Proje Planına bağlı diğer planlar gibi olması yaklaşımını konunun önemini gitgide daha çok öne çıkması nedeni ile daha uygun bulmaktayız. Zaten bütün planlar birbirleri ile entegre olarak ortak bir ürünü geliştirme amacına hizmet ettiği için bu şekilsel bir gösterim olarak tarafımızdan ele alınmaktadır. Bu planın şeklini, yerini tartışmak yerine kavramsal olarak önemi bizler için çok daha kıymetli bir amaç, obje olarak hedefimizdir. Örnek bir Konfigürasyon Planında temel başlıklar neler olmalı diye bakarsak aşağıdaki ana konu başlıklarını görmekteyiz (Kotonya ve Sommerville, 1998).

- Organizasyon ve Kaynaklar
 - ✓ Organizasyonel Yapı
 - ✓ Kişisel Yetenek Seviyesi: İnsan kaynakları yetenek ve eğitim düzeyleri, gerekli işler ve ortamlar, kullanılan ekipman ve araçlar.

- Standart El Kitapları, Prosedürler, Politikalar ve Kılavuzlar
 - ✓ Bilgi Akış Diyagramı
 - ✓ Otomasyon Parametreleri
- Konfigürasyon Tanımlama
 - ✓ Kontrol Kalemi Tanımlama Metodu
 - ✓ Konfigürasyon Kontrol Metodu: Kontrol kalemleri listesi.
- Metotların Tanımlanması
 - ✓ Doküman isimleme ve arşivleme, yazılım bileşenleri, revizyonlar ve sürümler.
- Kontrol Kalemlerinin Onayı ya da Reddi
- Versiyon Kontrolü
 - ✓ Yazılım ve dokümantasyon versiyonlarının hazırlanması
 - ✓ Onay ve kabul prosedürünün çıkarılması
- Proje Dokümantasyonunun Saklanması ve Teslimi
 - ✓ Saklama Gereklilikleri (elektronik ve kağıt olarak)
- 3. Parti Konfigürasyon Yönetimleriyle İlişkiler
- Diğer Bilgi

3.1.4. Savunma Sanayi Projelerinde Konfigürasyon Yönetimi

Konfigürasyon Yönetimi Felsefesinin, etkin bir şekilde gelişmeye başladığı 1960 yılında önce, sistemlerin konfigürasyonu 'Taşeron Mühendislik Çizim Takip Sistemi' (Contractor Engineering Drawing Accounting System) olarak adlandırılan detaylı bir sistem ile kontrol ediyor ve bu sistemde; şartnameleri, sistem ihtiyaçları, ara kontrolleri ve mühendislik çizimlerini kapsayan bütün sistem dokümanları çizimlere kaydedilerek sıkı bir şekilde denetlenmeye çalışılıyordu. 1960'lı yıllarda birlikte gerek sektörel, gerekse teknolojik gelişmeler bu sistem kontrolünü olumsuz yönde etkilemeye başlamış ve görevi yalnızca tasarım ünitesi dışında tüm fabrika organizasyonunu ilgilendiren bir organizasyonel sorumluluk haline dönüştürmeye başlamıştır. Bunun üzerine ABD'de konu üzerinde çalışmalara başlanılmış olup, 1992 yılına kadar çıkarılan ara dokümanların geliştirilmesi sonucunda 1992 yılında MIL-STD-973 esas alınarak bugünkü yapı şeklini almıştır. Türkiye'de bu manada Konfigürasyon Yönetimi uygulamalarına Savunma Sanayi Müsteşarlığı'nca yürütülmekte olan projeler kapsamında başlanılmış olup, projelere katılan firmalara 'Konfigürasyon Yönetimi Planı' hazırlanmış ve bu plana uygun olarak firmalara sözleşme yönetimi aktiviteleri sürdürülmüştür. Türkiye'de Savunma Sanayi firmalarına yönelik olarak Konfigürasyon Yönetim Sistemi kurulması uygulamaları ise, AQAP-110 sertifikasyonu çerçevesinde uygulamaya konulmuş ve AQAP-110 Kalite Güvence Sistemi'ne sahip firmalarda uygulamaya geçilmiştir. Aynı uygulamalar, Savunma Sektörü dışında ISO 9001 uygulamaları ve sertifikasyonu nedeniyle yakın zamanda tüm sanayimizde başlatılmış olacaktır (Adams ve John, 1997).

3.1.5. Bilişim Teknolojileri Konfigürasyon Yönetimi

Bilişim Teknolojileri (BT) sektöründe fazlaca kullanılan Konfigürasyon Yönetimi (Configuration Management - CM); geliştirilen bir sistem ürününün yönetimi için standart ve prosedürlerin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır. Geliştirilen sistemler yönetilmelidir çünkü sistemler geliştirildikçe, yazılımın birçok sürümü yaratılır. Bu sürümler, değişim için önerileri gerçekleştirir, hataları düzeltir ve farklı donanım ve işletim sistemleri için adaptasyonları sağlarlar. Aynı anda ve kullanımda ve geliştirilme aşamasında birçok sürüm bulunabilir. Gerçekleştirilen değişiklikler ve bu değişikliklerin yazılım içerisinde nasıl kapsandığının kayıtları tutulmalıdır (Berczuk, 2009).

Konfigürasyon yönetimi prosedürleri, önerilen sistem değişikliklerinin nasıl kaydedildiğini ve gerçekleştirildiğini, bunların sistem parçalarıyla nasıl ilişkilendirildiğini ve sistemin değişik versiyonlarının tanımlanması için kullanılan metotları tanımlarlar. Konfigürasyon yönetimi araçları, sistem parçalarının versiyonlarının tutulması, sistemin bu parçalardan inşası ve müşterilere sistem versiyonlarının sürümlerinin bildirilmesi için kullanılırlar (Berczuk, 2009).

Sistemlerin farklı konfigürasyonlarda bulunmalarının bir çok sebebi vardır. Konfigürasyonlar, farklı bilgisayarlar, farklı işletim sistemleri için yapılmış olabilirler, istemciye mahsus fonksiyonlar eklenmiş olabilir. Konfigürasyon yöneticileri, yeni sürümlerin kontrollü bir şekilde üretildiğinden ve yeni sürümlerin doğru müşterilere doğru zamanda sunulmasından emin olunması için, yazılım versiyonları arasındaki farkların izlenmesinden sorumludurlar (Berczuk, 2009).

3.1.6. Konfigürasyon Yönetiminin Stok Yönetimine Katkısı

Ürünün tasarımından itibaren, teslimat sonrası dönemi de kapsayan süreç boyunca, fonksiyonel ve fiziksel özelliklerin müşteri isteklerini ve ihtiyaçlarını karşılaması, bu özelliklerde yapılan değişiklik kontrollerinin güvence altına alınması amacıyla yapılan uygulamaları kapsamaktadır. Konfigürasyon yönetimi, dört alt sistemin harmonizasyonu üzerinde durmaktadır. Konfigürasyon yönetimini, diğer yönetim sistemlerinden ayıran temel özelliklerden birisi, müşteri ihtiyaçlarının doğru bir şekilde tanımlanması ve bu tanımlamaların ürünün yapılandırılmasında kullanılmasıdır.

Söz konusu dört alt sistem şu şekilde ifade edilebilir;

- *Konfigürasyon Tanımlama:* Konfigürasyon parçalarının seçimi ve konfigürasyon için gerekli dokümantasyonun geliştirilmesi,

- *Konfigürasyon Kontrolü:* Konfigürasyona ait parçalar için konfigürasyon ana hatlarının resmi olarak kurulmasından sonra önerilen mühendislik değişikliklerinin sistematik bir şekilde onaylanması,
- *Konfigürasyon Durum Değerlendirmesi:* Konfigürasyona ait parçaların etkin yönetilmesi için gereken bilgilerin kaydedilmesi ve raporlanması,
- *Konfigürasyon Denetimi:* Parçaların spesifikasyonlara, teknik çizimlere ve diğer kontrat gereksinimlerine göre uygunluğunun doğrulanması şeklindedir.

Depolama faaliyetleri içerisinde stokların etkin şekilde yönetilmeleri de konfigürasyon yönetimi uygulamalarına girmektedir. Stokların depo içerisinde doğru yerleştirilmeleri, hem depo yönetimi açısından hem de üretim fonksiyonları açısından oldukça olumlu sonuçlara neden olacaktır. Depo tarafından etkin bir şekilde beslenen üretim hatlarının verimliliği artacaktır. Bu faaliyetler için ise konfigürasyon yönetimi esaslı depo yönetimi politikaları oluşturulmalıdır.

3.2. Depo Yönetimi

Depolama her lojistik sistemin önemli bir bileşenidir. Freight Forwarder'lar, uluslararası lojistik faaliyetleri yürütürken gönderenden müşteriye mal sevkiyatında; malların birleştirilmesi, konsolidasyonu vb. faaliyetleri için ara nokta ve terminallere yani "depo" ve "antrepo" yapılarına ihtiyaç duymaktadır (Erdal ve Çancı, 2003).

3.2.1. Depo ve Depolama Kavramları

Fiziksel dağıtım sürecinde hareket merkezlerinden olan depo; korunmak, saklanmak, gerektiğinde kullanılmak üzere bir şeyin konulduğu ardiye; bir şeyin çokça bulundurulduğu yerler olarak tanımlanmaktadır. Depolar, ürünlerin hammadde aşamasından üretim ortamına tüketim merkezlerine dağıtımına kadar olan bütün faaliyetler dizisinin gerçekleştirilmesinde stratejik rol oynayan ara noktalarıdır. Malzemelerin tedarik edilmesi işlemi (Ölçer ve Önüt, 2003);

- Hammaddelerin depolanması,
- Fiziksel dağıtımda son ürünlerin stoklanması,
- Yarı mamullerin depolanmasını kapsamaktadır.

Uluslararası ticarete ithalat, ihracat ve gümrük süreçlerinde eşyaların muhafaza edildiği, stoklandığı, korunduğu, taşımaya hazır hale getirildiği açık ve kapalı alanlara gereksinim bulunmaktadır. Bir başka tarif ile depo, hammaddeleri, yarı mamul ve mamul maddeleri tedarik kaynaklarından teslim alan, ayırımı yapan, kayıtlarını tutan ve muhafaza ederek ihtiyacı olan iç ve dış müşterilere dağıtımını sağlayan tesislerdir (Çelikçapa, 2003). Başka bir bakış açısına göre depolar, hammaddenin çıkış noktasından bitmiş ürünün müşteriye ulaştığı nokta arasındaki

madde ve malzeme akışında hareketin hızının kesildiği nokta olarak da tanımlanmaktadır.

Deponun fonksiyonu hizmet sağlamaktır. Ürünlerin tedarik aşamasından başlayarak tüketime kadar her aşamada depolar bulunmaktadır. Depo, lojistik sistem içinde değer ekleme alanı görevi görür. Nakliye konsolidasyonu, ürün karışımının hazırlanması vb. değer ekleyici aktiviteler depolarda gerçekleşir. Depolar ayrıca ürünlerin, maddelerin ve ürün taşıyıcılarının başka müşterilere, geri dönüşümcülere ve müşterilere tekrar dağıtımını sağlamak için müşterilerden geri dönüşümünü sağlamada da kullanılır (Koster ve diğ., 2002).

Depolar, tedarik zinciri içinde yer alan ürünlerin korunması, stoklanması ve en verimli şekilde ilgili yerlere ulaştırılması amacıyla konumlandırıldığı alanlardır ve bu ürünlerin geçici olarak saklandığı, dizildiği, ürün tipine göre tasarımı yapılmış yardımcı işletmelerdir. Depolar, siparişlerin monte edilmiş ve paketlenmiş olarak toplanması zorunluluğundan dolayı, yüksek stok maliyetlerine ve yüksek malzeme elleçleme maliyetlerine sahiptir, ama denetim ve esneklik gibi yararlar da sağlarlar (Gue, 2009).

Depolama ihtiyacının ve işleminin varlığı çok eski zamanlara dayanmaktadır. İnsanlar ilk olarak temel ihtiyaç maddelerinin, yiyeceklerinin çevre ve iklim koşullarından nasıl etkilendiğine şahit olarak onları kapalı yerde korumak amacıyla depolama yoluna gitmişlerdir. Uygarlığın gelişimiyle birlikte de gerek uygulama ve kapsam, gerekse de amaçları açısından değişimlere ve gelişmelere uğramıştır. İnsanlar ihtiyaç maddelerini uzun süreler boyu saklamak amacıyla depolamışlardır.

Depolama işlevinin temel amacı, büyük miktarlarda ve müşteri siparişlerine göre düzenlenmiş mamullerin depoya pazara olan hareketlerinde kolaylık sağlamaktır (Erdal ve Çancı, 2003). Mallar önceden üretilip depolanmadığı zaman, malın talebi üretim hızını geçecek ve bu da satış kaybını getirecektir. Depolama üretici ve araçların müşterilerin ihtiyaçlarına hazır şekilde uygun yerlerde ürün buldurmalarına imkân sağlamaktadır (Perrealt ve McCarthy, 1996).

Lambert'e göre depolar şirketlerin amaçlarına şu şekillerde katkıda bulunurlar;

- Navlun tasarrufları sağlar.
- Üretim tasarrufları sağlar.
- İşletmelerin müşteri servisi politikalarını destekler.
- Değişen pazar koşulları ve belirsizlikleri karşılar.
- Üreticiler ve tüketiciler arasında var olan yer ve zaman farklılıklarını giderir (Lambert ve diğ., 1998).

Depolamayı gerektiren başlıca nedenler olarak; tüketimdeki belirsizlikler ve sadece belirli mevsimlerde üretim yapılması, üretim düzeyindeki değişimler ve malların fiyatlarındaki belirsizlikler veya dalgalanmalar sayılabilir. Çoğu zaman depolama, ne endüstri ne de ticaret alanında arzulanan bir şeydir; çünkü belli bir sermaye harcanması gerekmektedir. Bu yüzden depolama ve stoklama bir tercih değil bir zorunluluktur (İmrak ve Gerdemeli, 2009).

Depolama sistemlerinin iyi tanınması ve hangi malların nasıl depolanacağını bilmesi gerekmektedir, malları depolarken ve depodan gerekli yerlere iletirken günümüz için çok önemli olan zaman ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Depolama lojistik süreçlerin her aşamasında kullanılmaktadır. Fiziksel dağıtımın vazgeçilmez bir unsurudur. Depolama, arz ve talebin birebir eşleşmemesinden kaynaklanır. Tedarik aşamasında hammaddelerin depolanması, fiziksel dağıtımda nihai ürünlerin depolanması ve diğerlerine oranla az da olsa yarı mamullerin depolanması söz konusudur. Ticaretin ve rekabetin gelişmesiyle depolama, bir işlem olmanın yanı sıra teknik olma özelliğini kazanmıştır.

İstiflemek, iletimi sağlamak, kontrol etmek, tartmak vb. gibi depoda yapılması gereken işlerin mekanizasyonu depolama tekniğinin en temel taşlarını oluşturmaktadır (Öztürk, 2011).

3.2.2. Deponun ve Depolama Fonksiyonun Önemi

Depolama ve depo yönetimi ayrı bir uzmanlık alanı olarak gelişme göstermiş ve lojistik etkinliklerin ayrılmaz bir parçası durumuna gelmiştir. Lojistik hareketlerinin zamanında ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinde, malın niteliği ve niceliğine göre güvenli bir şekilde istiflenmesi, depolanması ve bilgisayar desteği ile kayıt altına alınması gerekmektedir. Lojistik firmalarının depolama hizmetlerini vermesiyle birlikte, ticarî işletmelerin stok maliyetlerinin düşürülmesi ve zamanında malların hedef pazara sunulması, dikkate alınması gereken bir noktadır (Beşli, 2004).

3.2.2.1. Depolamanın Lojistik İçerisindeki Yeri ve Önemi

Tedarik ağının en önemli fonksiyonları depolama ve taşıma fonksiyonlarıdır. Hammadde aşamasından imalat ortamına, oradan da tüketim merkezlerine taşınması gereken eşya ve ürünlerin belirli merkezlerde depolanması, lojistik dağıtım ağının sürekli ve güvenli bir şekilde işlemesine yardım etmektedir. Depolama, lojistiğin en önemli fonksiyonlarından biridir. Ayrıca fiziksel dağıtım sürecinin de vazgeçilmez bir unsurudur. Avrupa'da 2004 yılında lojistik maliyetleri üzerine yapılan bir alan araştırması, toplam lojistik maliyetlerinin %13'ünün envanterle ilişkili olduğunu ve depolamayla ilişkili maliyetlerin diğer %24'e karşı geldiğini göstermektedir. 2005'te Amerika için yapılan benzer bir çalışmada, envanter maliyetleri nispeten daha yüksek olup %24'e çıkarken, depolama maliyetlerinin %22'ye gelip Avrupa'dakine

yakın seyrettiği görülmektedir (Bidgoli, 2010). Küreselleşen dünyada sınırların ortadan kalkmasıyla, lojistik işletme sayıları her geçen gün artmaktadır. Artan işletme sayısı artan rekabeti ifade eder. İşletmeler rekabet edilebilirliğin sağlanmasının lojistik maliyetlerini azaltmaktan geçtiğini ifade etmektedirler. Depolama da maliyet anlamında işletmeleri çok fazla etkileyen bir kalem olmaktadır. Rekabet edebilirlik için en önemli lojistik faaliyetlerinden birisidir. Firmalar fiyat, kalite ile pazarda rakipleri ile rekabet ederken ürünün rafında bulunmama riski konusunda da geliştirdikleri satış ve stok yönetimi metotları ile mücadele etmektedirler. Buna ek olarak depo maliyet kalemini kar merkezi haline dönüştürmek işletmelerin depolarını etkin ve verimli kurması ve kullanmasıyla gerçekleştirilir.

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak işletmelerin değişen ihtiyaçları neticesinde; stok yönetimi ve depo yönetimi fonksiyonlarının önemi ortaya çıkmıştır. İşletmeler, depo yönetim politikalarındaki değişimlerle beraber müşteri taleplerindeki dalgalanmalara mutlak bir çözüm geliştirmek durumunda kalmışlardır. (Brockman ve Godin, 1997). Günümüzün ihtiyaçlarına cevap vermek için yaşanan gelişmeler aşağıda belirtilmiştir.

- Tam zamanında üretim/dağıtım dediğimiz, JIT (Just In Time) gibi sistemler geliştirilerek müşterilere hızlı cevap vererek stok maliyetleri azaltılabilir. Bu anlayışla stok minimizasyonu eğilimi yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır.
- Değişen müşteri isteklerine cevap verebilmek adına üretimin esnekleştirilmesi ile de ürün çeşidindeki değişimlerle taleplerin hızlı bir şekilde karşılanması gereği ortaya çıkmıştır.
- Ürün yaşam eğrilerinin kısalmasıyla stok kontrolü önemli bir konu haline gelmiştir. Eğer stok kontrolüne dikkat edilmezse, kısa bir süre sonra kullanılmayacak veya satılmayacak hale gelen parça ya da mamul stokları ortaya çıkacaktır.

Bu gelişmelere bağlı olarak depo yöneticilerinin başa çıkmak zorunda oldukları bu zorluklardan birkaçı şu şekildedir (Tompkins ve Smith, 1999):

- Depolanması gereken yüklerin ya da istiflerin sayısında önemli bir artış olmuştur.
- Müşteri hizmetleri ve servis sisteminin ihtiyaçları artmıştır.
- Envanter miktarını ve maliyetlerini düşürme yönünde talepler artmaktadır.
- Depo operasyonlarının etkinliğinin ve yer kullanım verimliliğinin artması yönünde talepler artmaktadır.
- Depoları tüm lojistik sistem içerisinde entegre etme ihtiyacı artış göstermektedir.

- Çapraz sevkiyat, tam zamanında dağıtım ve müşteri ihtiyaçlarına çabuk ve etkili cevap verme gereksinimlerinde önemli artışlar olmuştur.
- Lojistik felsefesinde "çekme" sisteminden "itme" sistemine geçiş yaşanmıştır.
- Lojistik ağlarında yer alan kademeler giderek ürünleri doğrudan müşteriye ulaştıracak şekilde azalma eğilimindedir.
- Güvenilir, verimli ve etkili üçüncü taraf lojistik hizmet sağlayıcılara erişim imkanı artmaktadır.

Firmalar, sürekli olarak performanslarını geliştirmenin yollarını aramaktadırlar ve depo operasyonları tedarik zinciri yöneticilerinin minimum maliyet için maksimum verim elde edebilecekleri alandır. Operasyonlardan maksimum sonuç alabilmek için verimliliği ve müşteri memnuniyetini arttıran bazı "en iyi yöntemler" kullanılabilir. En iyi yöntemler endüstriye ve taşınan ürüne göre değişiklik gösterse de birçok şirkette kullanılabilir ortak yöntemler vardır (Murray, 2011).

Son yıllarda ortaya çıkan teknolojik yenilikler ile depolamanın lojistik sistemin içerisinde önemi azalmış gibi görülmektedir. Özellikle tam zamanında, hızlı cevap verme, etkili müşteri cevaplandırma, doğrudan depo dağıtım ve sürekli akıcı dağıtım gibi kavramların lojistik sistem içerisinde öneminin artması bu kanıyı güçlendirmiştir. Bu görüşleri savunanlar depoların, toptancıların, dağıtıcıların ve dağıtım merkezlerinin olmadığı bir dünyayı hayal etmektedirler. İnternetin dağıtım hizmetlerine sağladığı faydalar da bu fikirleri savunanların görüşlerini pekiştirmektedir (Olson, 1996).

3.2.2.2. Depolamanın Nedenleri

Kotler'e göre her işletme üretim ve tüketim evrelerinin nadiren eşleşmesinden dolayı ürünlerini satana kadar depolamak zorundadır (Kotler, 2006). Eğer firmalar ürünlerine olan talepleri bilip hemen tedarik edebilselerdi stok bulundurmak zorunluluğu olmayacağından depolamaya da gerek olmayacaktır. Değişen müşteri ihtiyaç ve talepleri tam olarak kestirilemediğinden bir firmanın stok tutmaması ne pratik ne de ekonomik olur. Birçok işletme doğrudan müşterilere tedarik ihtimallerini sağlamaya çalışsa da bunun mümkün olmadığı birçok durum vardır. Bunun sebeplerinden biri tedarikçilerin temin sürelerinin müşterilerin istedikleri kadar kısaltılmasının maliyetler açısından mümkün olmamasıdır (Harrison ve Van Hoek, 2005). Zorunlu bir gereksinimden ziyade ekonomik bir rahatlık olan depolama nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Bir malın üretildiği nokta ile bu mala talep olan noktalar arasındaki mesafenin neden olabileceği hizmet düzeyi aksamalarını önlemek,
- Üretim ve taleplerdeki mevsimlik dalgalanmalardan ötürü, ürünün bol olduğu zamanlarda depolamak,
- Fiyatlardaki dalgalanmaları göz önünde tutarak depolama yapmak,

- Büyük lotlarla nakliyenin avantajından yararlanmak,
- Üretimde ölçek ekonomisinden yararlanmak,
- Satın almada iskontolardan yararlanmak,
- Üretimin sürekliliğini sağlamak,
- İşletmenin müşteri servis düzeyi politikalarını desteklemek,
- Mevsimsellik, rekabet vb. durumlarla başa çıkabilmek,
- Üretici ve tüketiciler arasındaki yer ve zaman farklılıklarının üstesinden gelmek,
- İstenen servis düzeyinde, toplam lojistik maliyetini en aza indirmektir.

3.2.2.3. Depolamanın Amaçları

Depolamanın gerçek değeri, doğru ürüne, doğru yerde ve doğru zamanda sahip olmakta yatmaktadır. Depolar, bir işletmenin başarılı olması için yer ve zaman kazancı sağlamaktadır. Bunlara ilave olarak, depolamanın amaçlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Depo alanının verimliliğini arttırmak,
- Depo araç ve gereçlerinin kullanımı verimliliğini arttırmak,
- Depo planına sadık kalmak,
- Bütün mallara ulaşılabilirliği maksimuma çıkartmak,
- Bütün parçaların korunmasını sağlamaktır (Konuralp, 2003).

3.2.3. Depo Çeşitleri

Depoları; işleyişine, ürün şekline, mamul tipine ve mülkiyet durumlarına göre 4 grupta toplamak mümkündür.

3.2.3.1. İşleyişine Göre Depolar

Genel işleyiş ve niteliklere göre depolar "işletme deposu" (veya üretim deposu) ve dağıtım merkezi (veya dağıtım deposu) olarak ikiye ayrılmaktadır. Dağıtım merkezi çoğu zaman depo kavramı yerine kullanılsa da birbirine karıştırmamak gerekir. Ürünlerin stokta bulunma sürelerinin uzunluğuna ve depodaki ürünlerin çeşit ve sayılarına göre depolar ayrılır.

Genellikle depolama süresinin uzun olduğu yerlere işletme deposu denir. İşletme deposunun fonksiyonu; giriş-çıkış ambarları ve ara depolar olmak üzere hammadde, yan mamul veya tamamlanmış ürünleri, üretim sürecinde kullanılmak üzere ve/veya dağıtım öncesinde stoklamaktır. Ana tasarım kriteri depolama kapasitesi ve işletim maliyetleridir (Erdal ve Çancı, 2003). İşletme deposuna gelen her ürün teslim alınarak stoklanır. Genel olarak depolar, diğer işletme fonksiyonlarına oranla daha az

katma değer sağlamaktadır. Ürünler parti şeklinde toplanır ve yükleme isteklerine uygun olarak operasyon maliyetlerinin en aza indirilmesi sağlanmaya çalışılır.

Dağıtım merkezi, eşyaların muhafaza edildiği ve müşteri siparişlerine göre hızlı, sık ve kapsamlı sevkiyatlara elverişli büyük hacimli depolardır. Bir dağıtım merkezindeki farklı özellikteki eşyaların sayısı ve siparişler için istenen miktarlar çeşitlilik gösterebilir. İşletme deposundan en önemli farkı zaman olarak ürünlerin daha az süreyle stoklanmasıdır. Minimum stok tutma eğilimi olduğundan genelde talebi fazla, sirkülasyonu hızlı olan ürünlerin stoklanması yapılır. Hafif montaj da dahil olmak üzere, yüksek katma değerli hizmetler verilir. Ürünler zaman esasına göre toplanır ve müşterilerin beklentilerine uygun olarak kârın maksimizasyonu sağlanmaya çalışılır. Dağıtım merkezinde farklı ürün grupları sayıca fazlayken, siparişlerde ise istenen miktarlar farklılık gösterebilir. Dağıtım merkezleri en az envanterin tutulduğu, stok devir hızlarının yüksek olduğu yerlerdir.

3.2.3.2. Ürün Şekline Göre Depolar

Depolar, depolanacak ürün şekline göre parça mal depoları ve dökme mal depoları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Parça (Birim) Mal Depoları

Farklı şekillerde, farklı boyutlardaki küçük ebatlı, tek parça halinde hareket edebilen ve yerleştirelebilen ürünlerin olduğu depolardır. Parça malların belirli şekil ve boyutlarının olması, depolama ve taşımayı dökme mallara göre daha zorlaştırır. Parça malların depolanmasında; paletler, raflar, modüler çekmeceler, kutular, konteynerlar, açık alanda istifleme, mobil raflar vb. kullanılır. Bu ürünlerin taşınmasında özel donanım gerekmeksizin kamyon, konteyner, tren ve uçaklar da kullanılabilir. Parça malların taşınması ve depolanmasında malların boyutları, ağırlıkları, hacimleri, biçimleri vb. özellikleri etkilidir.

Stoklama deposu: Hacimsel kapasiteleri ve uzun depolama süreleri ile diğerlerinden ayrılırlar. Malları uzun süreler için stoklayıp, saklamakta kullanılırlar. (Örneğin hammaddeler, kömür, tahıl depoları)

Geçiş deposu: Geçiş depoları, depoya giren malların çıkışa kadar geçen kısa süre içinde ayrılmaları için kullanılırlar. Depolama zamanı genellikle çok kısadır. (Hava alanlarındaki veya tren istasyonlarındaki muhafaza depoları)

Tasnif deposu: Tasnif depoları malzeme akışı sırasında belli bir düzenlemenin ve ayırımın yapıldığı yerlerdir.

Satıh deposu: Depolama işleminin komplike olmayışı, tesisin ucuza mal olması ve koridorların kolayca değiştirilebilmesi gibi olumlu özelliklere karşı, alçak depoların istenmeyen yönleri daha fazla ve önemlidir. Bunlar, depo mahallinin verimli kullanılmaması, malın depo zeminini tamamen kaplaması, sadece en üstte bulunan mal kümesi veya mal biriminin direkt olarak alınabilmesi, depolama işlemlerinin fazla zaman alması ve nihayet deponun otomatik düzenlere uygunluk göstermemesi gibidir.

Çok katlı depo: Çok katlı depolar üst üste düzenlenmiş satıh depoların oluşturduğu depolardır.

Yüksek raflı depo: Yüksek raflı depolarda yükseklik 12 metreden fazladır (Öztürk, 2011).

Dökme Mal Depoları

Dökme mallar, hacimsel ve belli bir şekil verilmemiş, paketlenmemiş olarak taşınan ve depolanan mallardır. Belirli bir şekli olmayan parçalardan oluştuğu gibi sıvı ve gaz hallerde de bulunabilirler. Dökme mal depoları genelde açık hava veya yarı kapalı depo şeklinde inşa edilirler. Kum, tahıl, çimento, maden ürünleri, yem gibi parçalı birim bir kap halinde bulunmayan granüllü mallar bu depolarda depolanır. Bunkerler, silolar, çeşitli kaplar, depolar ve yığma alanlar; dökme mallar, sıvı mallar ve gazların saklanması ve depolanmasında kullanılırlar (Öztürk, 2011).

3.2.3.3. Mamul Tipine Göre Depolar

Depoları içinde tutulan eşyaların özelliklerine göre, aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür (Ballou, 2004);

- Ticari ürün depoları: Bu depoların hizmetleri, kereste, pamuk, tütün ve tahıl gibi kolaylıkla heba olabilecek mamullerin stoklanması ve taşınması ile sınırlıdır.
- Dökme yük (akışkan ürün) depoları: Sıvı kimyasallar, benzin, karayolu tuzu, yağ, şurup gibi akıcı haldeki ürünlerin stoklanması ve taşınmasına hizmet ederler.
- Isı kontrollü depolar: Sıcaklık ve nemin ayarlandığı, stoklama ortamının kontrol altında tutulduğu depolardır. Bazı kimyasalların, ilaçların, meyve, sebze, çiçek gibi zamana dayanıksız, kolay bozulabilen yiyeceklerin ve dondurulmuş gıdaların bu şekilde depolanması gerekir.
- Ev eşyası depoları: Evlerde kullanılmak için imal edilmiş eşyaların ve mobilyaların saklandığı ve taşındığı depolardır.

- Genel eşya depoları: En yaygın olarak kullanılan bu depo tipinde geniş bir ürün çeşitliliği söz konusudur. Genellikle özel bir depo ortamı ya da taşıma şekli gerektirmeyen, her çeşit eşyanın tutulduğu depolardır.
- Mini depolar: Alan olarak ufak, sınırlı hizmet sunan ve genel olarak merkezi konumda bulunan depolardır. Kısa süreli çözüm olarak kullanılan ek bir depo işlevi görür.

3.2.3.4. Mülkiyetine Göre Depolar

Depoları mülkiyetine göre özel depolar, genel depolar ve sözleşmeli depolar olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

- Özel depolar: Depolar ve depolama araçlarının işletme mülkiyetinde olduğu alanlardır. Bu depolarda firmanın her türlü depolama faaliyetleri üzerindeki kontrolü yüksektir. Özellikle işletmenin depolama ihtiyacı fazla ise kendi deposuna sahip olması tercih edilir. Uzun dönemde etkin bir yönetim ve deponun verimli kullanılmasıyla kiralananlara göre daha az maliyetli olmaktadır. İşletmeye esneklik sağlar fakat ilk kuruluştaki çok büyük yatırımlar gerektirir.
- Genel depolar: Depoculuk konusunda uzman kişi ya da kurumlar tarafından yönetilen, işletme mallarının belirli bir ücret karşılığı stoklandığı depolardır. Bu depolar çok sayıda firmaya hizmet verebilecek kapasitedir. İşletmeler tarafından en çok tercih edilen depo türleridir. Kendi içinde özel mallar deposu, soğutma tertibatlı depo vb. gibi depolara ayrılmaktadır. Birden fazla işletme aynı depoyu kullanabileceği için personelin atıl olması söz konusu değildir ve sabit maliyetler firmalar arasında bölüşüleceği için ölçek ekonomisi sağlamaktadır. Faturalamada ise stoklama ve taşıma maliyetleri ayrı ayrı gösterilebilir. Genelde bu depolar kiralanırlar, bu nedenle depolama maliyetleri değişken maliyet haline gelmiş olur. Pazarın değişmesi durumunda da yeni depolarla anlaşma yapılabilir.
- Sözleşmeli depolar: Daha çok genel depoya benzerdir. Kullanıcı ile depo hizmeti sağlayan arasında imzalanan sözleşmeyle tüm risk paylaşılmaktadır. Özel ve genel depoların avantajlarını barındıran bu depolama türünde işletmenin bir depoyu ve deponun belirli bir kısmını uzun bir dönem için kiralaması söz konusudur. Bazen sadece kullanıcıya özgü özel hizmetler de sağlanır. İşletmeler bu depolar sayesinde hem sabit sermaye yatırımından kurtulmuş olur hem de pazara yakın olan bu depolar sayesinde hizmet seviyesini yükseltir.

Depo mülkiyeti konusunda UND, UTİKAD, RODER, KARİD üyelerinin tamamının ana kütle olarak alındığı bir saha çalışmasında, depoların %23'ünün firma mülkiyetinde özel depolar, %77'sinin ise kiralık depolar olduğu belirlenmiştir. Kiralık depo kullanan lojistik hizmet sağlayan şirketler kiraladıkları depoyu kendileri

işletmekte ya da dışarıdan hizmet sağlama yolunu seçmektedir. Kiralık depolarda karşılaşılan sorunların başında kiralık depo bulma sorunu gelmektedir. Yine aynı araştırmaya göre şirketlerin %61,5'i depo temininde önemli güçlükler yaşadıklarını belirtmiştir (Öztürk, 2011).

3.2.4. Depo Operasyon Süreçleri

Bir depoyu karakterize ederken üç farklı bakış açısından bahsedilebilir: iş süreçleri, kaynaklar ve organizasyon. Depoya ulaşan ürünler, "iş süreçleri" denilen birtakım adımlardan geçmektedir. "Kaynaklar" bütün varlıkları (bir depoyu işletmek için gerekli olan ekipman ve personeli) ifade etmektedir. "Organizasyon" ise sistemi çalıştırmak için kullanılan tüm planlama ve kontrol işlemlerini içermektedir (Rouwenhorst ve diğ., 1999).

İyi bir depo yönetiminin sağlanabilmesi için bütün bu alt süreçlerin bir zincir oluşturduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla bir süreçteki aksaklık diğerlerine yansiyacak, depo yönetimi ve depo içerisindeki eşya hareketlerinde sorunlar yaşanacaktır. Süreç entegrasyonu ile gerçekleştirilen depolama fonksiyonu zaman, yer, insan, malzeme ve ekonomi açısından işletmeye büyük kazançlar sağlayacaktır. Süreçler müşteriye göre değişir. Ürünün iş akışı müşteri taleplerine göre müşterinin kendisine ya da şirkete verilir. Fakat depo fonksiyonları 5 iş sürecini içerir (Öztürk, 2011).

3.2.4.1. Mal Kabul

Mal kabul belli depo operasyonlarından biridir ve ürünlerin boşalması, envanter kayıtlarının düzeltilmesi, ürünlerin sayısının ya da kalitesinin kontrolü gibi faaliyetleri kapsar (Öztürk, 2011).

Depoya ulaşan ürünlerin karşılaştığı ilk süreçtir. Ürünler depoya kamyonlarla veya benzer araçlarla getirilir. Depoya ulaşan ürünlerin karşılaştığı ilk süreçtir. Müşteri tarafından oluşturulan satın alma siparişini referans alarak, ürünlerin barkodları irsaliyesine (faturasına) göre kontrol edilerek mal kabul standartlarına uygun olarak teslim alınır. Mal kabulü, müşteri temsilcilerine ve depo içindeki personel ve depo sorumlusuna belirtilmelidir. Eşyalar bir üretim deposunda veya dağıtım merkezinde kabul edilir, muhafaza edilir, kontrol edilir. Kontrol sonucunda eğer ürünlerde hasar var ise malzeme hasarı gerekli birimlere bildirilir. Malzeme stoka alınır. Hasarlı ürünün resmi çekilir, hasar tutanağı tutulur, müşteriye bildirilir ve sigorta işlemleri başlatılır. Kabul aşamasında görünür kontrollerin yapılması ve hasarın belirlenmesi sigorta ve sorumluluklar açısından önem teşkil etmektedir. Bu adımda ürünler kontrol edilebilir veya biçimleri değiştirilebilir ya da bir sonraki adım için bekletilir (Öztürk, 2011).

Mal kabul standartları şu şekildedir;

- Fiziksel hasar kontrolü,
- Ambalaj yeterliliği,
- Kod, barkod kontrolü,
- Şahit numune veya önceki partilerle uyumluluk kontrolü,
- Miktersal kontrol (sipariş ile gelen ürün, gelen ürün ile irsaliye faturadaki miktersal tutarlılıklar).

Mal kabul sisteminin temel amaçları şu şekildedir;

- Taşıyıcıları emniyetli ve verimli bir şekilde boşaltma,
- Kabulleri zamanında ve hatasız olarak işleme,
- Faaliyetleri ve kayıtları doğru bir şekilde sürdürme,
- Kabullerin sonraki kullanımı için uygun yerlere hızlı dağıtım,
- Siparişleri alır almaz materyallere mümkün olan en kısa zamanda ulaşma.

3.2.4.2. Fiziksel Depolama (Yerleştirme)

Depolama alt süreci, bekleyen bir talep söz konusu olduğunda malın fiziksel olarak kontrol altında tutulması, zapt edilmesidir. Bu aşamada ürünler depolama yerlerine yerleştirilir. Depolama alanı ayırım ve ileri bölge olmak üzere iki bölümden oluşur. Ayırım bölgesi daha büyük miktarlarda depolamayı sağlarken ileri bölgesi sipariş toplayıcılar tarafından daha kolay ürün ulaşımının sağlandığı bölgedir (Erdal ve Çancı, 2003).

Bir depolama planında düşünülmesi gereken en önemli ürün değişkenleri ürünün miktarı, ağırlığı ve depolama ihtiyaçlarıdır. Ürünler gruplarına ve cinslerine göre uygun alanlara yerleştirilir. Örneğin; kimyasal maddeler ile gıda maddeleri yan yana konulmaz. Bunun yanında iş ve işçi güvenliği göz önünde bulundurularak depolama yapılır. Ürünlerin cins ve özelliklerinin yanında hacimleri ve boyutları da fiziksel depolamada önemlidir.

Müşterinin istediği envanter yönetimi şekline göre envanter yönetimi yapılır. (FIFO, LIFO, FEFO vb.) Bu aşamada malzemelerin üretim ve son kullanım tarihleriyle, devir hızları göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer işletmelerin yazılım sistemleri var ise envanter yönetim şekline göre bu sistem otomatik olarak adres tayin eder.

Yüksek hacimli ürün depoda hareket mesafesini minimize edecek şekilde konumlandırılmalıdır. Nispeten ağır parçalar kaldırmayı en aza indirmek için depolama alanlarının alçak olan yerlerine atanmalıdır. Bu gibi şartlar göz önüne alındıktan sonra teslim alınan ürünler depo içerisinde müşteriye tahsis edilmiş olan

adreslere yerleştirilir. Ürünlerin depolama sahasındaki yerleşimleri tam otomatikten insan gücüne uzanan geniş bir yelpazede sürdürülen faaliyetler ile gerçekleştirilir (Bowersox ve diğ., 2002).

3.2.4.3. Siparişlerin Alınması ve Depolanması

Siparişlerin alınması, malların depolandıkları bölümden hareketini tanımlar. Bölümlerinden alınan eşyaların kalite kontrol testleri yapılarak, hatalı olanlar ayrıştırılır. Birçok firmanın hatalı ürünleri ayıracağı ayrı bir bölüm vardır ve hatalı olarak ayrıştırılan ürünler bu bölüme konular, müşteriyle temasa geçilir ve iade işlemleri gerçekleştirilir. Kalite kontrolden geçen ürünler ise ambalajlama, elleçleme veya konsolidasyon işlemleri yapılmak üzere bir sonraki sürece geçmiş olur.

Sipariş toplama, belirli bir talebi karşılamak amacıyla parçaları depolandığı yerlerden çıkarma sürecidir. Müşteriyi esas alan, müşteriye göre hareket eden temel bir depo hizmetidir ve depo tasarımlarıyla ilişkili bir süreçtir. Toplanan malların sırasıyla ayıklama ve konsolidasyon proseslerine taşınması söz konusu olabilir. Bir depodaki bütün işletim maliyetlerinin %63'ünü sipariş toplama oluşturmaktadır. Sipariş toplama, yönetilmesi gitgide zorlaşan bir faaliyettir (Frazelle ve Apple, 1994).

3.2.4.4. Ambalajlama ve Ürün Birleştirme

Kalite kontrolden geçen hatasız eşyalar, ambalajlama işleminden sonra benzer ürünler bir araya gelecek şekilde depolanır ve farklı müşterilere göre konsolide edilerek dağıtımaya hazır hale getirilir. Müşteriden yükleme emrinin gelmesi ile başlar, elleçleme ve konsolidasyon gibi işlemlerden sonra ürünün sevkiyata hazır hale gelmesi ile son bulur. Konsolidasyon aynı müşteriye gidecek olan ürünlerin gruplanmasıdır (Öztürk, 2011).

3.2.4.5. Yükleme ve Sevkiyat

Depodan çıkışı planlanan ürünler siparişler kontrol edildikten ve paketlenildikten sonra kamyonlara, trenlere ve diğer taşıma araçlarına yüklenmektedir. Çıkış ve yükleme, depodan çıkışı planlanan ürünlerin taşıma araçlarına palet, mukavva kutu, varil vb. taşıma üniteleriyle yerleştirilmesidir.

Ambalajlama ve sevkiyat aşağıdaki görevleri içermektedir;

- Siparişlerin eksiksizliğine ve tamamlılığına ilişkin kontrolü,
- Konteynera uygun sevkiyat yapılması için malın ambalajlanması,
- Paketleme listesini, adres etiketini ve yükleme faturasını içeren sevkiyat dokümanlarının hazırlanması,
- Sevkiyat ücretlendirmesini belirlemek için siparişlerin tartılması,

- Fiziksel dağıtım taşıyıcılar ile siparişlerin toplanması,
- Kamyonları yükleme.

Tüm bu süreçlerin paydaşları olan müşteri, başta depo olmak üzere bütün departmanlar arasında veri kontrolünün sağlanması WMS tarafından gerçekleştirilmektedir. Depo Yönetim Sistemleri birçok işletmenin depolarında stoklamanın, ürün yerleştirmelerinin, yüklemelerin yapılmasının ve bunların kontrolünün sağlanmasında kullanılan yazılımlardır (Öztürk, 2011).

3.2.5. Depolama Fonksiyonları

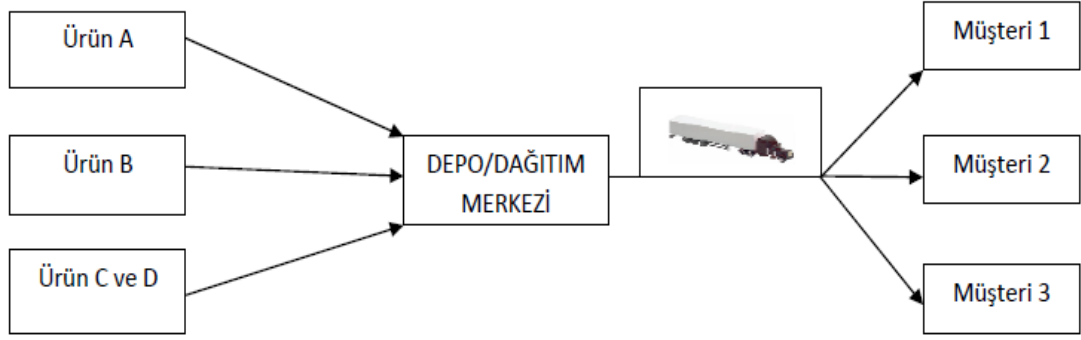
Depolama fonksiyonlarının lojistik sistemler içerisinde çok çeşitli rolleri bulunmaktadır. Depoların temel fonksiyonlarının dayanağı ekonomik fayda, zaman kazancı ve hizmet sağlamasıdır. Ekonomik faydaların içinde; birleştirme, ayrıştırma, işleme ve saklama faydaları sayılabilir. Fonksiyonlar, ülkelerin ve işletmelerin içinde buldukları durumlara, zamana ve incelenen deponun o zincir içerisindeki hareketine bağlı olarak değişmektedir.

Ekonomik fayda sağlamak amacıyla yapılan depolama, genel olarak ürünleri bir yerde toplamak, yığın ürünleri küçük parçalara bölmek, ürünleri sınıflandırmak ve karıştırmak, ürünleri birleştirmek, aktarmak, ürünü işlemek, dağıtımını ertelemek, stok yapmak ve tersine lojistik fonksiyonlarını sağlamak maksatlarıyla yapılır. Depolama fonksiyonları ayrıntılı biçimde aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Ülengin ve Karadağ, 2005).

3.2.5.1. Birleştirme (Konsolidasyon)

Diğer adıyla konsolidasyon nihai varış noktalarına sevk edilmek üzere farklı merkezlerden gelen, aynı müşteriye ve/veya aynı güzergaha gidecek ürünlerin raf sistemlerinin de yardımıyla birleştirilerek müşteri siparişlerine göre gruplandırılarak hazırlanmasıdır. Farklı merkezlerden gelen ürünler depo içerisinde hata ve karışıklık olması önlenerek şekilde gruplandırılır, sonra belli bir müşteriye ya da istikamete ait olan ürünler özel bir yükleme alanında toplanır.

Konsolidasyon zaman ve yer avantajı sağlar. Aynı güzergah veya bölgedeki müşterilere farklı araçlarla ürünlerin gönderilmesi yerine birleştirilip gönderildiğinde ölçek ekonomisinden faydalanılmış olur, bu da ulaşımda verimlilik sağlar, dolayısıyla da ulaştırma maliyetlerinde bir düşüş görülür. Konsolidasyon Şekil 3.1'de görülmektedir (Öztürk, 2011).

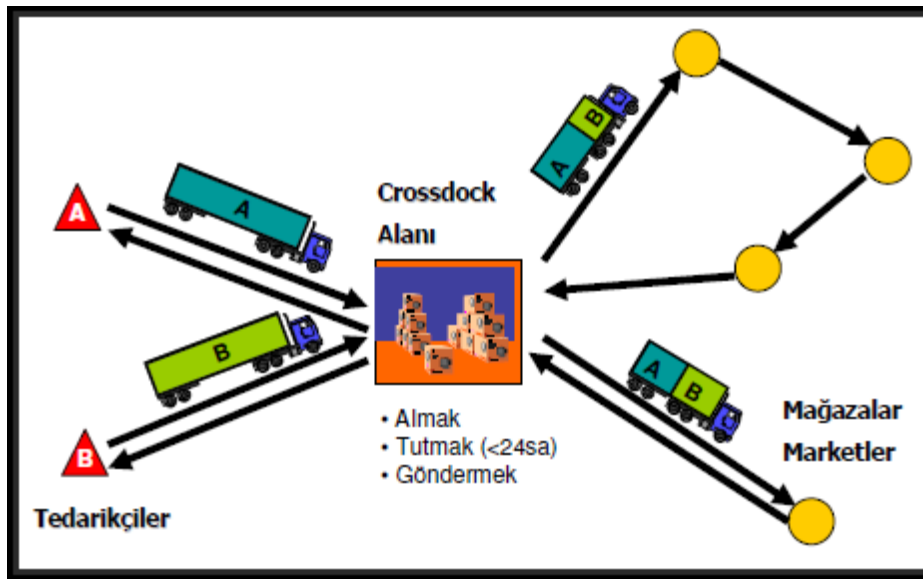


Şekil 3.1. Ürün Birleştirme (Konsolidasyon) (Öztürk, 2011)

3.2.5.2. Çapraz Sevkiyat (Cross-docking)

Çapraz Sevkiyat tedarik zincirindeki maliyetlerde ve tedarik zamanlarında önemli tasarruflar getirebilen bir tedarik zinciri stratejisidir. Bu stratejide çapraz sevkiyat tesisleri klasik anlamda malzemelerin saklandığı depolar olarak değil transfer noktaları olarak işlerler. Cross-docking sisteminin ortaya attığı fikir, taşınacak ürünleri gelen römorklardan giden römorklara arada depolama yapmadan transfer etmektir.

Depolama fonksiyonları mal kabul, raflama, depolama, malzeme yenileme, sipariş toplama, sevkiyata hazırlama ve paketlemedir. Özellikle sipariş toplama işgücü maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Geleneksel depolamanın alternatifi olan çapraz sevkiyat operasyonunda ise sadece mal kabul, bekletme ve sevkiyat fonksiyonları bulunmaktadır. Bir tesisin çapraz sevkiyat tesisi olarak nitelendirilebilmesi için bekletmenin en fazla 24 saat olması gerekmektedir. Görüldüğü üzere çapraz sevkiyat raflama, paketleme, sipariş toplama, depolama fonksiyonlarını ortadan kaldırmakta ve hem zamandan hem de maliyetten tasarruf edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.2. Aktarma (Ertek, 2010)

Lojistik sistemi içinde yer alan dağıtım merkezlerinin ve dağıtımın planlanmasında özel planlamaya ihtiyaç duyan bir operasyon olması nedeniyle bir depolama fonksiyonu olarak kabul edilmektedir (Ertek, 2010).

3.2.5.3. Katma Değerli Lojistik Hizmetleri

Katma değerli hizmetler (Value Added Services) ürün işleme olarak da ifade edilmektedir. İşletmelerin hizmet verdikleri ürün çeşitlerine ve müşteri beklentilerine göre değişiklik gösterir. Ürün depolama çözümleri sadece stokları muhafaza etmek ile ilgili değildir. Genel çözümün bir parçası olarak sunulan ve tedarik zincirinizin performansını arttıracak çok çeşitli ek hizmetler de mevcuttur.

Ürün montajı, donatım (kitting)/ön montaj, sıralama/hat besleme, paketleme, paket tasarımı, yeniden paketleme, iade işlemlerinin yönetimi, etiketleme, ütüleme, asma, katlama, elleçleme, ürün lansmanı vb. işlemler müşteri beklentilerine göre birçok lojistik firması ve depoları tarafından da verilmektedir. Örnek vermek gerekirse; dünyaca ünlü bir ilaç firmasının Türkçe prospektüslerinin kutunun içerisine konulup Sağlık Bakanlığınca getirilmiş kare kodların kutuların üzerine basımı depodaki özel bir alanda gerçekleştirilebilir.

Depolarda ürün işleme işletmelere önemli ekonomik kazanç sağlar. İşletmeler, yukarıda tüm saydığımız işler için özel makineler, çalışan personel bulundurmadan, işi profesyonel olarak yapan firmalardan bu hizmeti sağlamak için talepte bulunurlar. Genel depolarda işletmeler bu hizmetleri birden fazla firmaya verdiği için her verdikleri ek işlem için kazanç sağlayacaklar ve aynı zamanda riski de bölmüş olacaklardır, bu da işletmelere maliyet düşürme şeklinde geri dönecektir. Dolayısıyla depolama faaliyetleriyle işletmeye değer ilave edilmiş olacaktır (Öztürk, 2011).

3.2.5.4. Mal Besleme

"Replenishment" olarak nitelendirilen mal besleme süreci, yeniden doldurmanın diğer bir ifade ile yeniden stoklamanın yapıldığı faaliyetler bütünüdür. Stok yapmak depoların en temel fonksiyonlarından biridir. Üretim açısından, dolayısıyla müşteri memnuniyeti açısından depoların stoklama fonksiyonlarından yararlanmak kaçınılmazdır.

Üretimi sürekli gerçekleşen fakat tüketimi belirli bir periyotta gerçekleşen özellikle sezonluk ürünlerin elde bulundurulmasında zaman faydası sağlar. Bütün bir yıl üretimin gerçekleşip belli zamanlarda ürünün talep görmesinin yanı sıra tam tersi bir durum da belirli bir dönemde üretilip yıl boyunca talep görmesi şeklindedir. Bu durum daha ziyade gıda ürünlerinde geçerlidir. Her iki durum da eldeki ürün envanterinin pazarlanması amacıyla gerçekleşmektedir (Öztürk, 2011).

3.2.5.5. Tersine Lojistik

Lojistik ürünlerin hammadde teminiyle başlayan ve üretime kadar uzanan bu süreç aynı zamanda da üretim tesislerinden nihai kullanıcıya kadar uzanan bir süreçtir. Tersine lojistikte, son müşteriden satıcıya veya üretim yerine geri gelen ürünlerin hareketi, depolanması ve elleçlenmesi ile uğraşır. İadesi olan, defolu, üretim kusurları olan ürünleri kapsar.

"Memnuniyet garantili" bir ürün önermek şu anlama gelmektedir - mal iadesi yapılabilir. İade edilen malların etkin bir şekilde yönetilmesi değerini yeniden yakalamanıza olanak verirken müşterilerinizin de mutlu olmasını sağlar. Hem zaman hem de paradan kazandıran hem de müşteri hizmetlerini geliştiren iade lojistiği lojistik firmaları tarafından planlanıp uygulanabilir (Erişim Tarihi: 15.11.2016).

Tersine lojistik istenmeyen malzemelerin geri dönüşümünü sağlar. İadelerin ve defolu ürünlerin geri dönüşüyle fabrika satış mağazalarında indirimli olarak satılmasıyla zararın önlenmesi sağlanır. Bu sebepten de "çevreye duyarlı lojistik" olarak da adlandırılır. Bu uygulama ile işletmeler imha, taşıma ve depolama gibi maliyetlerden tasarruf etmiş olurlar.

Geri dönen ürünler ve malzemeler yeni ürün üretmek için veya taşıma ekipmanı olarak tekrar kullanılmak için ya direkt olarak yeniden kullanılır ya da temizleme, küçük çaplı tamir gibi az bir yeniden işleme operasyonuna tabi tutulur. Paletler, şişeler ve konteynerler bu tip dönüşlere örnek verilebilir. Geri kazanılan ürün, yeni ürüne nazaran daha düşük kalitede olsa da bu durum genellikle ürün performansını etkilemez. Bunu yeniden kullanım ağı olarak adlandırabiliriz (Erişim Tarihi: 15.11.2016).

Tersine lojistik uygulamalarında depolar önemli rol oynarlar. Geri dönen ürünler, iadeler, bozuk, arızalı, kullanılmış mamullerle ilgili birçok fiziksel uygulama depolarda gerçekleştirilir (Öztürk, 2011).

Tersine lojistiğin sağladığı avantajlar şu şekildedir;

- Perakendeciyi depo alanından kurtarır,
- Envanter kontrolünü sağlar,
- Yeni satış kanallarına (outlet) iş hacmi yaratır,
- Outlet ürüne gereken özeni gösterir,
- Ürüne değer katar,
- Atıl stokları nakde çevirir.

3.2.5.6. Spot Stoklama

Depolar ortaya koyacağı performansıyla satışların artmasını sağlamalıdır. Belli pazarlarda bir deponun hizmet vermesi maliyet demek iken, aynı zamanda kârlılığı ve pazarın büyümesini de sağlayabilir. Depolar; spot stoklama yaparak, dağıtım kanalı boyunca stok yaparak, üretimi destekleyerek ve pazarda ürün mevcudiyeti yaratarak hizmet sağlayabilirler.

Tüketimi sezonluk olan ürünlerde pazara yapılacak dağıtımı desteklemek amacıyla kullanılır. Envanteri yıla yaymak, satışların yükseldiği kritik öneme sahip satış zamanlarını desteklemek amacıyla stratejik stoklama yapılır. Aynı zamanda ölçek ekonomisi yaratmak amacıyla da kullanılabilir. Bazı gıda ürünleri belirli dönemlerde yetiştikleri için birden fazla kez stoklaması gerçekleştirilir. Bu stoklar ürünün piyasaya sunulmasıyla azaltılır (Bowersox ve diğ., 2002).

3.2.5.7. Kanal Boyunca Stoklama

Lojistik süreçler boyunca her aşamada depolama yapılmaktadır. Üreticiler, toptancılar, perakendeciler, müşterilerinin siparişleri hakkında tahminler yaparlar ve bu tahminlere göre ürünleri depolarlar. Toptancı ve perakendeciler farklı üreticilerden gelen ürünleri karıştırarak sınıflandırır. Aynı zamanda da farklı üreticilerin ürünleri için satış mağazası rolü görürler. Kanal boyunca stoklamanın stratejisi, belli bölgelerde bütün yıl boyunca depolama işlemi yapmasıdır. Müşterilerin ilgilenmesi gereken tedarikçi sayısı azaltılarak hizmet seviyesi artırılır.

Spot stoklamadan farkı ise depoların sağladığı zaman faydasının derecesidir. Eğer firmalar, spot stoklama stratejisi güdüyorsa dar bir ürün grubu için sınırlı bir zamanda geçici süre ile depolama yapar. Kanal boyunca stoklamada ise bu depolama süresi daha uzundur (Öztürk, 2011).

3.2.5.8. Üretimi Destekleme

Tedarikçilerden gelen yarı mamul, hammadde, mamuller katı, sıvı, gaz, genişlik, yükseklik, ağırlık, hacim vb. özelliklerine göre depo içerisine yerleştirilir. Üretime girecek farklı özellikteki ürünlerin fabrika içerisinde depolanabileceği gibi yakın bir alan içerisinde de depolanması mümkündür.

Bir ürünün üretilmesi için çok sayıda hammadde, yarı mamul veya mamul kullanıldığını düşünürsek bunlar farklı tedarikçilerden temin edilmektedir. Farklı alt tedarikçilerden gelen ürünlerin toplanması ve tam zamanında üretim ortamına aktarılması işlemine, üretimi destekleme veya diğer adıyla da üretim lojistiği denilmektedir (Öztürk, 2011).

3.2.5.9. Pazar Mevcudiyeti Yaratma

Diğer depolama hizmetleri kadar belirgin olmamasına rağmen, genellikle yöneticiler tarafından bölgesel depoların en önemli avantajlarından birisi olarak görülmektedir. Bunun altında yatan neden, bölgesel depoların, daha uzak depolara göre ürün ihtiyaçlarını daha hızlı bir şekilde karşılamasıdır. Daha hızlı karşılanan ihtiyaçlar bölgesel depoların mevcut pazar payını artırır ve dolayısıyla potansiyel kârlılık da artar (Öztürk, 2011).

3.3. Depo Tasarımı

Depoların en önemli fonksiyonları stoklama ve dağıtım tesisleri olmalarıdır. Bu sebeple de iç yerleşimi ve tasarımının iyi planlanması gerekir. Ürünlere zamanında ulaşamaması veya gereğinden fazla depolanması kayıplara yol açar. Bu nedenle de depo içindeki verimliliği artırmak için depo içi yerleşimin optimize edilmesi gereklidir. Depo içerisindeki araç, gereç, donanım vb. ünitelerin rahat bir şekilde hareket edebilmesi, rekabet edebilirlik için önemli performans belirleyicilerindedir. Hareketin rahat olmasının yanında aslında depolarda çok fazla hareket olmaması gereklidir. Çünkü ürünlerin çok fazla hareketi zaman ve enerji kaybı anlamına gelir. Bazı işletmeler depolarını iki kat veya üzeri olarak tasarlarlar; çünkü alandan kazanç sağlayarak daha fazla ürünü depolayacaklarını düşünürler. Fakat bazen tek katlı depolar dikine malzeme hareketini kolaylaştırır, bunun yanı sıra makinelerin kapasitelerinden kaynaklanan çeşitli olumsuzlukları ortadan kaldırarak zaman ve enerji tasarrufu sağlar.

Bir depolama tesisinin tasarımı, yapımı ve alınması ile ilgili çeşitli parametreler vardır. Öncelikle tesisin kuruluş amacı, gerekli yerleşim düzeni, depolama alanları, planlanan stok yerleri, stok devir hızı, ürün yükleme ve boşaltma sistemlerinin uyumlu olması sağlanmalıdır. Depo içinde malzemelerin minimum şekilde akışını sağlamak için depo içi yerleşim düzeni planlamasının; ürüne veya ürünün özelliklerine, siparişlerin özelliklerine, müşteri ve tedarikçiye, faaliyet derecesine veya ürünün talep edilebilirliğine ve istifleme ve malzeme elden geçirme metotlarına göre olmak üzere beş ayrı tipte yapılmasını öneren yazarlar da bulunmaktadır (Hales, 2006).

3.3.1. Depo Tasarımının Nedenleri ve Amaçları

90'lı yılların başlangıcında müşteri beklentileri farklılaşmış olup günümüzde, fiyatın müşteri tarafından belirlendiği ve dolayısıyla müşterinin kral olduğu bir pazar ortamı söz konusudur. Kralı hoşnut edecek düzeyde kaliteli, uygun fiyatta ve hızlı bir şekilde hizmet sunmak için diğer alanlarda olduğu gibi deponun da stratejik rolü değişmiştir. Arz-talep dengesinde talebin ağır bastığı ve ürün çeşidinin az olduğu dönemde depolar salt ürünleri saklamak amaçlı kullanılırken, ürün çeşidinin ve rakip

sayısının çok fazla olduğu ve buna karşılık çok kolay hoşnut edilemeyen müşteri kitlesini içeren günümüz piyasasında depolar, tedarik zincirine stratejik anlamda değer katan konsolidasyon ve çapraz sevkiyat noktaları olarak işletilmektedir.

Freese, deponun değişen rolünü aşağıdaki gibi ifade etmiştir:

- Depo alanına olan gereksinim artmaktadır.
- Operasyonel maliyetler sürecin çıktılarında daha hızlı bir şekilde artmaktadır.
- İşgücü maliyetleri dikkate değer oranda değişmektedir.
- Depo etkinliklerinin yönetileceği kullanışlı alanlar azalmaktadır.
- Kısıtlar artmaktadır.
- Doğru sevkiyat vb. hizmet doğruluk oranları düşmektedir.
- Sipariş çevrim süresi önemli düzeyde azalmaktadır.
- Dış kaynaklar kullanılmaktadır.
- Kısa süreli onarımlara gereksinim duyulmaktadır.
- Stok kontrolü/yönetimi gibi konular önem arz etmektedir.

Söz edilen bu nedenlerden dolayı, depoların, değişen rolüne uygun şekilde ve gereksinimleri karşılayacak amaçlar doğrultusunda yeniden tasarlanması zorunlu duruma gelmiştir (Freese, 2000).

Depo tasarımının amaçları, kübik kapasite kullanımı, koruma, verimlilik, mekanize sistemler, üretkenlik ve kaynaklar şeklindedir (Bilginer, 2002).

✓ **Kübik Kapasite Kullanımı**

Depo tasarımının ana amacı, deponun kübik kapasitesinin kullanımının en iyilenmesidir. Hızlı hareket eden mallar için rahat ulaşım sağlanmak üzere koridorların geniş olması, yavaş hareket eden mallar için dar koridorlar ve yüksek raf sistemleri kullanılması gereklidir

✓ **Koruma**

Depolama planı çeşitli mal gruplarını birbirinden ayırmalıdır:

- Patlayıcı, yanıcı ve okside olabilecek tehlikeli mallar, diğer mallardan ayrılmalıdır.
- Yüksek değerli ve özellikle ufak boyuttaki malların korunması için de belirli güvenlik sistemlerine sahip ve kolay ulaşılamayan özel bir alan yapılmalıdır (Örnek: Belli bir sıranın en üst rafları ve güvenlik kamerası kullanımı).

- Belirli ısıtma ve soğutma gerektiren ürünler depolama stratejisinde belirtilmelidir.
- Depo çalışanları hafif ve kırılabilir ürünlerin üzerine ağır mallar koymamaları için uyarılmalıdır. Depo yönetim sisteminde de bu durum planlanarak açık alanda hafif malın üstüne daha ağır mal istiflenmesi engellenmelidir.
- Kendi başlarına tehlike olmayan, ancak buharları birbirine karıştığı zaman patlayıcı olabilecek ürünler vardır ki, bunların birbirinden ayrılması gereklidir.

✓ **Verimlilik**

Tasarım verimliliğinin iki boyutu; depo hacminin verimli kullanımı ve depodaki insan gücü ve elleçleme masraflarının enküçüklenmesi için depolama stratejisinin belirlenmesidir. Depoda depolama stratejisi üç parametrenin analizi sonucu belirlenebilir:

- Birinci parametre ürünün etkinlik düzeyidir. Hızlı hareket eden ve az depolanan ürünler, en rahat erişilebilir alanda depolanmalıdır. Bu alanlar, sevk rampalarına en yakın ve en alt raflarda-zemindeki yerleşimlerdir.
- İkinci olarak ürünün boyutu verimi etkiler. Büyük ve çok hacimli mallar elleçleme zamanının en aza indirilebilmesi için sevk alanına en yakın bölgeye konulmalıdır.
- Üçüncü olarak yığın büyüklüğü yüksekse, örneğin 10 paletten büyük bir mal grubu ise, sevk alanına yakın depolanması elleçleme maliyetini azaltacaktır.

✓ **Mekanize Sistemler**

Mekanize sistemler her depo için çözüm olmasa da, standart işlemlerin yapıldığı depolarda verimi önemli ölçüde arttırabilir. Otomasyona karar verip yatırım yapmadan önce tüm riskleri göz önüne alan çok dikkatli bir planlama yapılmalıdır. Bu riskler içinde hızlı teknolojik değişimlerden doğacak eskime payı, pazardaki değişimlerden etkilenecek müşteri kaybı-artışı ve bu büyük yatırımın kendini amorti etme sınırı yer almaktadır. Planlama evresinde ayrıca operasyonel bir analiz de yapılmalıdır. Mekanize sistemler, elleçlenecek ürünler düzgün şekilli ve kolayca elleçlenebilecek standartlıkta olduklarında, sipariş toplama toplam işin yarısı kadarını oluşturduğunda ve ürünlerin elleçlenme hacmi yüksek ve düzgün akışlı olduğunda, diğer bir deyişle iş hacminde ani iniş-çıkışlar yaşanmadığında en iyi sonucu vermektedir.

✓ **Üretkenlik**

Firma deponun yasama geçme aşamasında gerekli kararları aldıktan sonra günlük işlemleri olurlarına bırakmamalıdır. Günlük işler en ince ayrıntısına kadar günlük

operasyonlara karıştırılmadan gözlemlenmelidir. Gözleme yöntemleri değişmekle birlikte firma, üretkenliğini optimize edebilmek amacıyla kendi maliyetleri ve operasyonları için amaç ve standartları belirlemelidir. Şirket üretkenliğini arttırarak kaynak kullanımını, nakit akışını, karını, yatırımlarının getirisini arttırabilir ve müşterilerine daha iyi hizmet sunabilir.

Bir üretkenlik programına geçilmesi için depo operasyonları işlevsel kısımlara ayrılmalıdır. Her kısmın üretkenliği, kullanım oranı ve performansı; işgücünde, ekipmanda ve tesislerde iyileştirmelere odaklanılarak ve belirlenecek standartlarla karşılaştırılarak incelenmelidir.

✓ **Kaynaklar**

Üretkenliğin ölçüleceği kaynaklar; insan gücü, tesisler, ekipman, enerji ve finansal yatırımlardır. Depo kaynaklarının üretkenlik kontrolünde şirketin ölçmesi gereken işlevler; kabul, yerleştirme, depolama, ikmal, sipariş toplama, kontrol, paketleme, markalama, sevk alanına alma, siparişleri birleştirme, sevk, işçilik ve yönetimdir.

3.3.2. Depo Tasarım Problemleri

Depo tasarım süreci stratejik, taktik ve operasyonel düzeyde çeşitli tasarım problemlerine ilişkin verilen kararlar ile işlerlik kazanmaktadır. Bu kararlar depo iş süreçleri, depo kaynakları ve depo organizasyonu perspektiflerine göre değerlendirilmiştir (Rouwenhorst ve diğ., 1999).

3.3.2.1. Stratejik Düzey

Stratejik düzeyde uzun süreli bir etkiye sahip olan kararlar göz önüne alınmaktadır. Bu düzeydeki çoğu kararlar büyük yatırımları içermektedir. İki grup söz konusudur: Süreç akışına ilişkin kararlar ve depolama sistemlerinin seçimine ilişkin kararlar (Rouwenhorst ve diğ., 1999):

- İlk problem teknik kapasiteleri içermektedir. Depolama birimi, depolama sistemi ve ekipman ürünlere, siparişlere uygun olmalı ve birbirleriyle çatışmamalıdır. Bu problem süreç akışı ve depolama sistemleri tiplerinin seçiminin her ikisiyle de ilgilidir. Bu problemin girdisi, ürün ve sipariş özellikleridir. Problem çıktısı, hangi sistem bileşenlerinin, teknik olarak ürün taşıma yeteneğine sahip olduğunu ve performans kısıtlarını sağlayacağını belirlemektedir.
- İkinci depo tasarımı problemi ise, ekonomik açıdan süreç akış tasarımı ve depo sistemlerinin seçimi üzerine odaklanmıştır. Yatırım maliyetini ve operasyonel maliyetleri enküçükmek amacıyla bir önceki kısımda belirlenen sistem bileşimlerinin arasında bir optimizasyon sağlamaktadır.

3.3.2.2. Taktik Düzey

Taktik düzeydeki tasarım orta vadeli kararları içermektedir. Stratejik kararların sonuçlarından yola çıkılarak verilen kararlardır ve stratejik kararlardan daha az bir etkiye sahiptirler.

Taktik kararlar genel olarak kaynakların boyutu (depolama sistemlerinin büyüklüğü ve çalışan sayısı), yerleşim planının belirlenmesi ve organizasyonel sorunlar ile ilgilidir. Taktik düzeydeki problem kümeleri şunları içermektedir (Rouwenhorst ve diğ., 1999):

- Toplama alanlarının ve ABC alanlarının boyutu, ikmal politikalarının belirlenmesi, yığın büyüklükleri, genel depolama kavramı (rastgele, atanmış, sınıf bazlı) ile ilgili organizasyonel problemler,
- Toplama ve stoklama yerleşimlerini içeren depolama sistemlerinin boyutlarının belirlenmesi,
- Mal kabul ve yükleme alanlarının belirlenmesi,
- Malzeme taşıma ekipmanı sayısının belirlenmesi,
- Tüm sistemin yerleşiminin kurulması,
- Personel sayısının belirlenmesi.

3.3.2.3. Operasyonel Düzey

Operasyonel düzeyde süreçler, stratejik ve taktik kararlar ile oluşturulan kısıtlar dahilinde daha yüksek düzeylerde gerçekleştirilmek durumundadır. Çünkü farklı süreçler arasındaki ara yüzler, stratejik ve taktik düzeydeki problemlerin içerisinde ele alınmaktadır. Bu demektir ki, operasyonel düzey politikaları daha az etkileşim halindedir. Bu nedenle birbirinden bağımsız bir şekilde analiz edilebilirler. Bu düzeydeki temel kararlar, insanların ve ekipmanın atanması ve kontrolü ile ilgilidir. Operasyonel düzeydeki depolama sürecine ilişkin kararlar şunlardır (Rouwenhorst ve diğ., 1999):

- Personele ikmal görevlerinin atanması,
- Gelen ürünlerin taktik düzeyde belirlenen genel depolama politikasına göre boş depolama yerleşimlerine koyulması,
- Bu düzey sipariş toplama sürecine ilişkin kararlar,
- Taktik düzeyde belirlenen yığın büyüklükleri ile satırda yığın düzenleme veya sipariş sıralılığın korunması,
- Sipariş toplayıcılarına toplama ile ilgili görevlerin atanması,
- Her sipariş başına toplamaların sıralılığının korunması,
- Boş sipariş toplama ekipmanının ikame noktasının seçimi,
- Ürünlerin sınıflandırma şeritlerine atanması,

- Son olarak, yükleme alanından ayrılan ve mal kabul alanına yanaşan kamyonların atanması da bir kontrol kararıdır.

3.3.3. Depo Tasarım Süreci

Düşük fiyatta kaliteli ve hızlı bir hizmet almak isteyen müşteri kitlesinin beklentilerine yanıt verebilmek için maliyetleri etkin kılacak ve süreci hızlandıracak bir yapının tasarlanması gerekmektedir. Depolama, lojistik etkinlikler içerisinde maliyet açısından en önemli ikinci kalemi oluşturmaktadır. Dolayısıyla depolar, pazar tarafından zorunlu kılınan böyle bir yapıya bürünmek durumundadır. Bu açıdan depo tasarımı ve buna ilişkin uygulanacak süreç adımları önem arz etmektedir.

Baker ve Canessa'nın da ifade ettikleri gibi, literatüre bakıldığında, genellikle depo tasarımının belli başlı konuları (sipariş toplama politikaları, yerleşim düzeni, personel planlaması, ekipman planlaması vb.) parça parça irdelenmiş olup, depo tasarım sürecinin sistemsel akışına yönelik az sayıda çalışma bulunmaktadır (Baker ve Canessa, 2009).

De Koster ve arkadaşları ile Petersen ve arkadaşları, sipariş toplama sürecinin tasarımı ve bu sürecin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar ortaya koyarlarken, Petersen II sipariş toplama sürecindeki rotalama ve depolama sürecindeki yerleştirme politikalarından söz etmiştir (De Koster ve diğ., 2007). Önüt ve arkadaşları da, sipariş toplama ve yerleştirme gibi kısıtları dikkate alarak depo yerleşim planının optimizasyonu ile ilgili bir algoritma sunmuşlardır (Önüt ve diğ., 2007). Gu ve arkadaşları ise, depo tasarımı ve depo operasyonları ile ilgili problemleri irdeleyerek, bu problemler bazında çeşitli karar destek modelleri ve çözüm algoritmalarına yer vermişlerdir (Gu ve diğ., 2007).

Salvendy çalışmasında, depo yönetiminde stratejik, taktik ve operasyonel etmenler irdelenerek depo tasarımı konuları şu başlıklar altında ele alınmıştır (Salvendy, 2000);

- Depo operasyonunda stratejik ve taktik etmenler; operasyonel planlama, depo alanının planlanması, depolama yerleşimlerine ürünlerin atanması, toplama ve stok alanlarının tahsis edilmesi, bölgelere ayırma, yığınlama ve toplama politikalarının planlanması.
- Veri tabanı ile ilgili konular, ürünler ve siparişler, akış kontrolü, bina, ekipman ve personel, işletim kuralları, veri yedekleme.
- Depo operasyonunda günlük operasyonel etmenler; mal kabul operasyonları, depolama ve stok kontrol, sipariş işleme, sipariş toplama, sipariş konsolidasyonu ve diğer etmenler.

İyi bir depo tasarımına ilişkin genel yaklaşım üzerinde ağırlıklı olarak veri toplamanın, iş süreçlerinin anlaşılmasının ve düşüncelerin geliştirilmesinin etkili olduğu Şekil 3.3'teki modelde belirtilmiştir (Freese, 2000).



Şekil 3.3. Depo Tasarımında Genel Yaklaşım (Freese, 2000)

Baker ve Canessa (2009), Çalışmalarında, genel depo tasarımına ilişkin birçok kitap ve makale irdelenmiş olup tasarımın adımları ile ilgili değişik süreçlere tanık olunmuştur. Literatürde yer alan süreç adımlarını doğrulamak için, depo tasarım şirketlerinin depoları tasarımlarken nasıl bir yol izlediklerine ve her adımda hangi araçları kullandığına ilişkin bir araştırma da yapmışlardır. Uygulamada izlenen adımların, literatürde öne sürülen yaklaşımların birçoğu ile aynı olduğu bulgusunu elde etmişlerdir. Baker ve Canessa, literatürdeki ve pratikteki araştırmalarının sentezinde, depo tasarımına ilişkin aşağıdaki süreç akısını sunmuşlardır.

- Sistem gereksinimlerini tanımla,
- Veriyi tanımla ve topla,
- Veriyi analiz et,
- Kullanılacak birim hacimleri sapt,
- İşletim yordamlarını ve yöntemlerini tanımla,
- Ekipman tip ve karakteristikleri üzerinde düşün,
- Ekipman kapasitelerini ve sayısını hesapla,
- İşi ve yardımcı operasyonları tanımla,
- Olası yerleşim planlarını hazırla,
- Ölç ve değerlendir,

- Yeğlenen tasarımı belirle.

✓ **Yeni Süreç Tasarımı**

Yeni süreç tasarımı, gereksinimlerin belirlendiği, diğer bir deyişle Depo Ana Planı'nın (DAP) oluşturulduğu bir aşamadır. DAP'ın oluşturulması, depo alan gereksiniminin, malzeme akış ve stoklama şekillerinin belirlenmesini, operasyonel gereksinimlerin (işgücü, ofis alanı, yangın alarm sistemi vb.) saptanmasını, malzeme yönetim sistemlerinin oluşturulmasını içeren, sürecin önemli bir ögesidir. DAP, var olan operasyonların analiz edilmesi, orta ve uzun vadeli gereksinimlerin saptanması ve var olan operasyonel sorunların tanımlanması ile başlamakta ve seçenek depo planları değerlendirilmektedir. Gerektiğinde süreç tasarımı etkileyen, gerektiğinde değişikliklere uğrayabilen esnek bir yapıya sahip olmalıdır. Sistematik olarak izlenen yedi aşamadan oluşmaktadır (Başkak, 2002):

- Var olan sürecin incelenmesi,
- Veri toplama,
- Temel oluşturma,
- Gelecek yıl ölçütlerinin tanımları,
- Beyin fırtınası,
- Seçeneklerin karşılaştırılması,
- Yeni süreç seçimi.

Var olan sürecin incelenmesi; firma organizasyon yapısı, sipariş çevrim süreci, genel yerleşim, insan kaynakları, bilgi-işlem sistemi, donanım, iş süreçleri, performans ölçütleri, depo yönetim performansı, sipariş profili analizleri ile gerçekleştirilmektedir. Yapılan saha ve masa başı çalışmaları ile elde edilen bilgilerin sonucunda proje temel oluşturma aşaması başlamaktadır. Gelecek yılların ölçütlerinin tanımlanması, beyin fırtınası ve oluşan seçeneklerin karşılaştırılması sonucunda yeni süreç seçimi tamamlanmaktadır (Başkak, 2002).

✓ **Ayrıntılı Tasarım**

Ayrıntılı tasarım, oluşturulan yeni sürecin ışığında depo içinde kullanılacak depolama, sipariş toplama ve sevkiyat ekipmanlarının seçimini (donanım seçimi) ve depo operasyonlarının yönetimini sağlayacak Depo Yönetim Sisteminin (yazılım tasarımı) oluşturulmasını içermektedir. Kullanılacak ekipman tipinin bugünün gereksinimlerine yanıt vermesi gerektiği gibi, gelecekteki büyüme planlarına da uyabilmesi ve öngörülmeven gereksinimlere de yanıt verecek şekilde esnek seçilmesi gerekmektedir (Başkak, 2002).

Donanım seçiminde dikkat edilmesi gereken tasarım ayrıntıları şunlardır;

- Taşıyıcı eleman
- Raf
- Forklift
- Malzeme taşıma sistemleri
- Zemin
- Klimalandırma
- Işıklandırma
- Rampa ve Kapı
- Yangın uyarı ve söndürme sistemleri

Yazılım konusunda dikkat edilmesi gereken noktalar ise şunlardır;

- Ana host ile iletişim
- WMS süreç tasarımı
- Auto/ID/Barcod sistemleri
- RF sistemleri
- Haberleşme sistemleri
- Performans takibi
- Raporlama

Literatürdeki tüm bu yaklaşımlarda ana başlıklara bakıldığında, sürecin akışı farklı gibi görünse de ayrıntıda benzer süreç adımları ve benzer bir akış söz konusudur. Farklı uygulamalarda farklı süreçler söz konusu olabilmektedir. Yeni bir deponun kurulumunda süreçte bina inşası yer alırken, operasyonun yürütülmekte olduğu var olan depoda iyileştirme yapılması veya bir depo operasyonunun binası hazır bir depoya (örneğin bir 3PL dağıtım merkezi) taşınması durumunda, bina inşası dışındaki süreç adımları uygulamaya alınacak ve var olan bir depo binası üzerinde tasarım yapıldığından daha fazla kısıt olacaktır (Hopbağlı, 2009).

3.3.4. Veri Analizi

Depolarda ayrıntılı tasarımın etkin şekilde gerçekleştirilebilmesi için belirli bilgilere ve bu bilgilerin analizine gereksinim duyulmaktadır. Bilgiler, depo tasarımında irdelenmesi gereken konuları; ürün özellikleri, stok profili, hareket analizi, sipariş özellikleri, kabul ve sevk özellikleri, iade analizi, bilgi ve evrak akışı şeklinde sıralamıştır.

Ürün özellikleri: Ürün özellikleri, ürünün şekli ve boyutu hakkındaki özellikleridir. Bu özellikler ürünün depolama yöntemi ve yerini belirlemektedir. Örneğin, üst üste dizilme olanağı olan sağlam ve orijinal paletler üst üste açık alanda yığılarak,

bunların da üstüne hafif paletler yerleştirilebilir. Ters durumlarda üst üste dizilmemesi gerektiği bilinen ürünlerin forklift operatörünce üst üste dizilmesi engellenebilir. Çelik borular ve tüpler gibi uzun mallar belirli bir bölgede veya konsol kollu raflarda depolanabilir. Ufak mallar ara raflarla elde edilebilecek ufak adreslerde veya mezanin (asma kat) üst yapılarda saklanabilir. Ürün özellikleri ve yapılacak işleme göre kullanılacak ekipman da değişmektedir. Örneğin; 500 kg olan bir palet taban düzeyinden taban düzeyine taşınacaksa elektrikli transpalet veya normal transpalet bu iş için yeterli olacaktır. Yüksek raflarda kullanılan forkliftlerin bu iş için zaman kaybetmesine gerek yoktur. Sonuç olarak tüm ürünlerin SKU bazında sınıflandırılması ve onlara özgü depolama ve elleçleme stratejileri belirlenmesi analitik depo performans artırımında ilk adımdır.

Stok profili: İkinci adımda her ürün grubu için stok profili hazırlanmaktadır. Bu profil her grup için ortalama stok miktarını, en az-en çok stok miktarını ve standart sapmasını içermektedir. Bu stok miktarı ayrıca parti adetine göre de gruplandırılmaktadır. Burada parti adeti ürünlerin her elleçlenişindeki palet/koli sayısını ifade etmektedir. Örneğin; tek paletten ibaret mallar için raflarda depolama uygun iken, 20 paletlik bir parti için açık alan veya içine girilebilir raf daha uygun olmaktadır. Stok karakterlerinin bilinmesi sayesinde 3PL depolarının ana üstünlüklerinden biri olan mevsimsel stok miktarı değişimlerinden yararlanılma olanağı doğmaktadır. Örneğin; bir ürün grubunun Aralık ayında stok miktarı artıp, yaz aylarında azalıyorsa ve başka bir ürün grubu yaz aylarında artıyorsa, şirket depolama stratejisi belirlenirken bu bilgi kullanılabilir.

Hareket analizi: Depolarda 80/20 hareket hızı kuralı genellikle görülmektedir. Depodaki malların %20'si toplam hareketin %80'ini gerçekleştirmektedir. Her ürün grubu hızlı, orta, yavaş hareket eden mallar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sayede ürünün nerede depolanması gerektiği ve sipariş toplama yerinin belirlenmesi sağlanmaktadır.

Sipariş özellikleri: Sipariş toplama, kontrol etme, paketleme depoda en çok insan gücünün kullanıldığı ve en çok zaman alan işlemlerdir. Siparişler çeşitli parametrelere göre farklılıklar göstermekte ve bunların analiziyle hangi stratejiyle bu işlemlerin yürütüleceği ortaya çıkmaktadır. Dalga halinde toplama, itfaiye taktiği, tek tek toplama gibi farklı toplama stratejileri çıkış emri özelliğine göre kullanılabilir.

Kabul ve sevk özellikleri: Bu özelliklerin analizi ile giriş çıkış kapısı sayısı ve gerekli alan hesaplanabilir. Bu özellikler gelen-giden araç sayısı ve özellikleri, sevk sayısı, ürün kombinasyon özellikleri, palet, koli sayısı ve evrak özelliklerini içermektedir.

İade analizi: İade nedenlerinin incelenmesi yanlış gönderme, hasar, gecikmeli sevkiyatlar vs. sorunları ortadan kaldıracı hareketlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Bilgi ve evrak akışı: Hiç bir işlem, insanlar arası bilgi akışı olmadan verimli bir şekilde işleyemez. Evrak akışı incelenerek gereksiz tüm yazılı evrak akışı engellenmelidir ve belirli evrakların birleştirilmesi sağlanmalıdır. Günümüz koşullarında yazılı evrakların olabildiğince ortadan kaldırılması gerekmektedir. Özellikle kontrol listesi benzeri uygulamalar gerçek yaşamda işleri aksattığından, haftadan haftaya veya denetleme öncesinde bos durmasını diye doldurulan formlar haline gelmişlerdir. On yıl öncesinin seçeneği olmayan yazılı dokümanları ve kontrol listeleri günümüzde elenmesi gereken iş yavaşlatıcı sorunlar sınıfına girmiştir. Bilgi akışının ve hata kontrol mekanizmalarının elektronik ortamda planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bunun için de depo yönetim sistemleri gerekli yönlendirmeyi sağlamalıdır. Malın hasarlı olduğu bilgisi girildiğinde nedeni yazılmadan bir sonraki işleme geçilememesi gibi sınırlamalar getirilerek yazılımlar çalışanları yönlendirmelidir (Bilginer, 2002).

3.3.5. Süreçlere İlişkin Kavramsal Tasarım

Süreçlerin kavramsal tasarımı; tasarımı yapılacak depoda gerçekleştirilecek operasyonun hangi süreçleri içerdiği, süreçlerin işleyişinde uygulanacak politikalar, bu süreçlerin kendi içinde ve diğer süreçler ile birlikte nasıl bir akış izlediği, bu akışın depo yerleşimi üzerinde konumlandırılması ve süreçlerin performansının izlenmesine ilişkin tanımlamaların yapılmasını gerektiren tasarım aşamasıdır (Hopbaoglu, 2009).

3.3.5.1. Yerleştirme Politikaları

Günümüzde depo süreçlerinin işletmelerin içerisinde çok önemli ve çeşitli görevleri bulunmaktadır. Bu görevler esasen depoların lojistik süreç içerisinde sağladığı ekonomik ve süreç performansı anlamındadır. Bu süreçlerin iyi yönetilmesi durumunda özellikle büyük ölçekli firmalarda maliyet açısından büyük fayda sağladığı bunun yanı sıra müşteri memnuniyet düzeyinde de kendilerine büyük avantaj sağladığı görülmektedir. Süreçlere ilişkin kavramlar bu bölümde detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

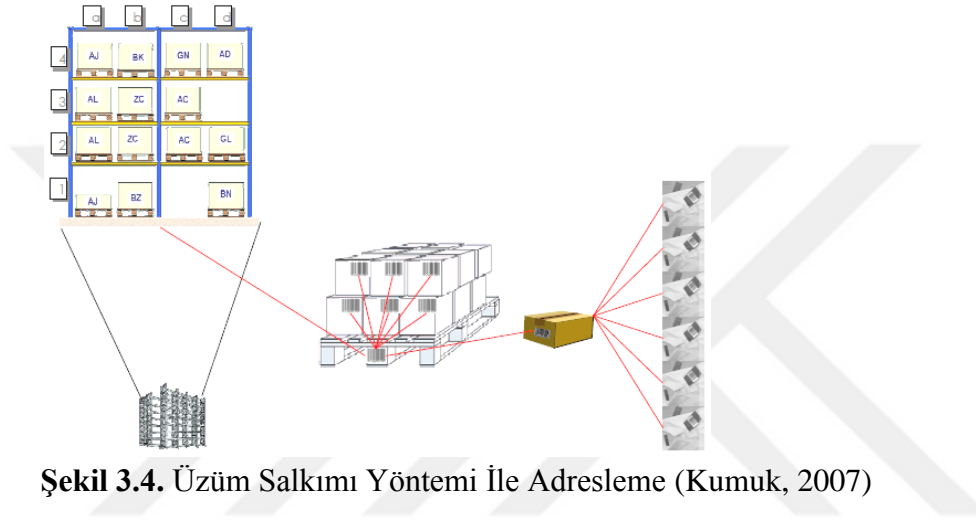
✓ Adresleme

Büyük depolarda, personelin, her şeyin nerede olduğunu bilmesi beklenemez. Bu nedenle bir yerleştirme düzeni formunun uygulamaya konulması gereklidir. Temel olarak bu sistem, hangi malzemenin nerede olduğunu göstermelidir ama bunun sistematik olarak yapılması gerekmektedir (Başkak, 2004):

- Depo alanı bölümlere ayrılmalı, her birine harf veya numara verilmelidir.
- Depodaki her rafın başında bir harf veya numara olmalıdır.
- Her kısımdaki raflar veya yığınların benzer şekilde adlandırılması gereklidir.

- Her bir aralığın veya koridorun bir adı olmalıdır.

Adreslendirme bir deponun iç dinamiği için en önemli öğelerden birisidir. Doğru, optimize edilmiş ve algoritmik bir adreslendirme stratejisi ile yığın miktarlardan en küçük birim ürüne kadar tüm stoğa doğru ve hızlı bir şekilde ulaşmak, daha önceden tanımlanmış toplama stratejilerine göre optimum verimlilikte ürün toplamak olanaklı olabilir. Üzüm salkımı yöntemi, günümüzde en sık kullanılan adreslendirme yöntemidir. Bu yöntem, en küçük birim ürünün bir boy büyük ambalaj ile elektronik olarak ilişkilendirilip, bu ilişkinin tanımlanabilen en büyük ambalaj veya mekan ile ilişkilendirilmesine kadar gitmektedir (Kumuk, 2005). Şekil 3.4'te bu yöntem görsel olarak ifade edilmektedir.



Şekil 3.4. Üzüm Salkımı Yöntemi İle Adresleme (Kumuk, 2007)

Depo yönetim sistemi ile yerleşimler ve ürünlerin bulunduğu adresler kayıt altına alınarak ürünlerin takibinde ve operasyon sırasında bulunabilirliklerinde kolaylık sağlamak olanaklı olmaktadır (Hopbağolu, 2009).

✓ Sabit Yerleştirme Sistemleri

Sabit yerleştirme sistemi, geleneksel bir kabul olan "her mal için bir yer ve her mal yerli yerine" düşüncesini içermektedir. Her malın depolanma yeri statiktir. Bu yaklaşıma en iyi örnek; kütüphanedeki kitapların sıralanmasıdır. Depo personelinin malzemenin yerini kolay ve hızlı bir şekilde öğrendiği bu sistemin kullanımında bazı sorunlar ile karşılaşılabilir (İmrak ve Gerdemeli, 2006):

- Yeni gelebilecek bir malzeme için, bölümlerde fazladan yerin bulunması gerekmektedir. Ayrıca her şeyin yerli yerinde olabilmesi ve yeniden yerleştirme işlemlerinden kaçınılabilmesi için, her zaman boş bir depolama kapasitesine gereksinim vardır.
- Değişik özellikleri olan malzemelerin depolanma ya da elde tutulabilme özelliklerini göz önüne almamakta ve depolanması zor olan malzeme düzenin dışında tutulmaktadır.

- Çok kullanılan malzemeler, personele ve gereksinime yanıt verme kolaylığı bakımından çıkışa yakın konuluyorsa; bu, depolama sistemi düzeninin bozulmasına neden olabilir.

Eğer büyük malzemeler stoklanacaksa ikiye bölünme daha uygun görülmektedir (ana parçalar ve aksesuarlar olarak). Stoğun büyük bir bölümü, özellikle aksesuarlar, aksesuar bölümünde tutulur. Bu tür düzenleme, malzemeyi taşıma ve bulma süresinin kısaltılmasının yanı sıra daha hızlı hizmet verme olanağını sağlamaktadır (Başkak, 2004).

✓ **Rastgele Yerleştirme Sistemleri**

Stokların devir hızı yüksek, stoklama yeri küçük ve pahalı ise rastgele yerleştirme düzeni uygun olacaktır. Bu tür sistemler, sistematik ve çok yüksek düzeyde organize olmuş bir stok yerleştirme düzenine sahiptir (İmrak ve Gerdemeli, 2006).

Kullanılmakta olan birkaç çeşit rastgele yerleştirme düzeni vardır. Büyük çoğunluk, kullanılan yaklaşımın gerektirdiği ölçüde kayıt tutma ve yerleştirme işlemi için bilgisayara bağımlıdır. Sistemlerin çoğunda standart aralıklı raf bölümleri vardır. Bu bölümler, paletli araçların, treylerlerin veya diğer taşıyıcıların geçmesi için yapılmıştır. Bölümlere, koridorlara, aralıklara ve özel bölmelere normal şekilde numaralandırma yapılır. Depolanacak bir malzeme geldiğinde; bu malzeme, ilk uygun yere yerleştirilerek bilgisayara kaydedilir. Bir malzeme gönderimi olacağı zaman; bilgisayar aracılığıyla personele, nerede olduğu bildirilir (Başkak, 2004).

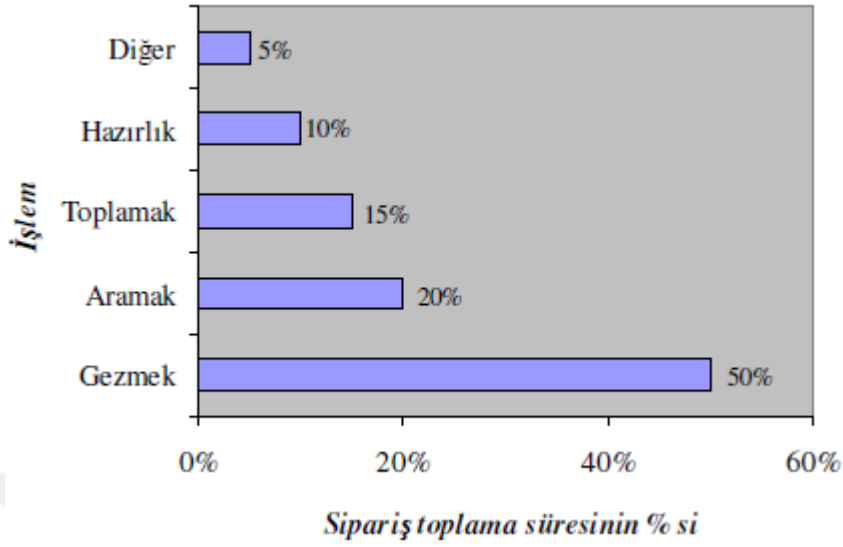
Koşullar uygunsa bu sistem depolama bölgesinin en yüksek kullanımını sağlamaktadır. Burada sınırlayıcı konu; depolanacak malzemelerin boyut, şekil ve ağırlık olarak birbirlerinden çok farklı olabilmesidir. Sistemin sakıncası ise gönderimi yapılacak malzemenin bilgisayarca kaydının anında yapılması gereğidir (İmrak ve Gerdemeli, 2006).

✓ **Pareto Destekli Yerleşim**

Depo süreçleri içerisinde en çok zaman alan etkinlik sipariş toplama değildir. Sipariş toplama işlemi, yerleştirme etkinliğinden doğrudan etkilenmektedir. Depo süreçlerinde planlama yaparken tüm etkinlikler bir bütün olarak düşünülerek eniyileme yoluna gidilmelidir. Etkin bir sipariş toplama için yerleştirmenin buna göre tasarlanması gerekmektedir.

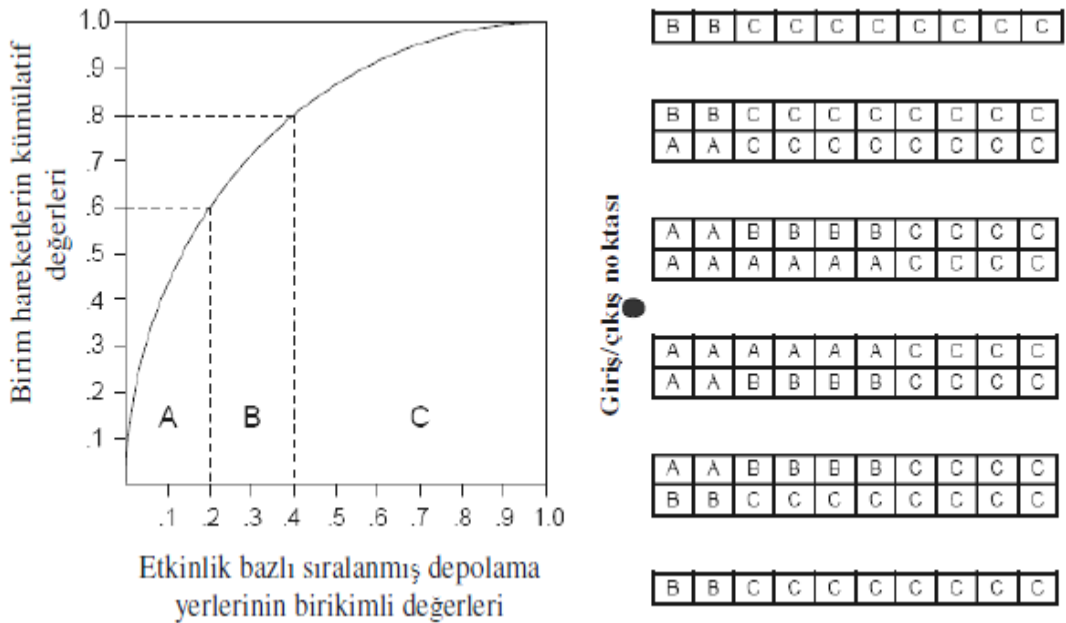
Şekil 3.5'te görüldüğü gibi bir sipariş toplama sırasında, zaman açısından en çok payı alan işlem depo içerisindeki gezinmedir. Depo içerisinde kat edilen mesafenin azaltılması ile sipariş toplama süresi kısaltılacaktır. Bu açıdan, malzemelerin akış

yoğunluklarına göre yerleştirilmesi ile sipariş toplama süreci hızlandırılabilir (Tompkins ve diğ., 1996).



Şekil 3.5. Sipariş Toplama Süresinin Genel Dağılımı (Tompkins ve diğ., 1996)

Ürün çeşitleri pareto analizi yapılarak hızlı (A), orta (B) ve yavaş (C) hareket gören şekilde sınıflara ayrılmaktadır. Çok hareket gören malzemeler çıkış kapısına yakın konularak Şekil 3.6'da görüldüğü gibi bir yerleşim düzeni oluşturulmaktadır (De Koster, 2007).



Şekil 3.6. Ürün Gruplarının Depolama Yerlerine Atanması (De Koster, 2007)

3.3.5.2. Sipariş Toplama Politikaları

Sipariş toplama, en çok önem arz eden ve öncelikli olarak iyileştirilmesi gereken depo iş sürecidir. Çünkü depo maliyetlerinin büyük çoğunluğunu oluşturan etkinlik sipariş toplamadır. Günümüzün değişen pazar koşulları da sipariş toplamının önemini bir kat daha arttırmaktadır. Müşteriye hızlı geri dönüş yapılarak, taleplerinin zamanında karşılanması zorunluluğu ve müşterinin daha küçük miktarlarda çok çeşitli ürün talep etmesi ile bu sürece ilişkin iyi bir tasarımın yapılması gerekliliği doğmaktadır. Sipariş toplama sırasında depo içi hareketlerin en aza indirgenerek hızlı ve hasarsız bir şekilde ve doğru miktarda doğru ürünün toplanmasını sağlayacak bir sistem kurulmalıdır (Tompkins ve diğ., 1996). İşgücünü arttırmadan ve otomatik ekipmanlara anlamlı düzeyde yatırımlar yaparak sipariş toplama sürecinin verimliliğini arttırmanın çeşitli yöntemleri bulunmaktadır (Frazelle, 2002).

✓ Dağıtım Paketlerinin Eniyilenmesi

Müşterilerin, tam palet ve/veya yarım palet miktarlarında sipariş vermeleri teşvik edilerek, hem müşteri siparişinin karşılandığı depoda hem de müşterinin deposunda, kolilerin sayılması ve manuel olarak elleçlenmesi işlemlerinin büyük ölçüde önüne geçilebilir. Benzer şekilde, tam palet sipariş vermeleri de desteklenerek, çok fazla miktarda ek paketleme işlemlerinin yapılmasından kaçınılabılır. Tedarikçiler tarafından müşterilerin en uygun kutu miktarları tanımlanmalıdır. Bu kutular ne kadar büyük olursa elleçleme o kadar azalır. Bunun için de toplama maliyetleri ile elde bulundurma maliyetleri arasında denge sağlayacak bir analiz yapılabilir. Bu şekilde, sipariş toplama sırasındaki elleçleme işlemlerini azaltmak olanaklıdır (Frazelle, 2002).

✓ Stoklama Alanından Toplama

Sipariş toplayan bir depo personeli, en çok sipariş toplama sırasında gezinerek yaptığı depo içi hareketlerde ve siparişi olan ürünü ararken zaman harcamaktadır. Tam paletin altında sipariş geldiğinde, stoklama alanından toplama yapmak süreci verimsiz kılmaktadır. Müşteri talebinin palet, koli ve adet şeklinde geldiği süreçlerde tam palet toplama yapılan stok alanı, koli toplama (kırık palet) ve adet toplama (kırık koli) alanları oluşturularak sipariş toplama verimliliği arttırılabilir.

Tam palet stok alanından koli toplama alanına ve koli toplama alanından da adet toplama alanına ikmal yapılarak bir döngü oluşturulabilir. Ancak burada da toplama alanları için alan kaybı ve ikmal hareketinden doğan maliyetler söz konusudur. İş hacminin yüksek olduğu büyük çaptaki işletmeler için bu maliyetlere uzun süre katlanmak çok anlamlı olmayabilir. Bu durumda, stoklama alanını depo personelinin bulunduğu iş istasyonlarına getiren otomatik bir sistem ve otomatik olarak ayırıştırma

yapan konveyörleri içeren bir yapıya, ileriye dönük yatırım yapılarak uzun süreli yarar sağlamak daha etkin bir tasarım seçeneği olabilir.

✓ **Toplama Görevini Kolaylaştırma**

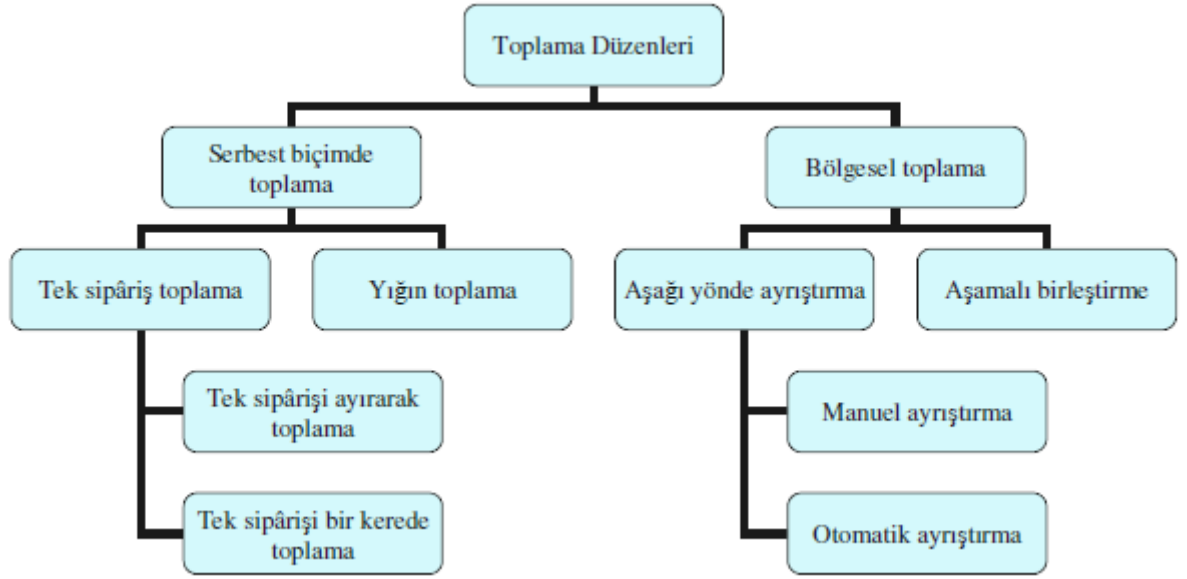
Olabilecek durumlarda sipariş toplama sürecinin alt adımları birleştirilerek bu adımlardaki kayıplar elimine edilebilir. Tablo 3.1'de bu adımlar ve kayıpları elimine etme yöntemleri bulunmaktadır.

Tablo 3.1. Sipariş Toplama İş Adımları ve Elimine Etme Yolları

İş Adımı	Elimine Etme Yöntemi
Gezme	Toplama yerleşimlerini toplama yapan personele getirme
Dokümantasyon	Bilgi akışının otomatikleştirilmesi
Erişim	Malzemeleri orta kısımda bulundurmak
Ayrıştırma	Bir siparişe bir personel ve bir tura bir sipariş atamak
Arama	Toplama yerleşimlerini personele getirme
	Personeli toplama yerleşimine götürme
	Toplama yerleşimlerini ışıklandırma
Yerinden çıkarma	Otomatik dağıtım
Sayma	Tartarak sayma
	Dağıtım aşamalarında ön paketleme yapma

✓ **Sipariş Yığınlama**

Siparişleri kümeleyerek, toplama yapılıp depo içi hareketleri azaltmak mümkündür. Toplama yapan bir depo personelinin, bir turda topladığı sipariş sayısı arttırılarak gezme süresi azaltılabilir. Tek satır siparişleri, yığın haline getirilerek siparişler gruplandırılabilir ve depoda küçük bölgeler oluşturularak tek sipariş satırlarında yığınlama yapılabilir (Tompkins ve diğ., 1996). Şekil 3.7'de sipariş toplama stratejileri görülmektedir (Frazelle, 2002).



Şekil 3.7. Sipariş Yığınlama Karar Ağacı (Frazelle, 2002)

Serbest biçimde toplama yapılan düzende, yerleşimlerde herhangi bir gruplanma söz konusu değildir. Tek sipariş toplamada, siparişi toplayan depo personeli belirli bir zaman aralığında bir siparişin toplamasını yapmaktadır. Siparişin satırları az sayıda ise bu düzende yapılan toplama ile satır başına daha fazla mesafe kat edilmektedir. Bu toplama düzeninin, satır sayısı fazla olan siparişler için kullanılması daha uygundur. Bu seçenekte bir sipariş tek bir personel tarafından ya da alt siparişlere ayrılarak birden fazla personel tarafından toplanabilmektedir. Yığın toplama ise, aralarında kümeleme gibi bir ayırım olmayan yerleşimlerden birden fazla siparişin aynı rota içerisinde toplanmasıdır (Hopbağlı, 2009).

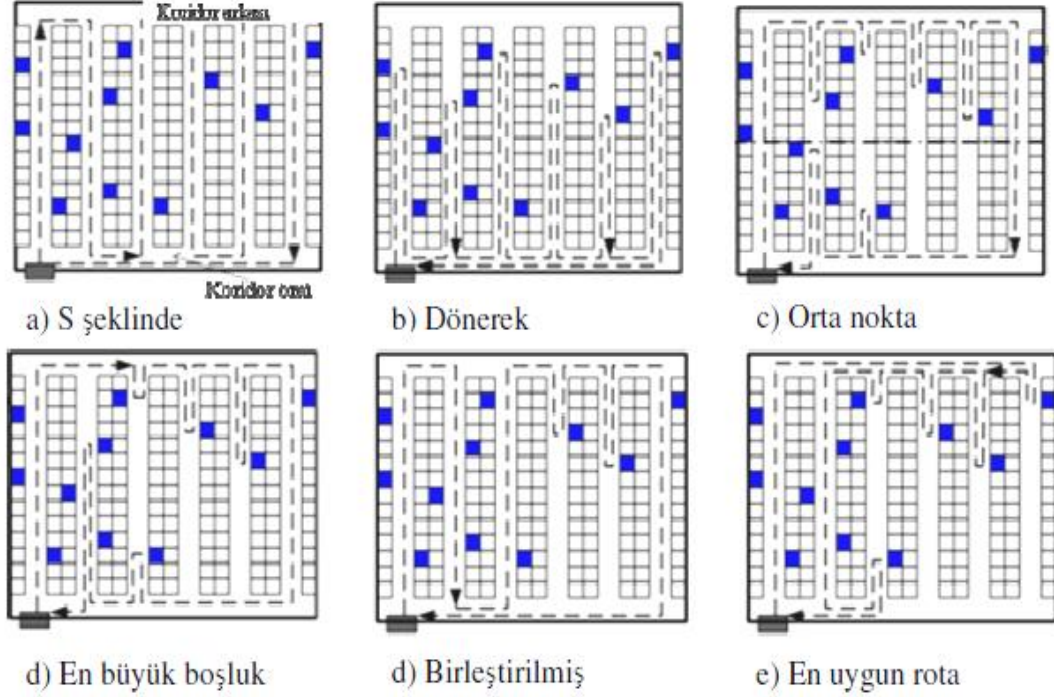
✓ Yerleşirmenin Eniyilenmesi

Sipariş toplamanın verimli bir şekilde yapılması, yerleştirme politikaları başlığı altında da ifade edildiği gibi, depoya gelen ürünün ne şekilde bir yerleşim düzeni içerisinde depolandığına bağlıdır. Sipariş toplamanın etkinliğine bağlı olarak yerleşim düzenlerinde izlenecek yaklaşımlar şu şekildedir (Tompkins ve diğ., 1996);

- Toplama ve stoklama alanlarının ayrı ayrı oluşturulması,
- En çok sipariş edilen ürünlerin depoda en kolay erişilebilecek yerleşimlere konulması,
- Darboğazları azaltmak amacıyla toplama yerleşimleri ve toplama etkinliği arasında denge sağlanması,
- Birlikte sipariş gören malzemelerin aynı veya yakın yerleşimlere konulması.

✓ Toplama Yerleşimlerinin Sıralanması

Toplama yerleşimleri, belirli bir kurala göre sıralanarak ve rota çizilerek toplama yapılacak yerleşimler arası dolaşma süresi en aza indirgenebilir. Şekil 3.8'de sipariş toplama sırasında izlenebilecek çeşitli rotalar görülmektedir (De Koster, 2007).



Şekil 3.8. Sırt Sırta Raf Sisteminde Rota Örnekleri (De Koster, 2007)

3.3.5.3. Yerleşim Planı Üzerindeki İş Akışı

Depo tasarımında, süreçlerin işleyişine ilişkin tanımlamalar yapıldıktan sonra, ayrıntılı tasarıma geçmeden önce, depo yerleşimi üzerinde malzeme akışının nasıl olacağı tasarlanmalıdır. Depo içi hareketleri en aza indirgeyecek ve depo alanının kullanımını arttıracak bir akıl planlanmalıdır.

Malzemelerin ters yönde taşınmasından kaçınılmalıdır. Bu nedenle endüstriyel bir depoda uygulanacak en ideal düzenleme, düz çizgi akışıdır. Depolanacak malzemenin, girişte oluşturulan bir kabul merkezinden girip, içeride depolanmasından sonra diğer yandaki çıkış noktasına ulaşmasıdır. Bu düzende, dağıtım bölümü binanın diğer ucunda yer almaktadır. Malzeme akışı tek yöndedir ve olabildiğince köşeli hareketlerden kaçınılmaktadır (Başkak, 2004). İdeal depo tasarımı, dikey ürün hareketi gerekliliğini elimine eden tek-katlı bir yapı binasıdır. Çünkü bir kattan diğerine ürün taşımak için elevatör ve konveyör gibi dikey taşıma aygıtlarının kullanılması zaman, enerji ve taşımada sıklıkla darboğazlar yaratmaktadır (Bowersox ve diğ., 2002). Şekil 3.9'da, taşımaları ve tıkanıklıkları en küçükleyerek hızı kolaylaştıran dümdüz bir çizgi halindeki ürün akışını göstermektedir.

3.4. Stok Gruplamının Stok Yönetimindeki Önemi

Globalleşmeyle birlikte dünyada işletmeler yoğun bir rekabet içerisinde faaliyetlerini sürdürmek zorundadırlar. İşletmelerin rekabet üstünlüğü kazanmasında başlıca iki faktör önemli rol oynar. Bunlardan biri, geliştirdikleri veya sahip oldukları teknolojik üstünlük, diğeri ise, üretim maliyetlerindeki avantajlarıdır. İşletmeler belirli bir teknolojik özelliğe sahip olarak ürettikleri malları ne kadar düşük maliyetle üretirlerse o ölçüde rekabet avantajı kazanırlar. Başka bir deyişle işletmeler, bir yandan kaliteyi yükseltirken diğeryandan maliyetleri düşürerek rekabette önemli avantaja sahip olurlar (Büker ve diğ., 2010).

Bir sanayi işletmesinde üretimden sorumlu olanların amacı, imalat programının aksaksız olarak gerçekleştirilmesidir. Buna göre malzeme eksikliğinden üretimin aksaması gibi bir sorunu ortadan kaldırmak için üreticiler her malzemedan olabildiğince fazla elde bulundurulmasını isterler. İşletmede finansman bölümünün amacı ise işletmenin faaliyetlerini en az sermaye ile gerçekleştirmektir. Finansman bölümü çalışanları, stokların gereksinimi karşılayabilecek en düşük düzeyde tutulmasını isterler. Bu iki zıt görüşü birleştirmek amacı ile işletmecilikte "Stok Kontrolü ve Yönetimi" son yıllarda büyük önem kazanmış ve bu alanda matematiksel yöntemlerden ve bilgisayardan geniş çapta yararlanılmıştır.

Başarılı bir satın alma stratejisi geliştirebilmek için, en temelde planlı, doğru verilere dayanan başarılı bir stok yönetimi ve stok politikası yürütülmesi şarttır (Doğan, 2007).

Faaliyette bulunan sektöre ve işletme politikalarına bağlı olarak işletmeler, birçok nedenden dolayı stok bulundurma ihtiyacı duyabilirler. Bu nedenler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Günlük kullanım miktarının belli olmaması, ortalama mal teslim süresinden daha uzun bir süreye karşı önlem almak, üretim veya üretimle ilgili diğery faaliyetlerde makinelerin durmasını önlemek, talepteki ani değişimlere karşı bir nevi sigorta gibi kullanarak artan talebi karşılamak, iş akışındaki kesilmeler, fiyat dalgalanmalarının etkisini azaltmak istenmesi gibi nedenlerden dolayı stok bulundurmak gerekmektedir. Ayrıca stok, tedarik zamanındaki belirsizliklerin doğurduğu riskleri de ortadan kaldırır.

Parçaların eksikliğinden doğan üretimdeki gecikmeleri en aza indirmek için stok bulundurulur. Ürünlerle ilgili birçok parça ve grupların her birinin aynı zamanda en son montaj noktasına ulaştırılması tedarik açısından çok zordur. Bu durumda parçaların ve grupların montaj noktasında stokta bulundurulması, üretim sisteminde ortaya çıkan bir talebi karşılamak için gereklidir.

Üretimin sürekliliği açısından birçok işletmede hammadde ve yedek parça stokları bir zorunluluktur. Bunun yanı sıra mevsimlik dalgalanmaların geçerli olduğu mal ve piyasalarda denge sağlamak için stoklara ihtiyaç vardır. İşgücü, makine ve malzeme kaynaklarının etkin kullanılmasının yanında üretim planlamalarının daha kolay ve gerçeğe uygun yapılmasını sağlar.

Satınalma stratejileri açısından büyük miktarlardaki alımlar, alış iskontosundan yararlanılmasını sağlayarak maliyetleri düşürebilir. Stoklar, yüksek enflasyonun yaşandığı ortamlarda karlı bir yatırım aracı olarak da kullanılabilir. Hammaddelerin ve satın alınan diğer malzemelerin stoklanması, bütün miktarlarda satın alınan avantajlarını da beraberinde getirir (Yamak, 2007).

Birçok stok bulundurma nedeni belirtilmiştir. Bu nedenlerin nihayetinde işletmede farklı kalemlerde stoklar bulundurulacaktır. Fakat stok kalemleri doğru yönetilmedikleri takdirde hem belirtilen nedenler açısından birçok problem ortaya çıkacaktır hem de bu problemler stok maliyetlerini de beraberinde getirecektir. Bu yüzden etkin stok yönetimi politikaları oluşturmak, işletmeler açısından oldukça önem arz etmektedir. Stokları etkin şekilde kullanmak için birçok noktada doğru stok politikaları geliştirmek gerekir. Stok gruplama konusu bu politikalar içinde önemli bir yere sahiptir. Doğru şekilde yapılan stok gruplama işlemi, işletmenin finansal durumuna, yönetim politikalarına, üretim tipine bağlı olarak değişik organizasyon düzenlemeleri yapmaya yarayacaktır. Malzemelerin depo içerisinde en uygun şekilde gruplanması şu şekilde avantajlar sağlayacaktır;

- Depo içi taşıma maliyetlerinin azaltılmasına,
- İşçi maliyetlerinin azalmasına ve işgücü veriminin artmasına,
- Üretimi besleme noktasında faydanın artmasına,
- Mallara kolay ve hızlı ulaşımın sağlanmasına,
- Depo içi sayım ve kontrol faaliyetlerinin kolaylaştırılmasına.

4. RFID'İN STOK YÖNETİMİNDE KULLANILMASI

Bir deponun etkin bir şekilde yönetilmesine ilişkin gereksinimlerden biri, depo içerisinde hangi ürünlerin var olduğunun ve hangi ürünün hangi yerleşimde bulunduğu bilinmesidir (Connolly, 2008). Ürünün izlenebilirliği, depo yönetiminde ve depodan çıktıktan sonra işleyen lojistik süreçlerde önem arz eden bir konudur. Bu gereksinim barkod ve RFID teknolojisi ile karşılanabilmektedir.

4.1. RFID Teknolojisinin Tarihçesi

Radyo frekanslarının başlangıcı ile aynı olarak tahmin edilen RFID teknolojisi bilimsel araştırmalar sonucu, evrenin başlangıcında bir elektromanyetik enerjinin olduğu bulgularına varılmıştır. Evrenin oluşumu sırasında birçok teori ortaya atılmıştır. Bu teorilerin en başında gelen ve bizimde araştırdığımız konuyla paralel olan bu teori, büyük patlama ya da big bang teorisidir. Bu teoriye göre evren milyarlarca yıl önce çok yüksek sıcaklık ve yoğunluktaki bir yapıdan büyük bir patlama sonucu oluşmuştur. Evrenin ilk hali elektromanyetik enerji şeklindeydi, birkaç saniye içerisinde fotonların çarpışması ile enerji maddeye dönüşmeye başladı ve proton, nötron ve elektronlar ortaya çıktı. Bu teorideki elektromanyetik kalıntılar halen mikrodalga etkisi olarak kendisini göstermektedir. Bu da RFID'nin kaynağını oluşturmaktadır (Polatkan, 2012).

RFID içerikli ilk çalışma Hanrry Stockman tarafından yayınlandı. Ancak bu çalışmanın ürün vermeye başlaması için transistör, entegre devreler, mikro işlemciler, iletişim ağ araçları gibi araçlara ihtiyaç duyulduğu için gecikme yaşandı. 1930' dan sonra radar ve radyodaki gelişmeler ile RFID ortaya çıkmış, havacılıkta dost ve düşman uçaklarını ayırmaya yarayan teknolojiler keşif edilmeye başlanmıştır.

1960 yıllarında, RFID teknolojisi "(Field Measurements Using ActiveScatters) Aktif dağıtıcıları kullanarak elektromanyetik alan ölçümü" ve "Teory of loaded Scatters" adlı makaleleri yayınlandı. 1963'te Robert Richard'ın "(RemotelyActivated Radio Frequency Powered Devices) Radyo frekans gücüyle uzaktan kontrol edilen araçlar", 1969'da Otto Rittenback'in "(Comminication by radar beams) Radar ışınları ile haberleşme", 1968'de J.H Vogelman "(Passive Data TransmissionTechniques Utilizing Radar Beams) Radar ışınlarını kullanarak pasif veri transferi", 1967'de J.P. Vinding'in "(Interragator _Responder Identification System) Sorgu-cevap tanımlama sistemi" gibi mucitler icatları ile meşgullerdi.

1970'li yılların en önemli gelişmelerinden birisi, 1975 yılında Los Alamus'tan Alfred Koelle, Steven Depp ve 15 Robert Freyman tarafından yapılan Elektronik tanımlama için Backscatter modülasyonunu kullanarak "Kısa mesafe radyo telemetrisi (Short Range Radio Telemetry Electronic İdentification Using Modulated Backscatter)"

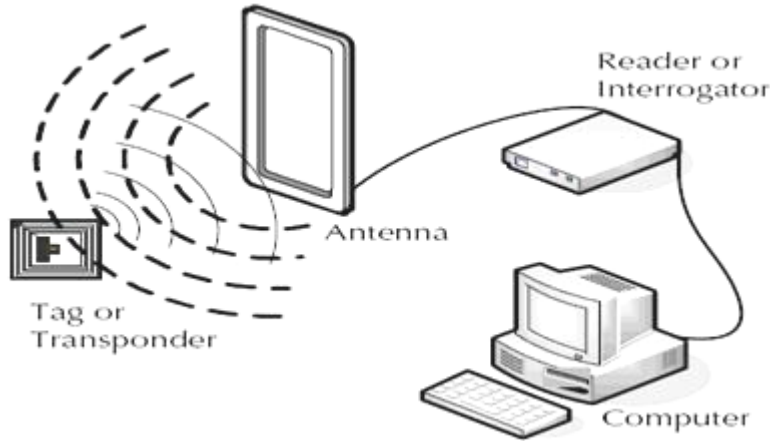
çalışma olmuştur. Bu gelişme sonucunda uzak mesafeden atış yapabilen pasif etiketlerin ortaya çıkma sebeplerinden olmaktadır. Hemen bu gelişmelerin arkasından 1973'te Raytheon's Raytag ve 1975'te RCA'nın Richard Rensch'in elektronik tanımlama sistemiyle, büyük şirketlerde RFID teknolojisi gelişmeye başlamıştır. Yine bu yıllarda, üretilen sistemler liman otoriteleri tarafından test edildi ve olumlu gelişmeler yakalandı. Etiket teknolojisinin de ortaya çıkması ile bu sistemler gelişmiştir. Etiket üzerinde yapılan çalışmalar da olumlu yönde olmuştur. Boyutlarında küçülme fonksiyonlarında artış olması sağlanmıştır.

1990'lı yıllar RFID için en kullanışlı yıllar olmaya başladığı yıllar olmuştur. Dünyanın ilk elektronik tanımlama sistemli açık otobanı 1991'de Oklahoma'da açılmıştır. Bunun yanı sıra birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

2000 yıllarından sonra entegre devre ve bir antenden oluşan daha küçük mikro dalga etiketlere geçiş yapılmıştır. Bugünlerde RFID etiketin büyüklüğü ve antenlerin büyüklüğüne göre değişmektedir (Polatkan, 2012).

4.2. RFID Teknolojisinin Temel Özellikleri ve Bileşenleri

Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisi, radyo frekansı kullanarak nesnelere tekil ve otomatik olarak tanıma yöntemidir (bk. Otomatik Tanıma ve Veri Toplama). RFID, temel olarak bir etiket ve okuyucudan meydana gelir. RFID etiketleri Elektronik Ürün Kodu (EPC) gibi nesne bilgilerini almak, saklamak ve göndermek için programlanabilirler. Ürün üzerine yerleştirilen etiketlerin, okuyucu tarafından okunmasıyla bilgiler otomatik olarak kaydedilebilir veya değiştirilebilir (Zaim, 2009).



Şekil 4.1. RFID Bileşenleri (Zaim, 2009)

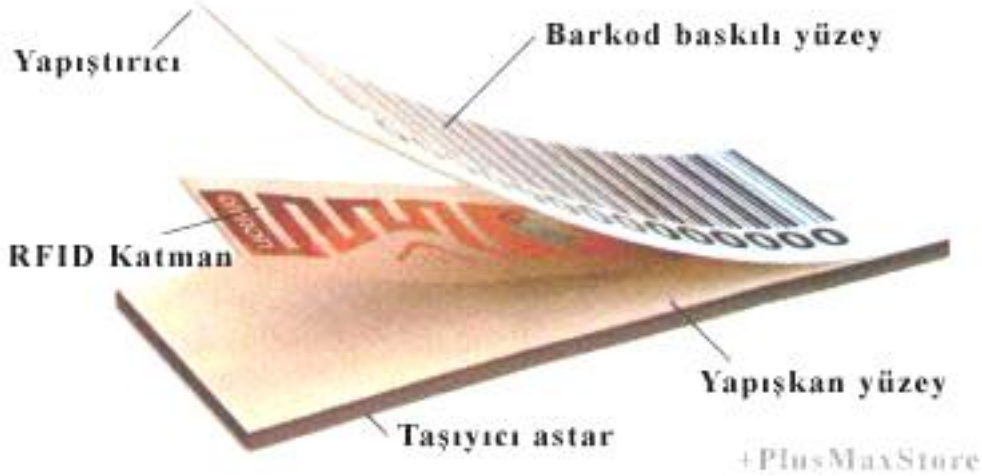
RFID teknolojisinin 5 temel bileşeni bulunmaktadır;

- RFID Etiket (Tag)
- RFID Anten

- Okuyucu/Yazıcı/Programlayıcı (Reader/Writer/Programmer)
- Denetleyici (Host, Server)
- Programlama Donanımı (Ara Katman Yazılımı)

4.2.1. RFID Etiket

RFID etiketleri, nesne hakkındaki bilginin depolanmış olduğu bir mikroçip, çipe bağlı bir anten ve bunların üzerini kaplayan koruyucu film tabakasından oluşur. Birçok şekil ve boyuta sahip etiketler bulunmaktadır. RFID etiketler, elektronik veri taşıyıcıları olarak kullanılmaktadır ve buldukları değişik noktalarda farklı bilgiler yazılıp okunabilmektedir. RFID etiketindeki mikroçip 64 bit'ten 8 mb'a kadar veri depolama kapasitesine sahiptir. RFID etiketleri 3 çeşit olabilir: pasif (etkisiz), yarı pasif (yarı etkin) veya aktif (etkin). En ucuz etiket çeşidi olan pasif etiketlerin kendi güç kaynakları yoktur, okuyucunun gücüyle çalışırlar. Buna karşılık, yarı pasif etiketlere ise, gelen sinyalden güç almaya gerek bırakmayacak küçük bir pil eklenmiştir. Daha geniş okunma alanına sahip bu etiketler daha güvenilir oldukları gibi, okuyucuya daha çabuk cevap verebilirler. Aktif etiketler ise, diğer çeşitlerden farklı olarak devrelerini çalıştırmalarını ve cevap sinyali üretmelerini sağlayan kendi güç kaynaklarına sahiptirler. Bu özellikleriyle yüksek performans sergilerler ancak maliyetleri de daha yüksektir.



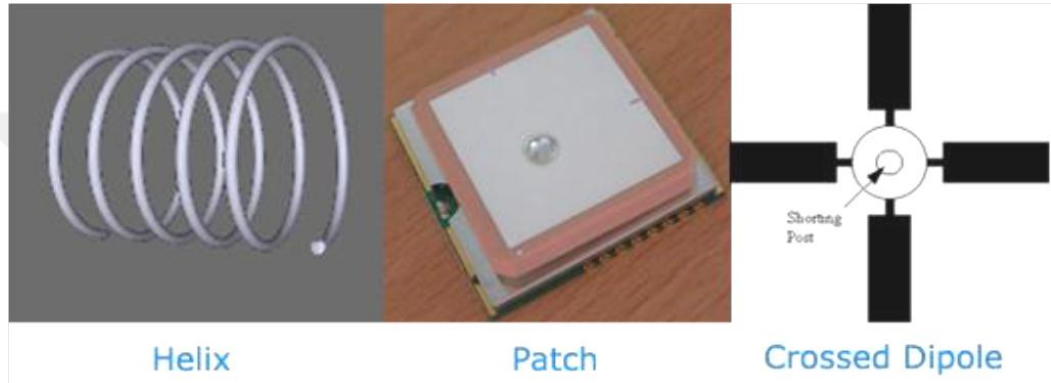
Şekil 4.2. RFID Etiketi (Polatkan, 2012)

Etiketler hafıza türüne göre de; üzerindeki bilgi güncellenemeyen salt okur etiketler ve hafızaları yeni bilgilerle güncellenebilen okuma/yazma etiketleri olarak iki ana grupta sınıflandırılır. Salt okur etiketler sadece kimlik bilgisini (tanımlama numarasını) taşır ve ilgili nesneye ait geri kalan tüm ilgili bilgiler tanımlama numarası altında başka bir veri tabanında tutulur. Bu tip etiketler, kullanım süresi boyunca bir kere programlanırlar ve programlandıktan sonra veriler değiştirilemez. 8-128 bit veri depolayabilirler. Okuma/yazma etiketleri genellikle aktif etiketlerdir. Hafızaya kaydedilen bilgiler güncellenebilir. Yüksek hafıza kapasitesine sahip bu

etiketler güncel bilgilerin takibi ve donanım bakımı gibi amaçlarla kullanılır (Polatkan, 2012).

4.2.2. RFID Anten

Okuyucu-okuyucu veya okuyucu-etiket arasında haberleşmeyi sağlayan donanımdır. Birçok durumda etiket okuma menzilleri, çok düşük olduğu için anten kullanımı çok önemlidir. Konsept olarak basit olmasına rağmen, antenlerin düşük güçlerde en iyi sinyal alımlarını gerçekleştirmeleri ve özel koşullara uyum sağlamaları gerekir. Antenler, uygulamaların çalışacağı ortamın özelliklerine ve uygulamanın gerektirdiği mesafelere bağlı olarak, en iyi performansı sağlamak için farklı boy, şekil ve frekans aralıklarında tasarlanmalıdır (Polatkan, 2012).



Şekil 4.3. RFID Anten Çeşitleri (Polatkan, 2012)

Antenler, düzlem yayın yapan ve dairesel yayın yapan olmak üzere iki çeşittir. Düzlem yayın yapan anten, olası en uzun okuma mesafesinde, maksimum kazanç için tek bir eksende yoğunlaşır. Dairesel yayın yapan anten ise okuyucunun ürettiği UHF enerjisiyi daha uzun mesafelere eşit bir şekilde dağıtır. Böylece dairesel yönlü yayınımla o çevrede bulunan bütün etiketlerin okunmasını sağlar (Polatkan, 2012).

4.2.3. Okuyucu/Yazıcı/Programlayıcı

RFID okuyucu, RFID etiket üzerindeki antenden sinyal alarak etiket bilgisini okuyabilen, radyo frekansı aracılığıyla üzerindeki antenden etikete sinyal yayan, gerektiğinde etikete yeni bilgilerin yazılmasını sağlayabilen bir donanımdır. Okuyucular genellikle üç farklı çeşitle ifade edilir. Sabit okuyucular, belirli bir yerde kurulu olup RF etiketlerin içinden geçtiği ve iletişim kurduğu okuyuculardır. Portatifler, RF etiketler ile mobil iletişim kurabilen okuyuculardır. Mobil okuyucular, mobil araçlara yerleştirilir ve kapsama alanlarındaki etiketleri okurlar. Mobil RFID okuyucular ulaşılması zor, tehlikeli yerlerdeki etiketlerin okunmasını kolaylaştırır. RFID okuyucunun çalışma şekli (Kılıç, 2015);

- Anten aracılığı ile RF enerjisi gönderir.

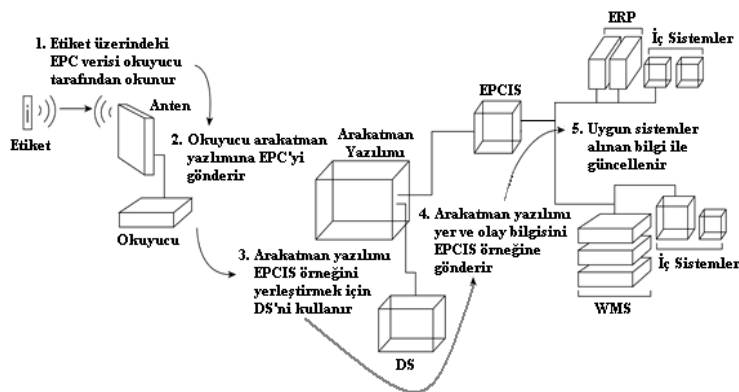
- Etiketdeki anten enerjisi toplar.
- Etiket bu enerjisi indüksiyon yoluyla elektrik enerjisine çevirir.
- Elektrik enerjisi, antene bağlı etiket verisini saklayan yarı iletken çipi besler.
- Etiket mors koduna benzer bir şekilde anten direncini yükselterek ve düşürerek kimliği okuyucuya geri gönderir.

4.2.4. RFID Denetleyici

Bir denetleyici (host), üzerinde veri tabanı yazılımı ya da uygulama yazılımı çalışan bir bilgisayar, sunucu ya da bu tür makinelerin bağlı olduğu bir ağ sistemi olabilir. Denetleyiciler, RFID sisteminin beyinleridir ve RFID ara katman yazılımını kontrol etmektedir. Çoklu sorgulayıcıları ağ ortamında birbirine bağlamak ve merkezi olarak bilgileri işlemek için de kullanılmaktadır. Denetleyici, okuyucular tarafından toplanan bir alandaki bilgileri kullanır. Sistem boyunca nesnelerin hareketlerini izleme, imkanlar dahilinde bunları düzenli olarak yeniden yönlendirme, kimlik denetimi, doğrulama ve yetkilendirme verme (kurumlarda anahtarsız giriş sistemleri), hesap oluşturma (POS uygulamaları), ürün stoğunu tutma ve yeni ürün stoğuna ihtiyaç duyulduğunda tedarikçileri uyarma vb. özelliklere sahiptir (Kılıç, 2015).

4.2.5. Ara Katman Yazılımı

RFID sistemlerinin çalışabilmesi için "middleware" olarak adlandırılan bir ara katman yazılımına ihtiyaç duyulur. Bu ara katman yazılımı, firmaların ya da kurumların değişen ihtiyaçlarına uygun olarak entegratör firmalar tarafından çoğu kez o firmaya/kuruma özel olarak geliştirilir. Ancak bu yazılım ile firmanın/kurumun kullandığı MRP sisteminin birlikte çalışması gerekir. Bu şekilde firma/kurum personeli alışkın olduğu şekilde veri alabilecek, raporlara ulaşabilecek ve her işlem için farklı bir yazılım çalıştırmak zorunda kalmayacaktır. Bu nedenle RFID ara katman yazılımı, firmanın/kurumun kullandığı ERP/MRP sistemine entegre edilebilir olmalıdır. Bu entegrasyon hizmeti, RFID hizmetini veren firma, bu firmanın kullandığı mevcut sistemin desteğini veren firma ile birlikte çalışarak, gerekli verilerin doğru yerlere yazılıp-okunmasını sağlayacak şekilde yapılır (Kılıç, 2015).



Şekil 4.4. RFID Sisteminin Çalışma Şeması (Kılıç, 2015)

4.3. Stok Yönetiminde RFID Teknolojisinin Yeri

Radyo dalgalarını kullanarak üzerindeki bir objenin ya da insanın kimlik bilgilerini nümerik bir seri numarası olarak ileten sistemlerin genel adıdır. Bu kablosuz sistemler, temas etmeden ve hatta görünür dahi olmadan okumaya imkân vermektedir ki bu özelliği ile üretim ve barkod gibi geleneksel teknolojilerin kullanılmadığı zorlu ortamlarda, büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Öztürk, 2011).

RFID genel kategori olarak Auto-ID teknolojisi altında gruplandırılır; Auto-ID teknolojilerinin ortak özelliği manuel olarak yapılan veri girişlerindeki süreyi kısaltmaları ve hataları önlemeleridir.

RFID teknolojisi sadece tedarik zinciri yönetiminde değil kütüphane, perakende mağazaları, hava yolları servisleri, kişisel kimlik tanımlamaları, otel endüstrisi gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. RFID, bir nesnenin ya da canlının uzaktan izlenmesine imkân vermektedir. Şu an iş dünyasında çok yoğun ilgi gören RFID teknolojisi, özellikle çoklu miktarlarda mal, eşya hareketinin olduğu alanlarda mal giriş ve çıkışlarını, stok kontrolü ya da herhangi bir malın nerede olduğunu bulma işinin saniyeler içerisinde yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu mallar üzerinde etiket şeklinde bir RFID taşıyorlarsa, RFID algılayıcı elektronik kapıların önünde tüm bu malların geçmesi anında bu malların sayılmasına imkân vermektedir (Mallawarachhige ve Siriwardaganagea, 2008).

Sadece okunma özelliğine sahip RFID etiketlerinin yanı sıra hem okunma hem yazılma özelliğine sahip RFID etiketleri de vardır. Okunma ve yazılma özelliğine sahip etiketler daha pahalı olmakla birlikte, daha çok yeniden kullanılabilir taşıma paketleme sistemlerinde kullanılır. RFID etiketleri içinde tutulan bilgi değiştirilebilmektedir. Örneğin; istenirse değişen ortam sıcaklık bilgileri RFID etiketleri üzerine kaydedilebilir (Üstündağ, 2005).

Dünyanın en büyük üçüncü perakende şirketi olan Metro Grup da RFID teknolojisi kullanımıyla zaman tasarrufu, envanterle ilgili faydalar ve işgücü azalımı sağlamıştır. RFID sistemlerini kullanmanın maliyetleri düşürdüğü, operasyonların daha verimli hale geldiği, bilgiye daha kolay ulaşılabildiği, gelişmiş bir takip sistemi ve daha iyi bir müşteri servisi sağladığını görülmüştür (Mallawarachhige ve Siriwardaganagea, 2008).

RFID teknolojisi, barkoda alternatif bir teknolojidir ve barkod'a göre avantajları ve dezavantajları vardır. Barkod'un RFID'ye göre en büyük avantajı etiket başına maliyetidir. Ancak zamanla azalan RFID etiket maliyetleri RFID'nin kullanım alanının yaygınlaşmasına sebep olacaktır. Maliyet dışında RFID'nin barkoda göre üstün yanı daha fazladır. RFID'nin barkoda göre üstün taraflarına baktığımızda bu yönleri başlıca şu şekilde sıralayabiliriz (Öztürk, 2011);

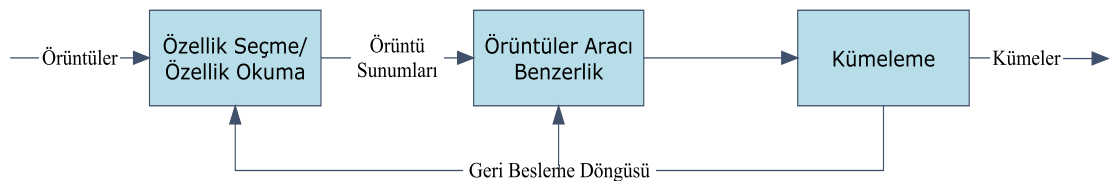
- RFID etiketlerinin okuma hızı ortalama 0,5 saniye iken, barkod sistemlerinde bu süre 4 saniyeye çıkmaktadır.
- RFID sistemlerinde, etiket okuma işi otomatik bir şekilde, personel maliyetine maruz kalmadan gerçekleşmektedir. Barkod sistemlerinde ise okuma işlemi manuel bir şekilde gerçekleşmekte ve personel maliyeti oluşmaktadır.
- RFID etiketlerinin kopyalanması ve içeriğinin gözle okunabilmesi imkansızdır. Barkod etiketleri ise kolaylıkla kopyalanıp değiştirilebilmektedir.

4.4. Tasarlanan Algoritmada Kullanılan Teknikler

4.4.1. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, birbirine benzer olan bireylerin, benzerlik veya uzaklık ölçülerine göre göreceli olarak homojen gruplar altında toplanmasını amaçlayan çok değişkenli bir istatistiksel analiz yöntemidir (Ness, 2000). Kümeleme analizi, bir veri kümesindeki bilgileri belirli yakınlık kriterlerine göre gruplara ayırma işlemidir. Bu grupların her birine "küme (demet = bölüm = küme)" adı verilir. Kümeleme işleminde küme içindeki elemanların benzerliği fazla, kümeler arası benzerlik ise az olmalıdır (Tan, 2007). Kümeleme, tanımlayıcı modeldir. Yani gözetimsiz sınıflama (unsupervised classification) yöntemidir (Pavel, 2005). Gözetimsiz sınıflamada amaç, başlangıçta verilen ve henüz sınıflandırılmamış bir küme veriyi, anlamlı alt kümeler oluşturacak şekilde öbeklemektir. Gözetimli sınıflandırma işleminde ise veriler önceden sınıflandırılmış örüntülerdir. Burada temel amaç, yeni gelecek ve henüz hangi sınıfta olduğu bilinmeyen verilerin var olan sınıflardan en uygun olanına yerleştirilmesidir. Kümeleme işlemi tamamen gelen verinin özelliklerine göre yapılır.

Kümeleme analizi istatistik, biyoloji, uzaysal veri madenciliği ve makine öğrenmesi, örüntü tanıma ve resim tanıma alanlarında kullanılmaktadır. İstatistik dünyasında k-means ve k-medoids kümeleme yöntemlerini kullanan S-Plus, SPSS ve SAS gibi paket programlar yoğunlukla kullanılmaktadır (Pavel, 2005). Biyolojide genetik yapıların sınıflandırılması ve yeni yapıların keşfinde, uzaysal/düzlemsel (spatial) veri madenciliğinde coğrafi konuma göre yerleşim yerlerine götürülecek mal ve hizmetler için ideal yerler belirlemede, yapay zeka alanında makine öğrenmesi için gözetimsiz öğrenme (unsupervised learning) metodu olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, kümeleme işlemi şematize edilebilir.



Şekil 4.5. Kümeleme İşlemine Genel Bakış (Seidman, 2001)

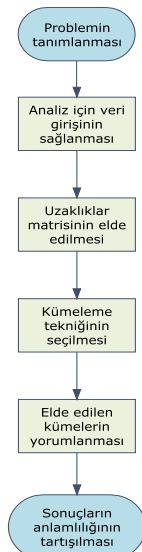
Kümeleme analizinin sağladığı avantajlar (Seidman, 2001);

- İlişkilerin görüntülenmesi: Kümelemenin en önemli özelliklerinden biri grafikler sayesinde sonucun görüntülenebilmesidir. Görsel sonuç, benzerliklerin kolay tespit edilmesini sağlar.
- Anormalliklerin Tespiti: Grafikler sayesinde aykırı durumlar kolayca tespit edilir. Böylece sıra dışı veriler belirlenir.
- Diğer veri madenciliği teknikleri için örneklemlerin yaratılması: Karar ağaçları gibi bazı teknikler çok büyük veriler üzerinde çalışamazlar. Bu metotların uygulanabilmesi için kümeleme analizi uygulanarak öncelikle verinin bir bölümünün seçilmesi ve en uygun başlangıç noktalarının belirlenmesi sağlanır.

Kümeleme analizinin zayıflıkları (Seidman, 2001);

- Sonuçların anlaşılması zordur. Takip edilmesi gereken belirli kurallar olmadığı için tahminlerin tamamen gerçek olması mümkün değildir.
- Farklı veri tiplerinde özellikler içeren nesnelerin karşılaştırılması zordur.

Kümeleme analizi; birkaç adımdan oluşan bir çözüm sürecidir. Veri girişi analizin ilk aşamasıdır. Yani ilk olarak doğal sınıflamaları hakkında kesin bilgilerin bulunmadığı ana kütlelerden alınan "n" sayıda birimin incelenen "p" sayıda değişkene ilişkin gözlem sonucu değerleri elde edilir. Böylece veri matrisi oluşturulmuş olur. Daha sonra verinin ölçüm tipine uygun bir benzerlik ölçüsü ile nesnelerin uzaklıklar matrisi elde edilir. Uygun kümeleme tekniği seçilir ve uygulanır. Tekniğin uygulanması sonucu nesnelere ayrılmış olur. Kümeleme sonuçlarının anlamlılığının yorumlandığı aşama ise analizin son aşamasıdır. Şekil 4.6'da kümeleme analizinin aşamaları, işlem sırasına göre ayrıntılı olarak görülmektedir.



Şekil 4.6. Kümeleme Analizi İşlem Sırası

4.4.1.1. Kümeleme Analizinin Özellikleri

Kümeleme analizinin özellikleri maddeler halinde belirtilmiştir. İyi bir kümeleme analizi yöntemi aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmalıdır (Han ve Kamber, 2001);

- Ölçeklenebilir olmalıdır. Birkaç yüz kayıttan oluşan veri kümesine de milyonlarca kayıt içeren kümeye de uygulanabilmelidir.
- Farklı veri türleri ile kullanılabilirdir. Hem sayısal hem kategorik veriler içeren veritabanlarında kullanılabilirdir.
- Düzgün şekilli olmayan kümeleri de bulabilmelidir.
- En az sayıda giriş değişkeni gerektirmelidir. Bir yöntem ne kadar az giriş değişkeni gerektiriyorsa o ölçüde kullanıcının kararlarından bağımsızdır.
- Gürültü içeren veriler ile de kullanılabilirdir.
- Veri kümesindeki kayıtların sıralanmasından bağımsız olmalıdır. Kümenin hangi elemanından başlanırsa başlansın sonuç değişmemelidir.
- Çok boyutlu veritabanlarına uygulanabilmelidir.
- Veri kümesinin sahip olduğu sınır aralıklarını dikkate alabilmelidir.
- Kolay yorumlanabilir sonuçlar üretebilmeli ve işlevsel olmalıdır.

4.4.1.2. Kümeleme Algoritmaları

Kümeleme analizi, nesnelerin alt dizinlere gruplanmasını yapan bir işlemdir. Böylece nesnelere, örneklenen kitle özelliklerini iyi yansıtan etkili bir temsil gücüne sahip olmuş olur. Sınıflamanın aksine, yeniden tanımlanmış sınıflara dayalı değildir. Kümeleme, bir denetimsiz öğrenme (unsupervised learning) yöntemidir.

Hiyerarşik olmayan kümelemede, kümeler arasında ilişki bulunmamaktadır. Örneğin, "k-means", hiyerarşik olmayan bir kümeleme algoritmasıdır.

Hiyerarşik kümelemede, her kümede veri nesnelere içerecek bir bağlantı kurulur. Hangi yöntem olursa olsun kümeler birbirine benzer özellik gösteren nesnelere oluşturulur. Böylece kümeler kendi içinde aynı özelliği taşıyan nesnelere içermiş olur. Manhattan ve Euclid uzaklık fonksiyonları çoğunlukla benzerliklerin bulunmasında kullanılır. Uzaklık fonksiyonunun sonucu yüksek bir değer ise az benzerlik, düşük bir değer ise çok benzerlik olduğunu ifade eder. P-boyutlu veri nesnelere $i:(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$, $j:(x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jp})$ için aşağıda verilen uzaklık fonksiyonları tanımlanabilir.

Euclid uzaklık fonksiyonu;

$$d_{ij} = \sqrt{|x_{i1} - x_{j1}|^2 + |x_{i2} - x_{j2}|^2 + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^2} \quad 4.1.$$

Manhattan uzaklık fonksiyonu;

$$d_{ij} = |x_{i1} - x_{j1}| + |x_{i2} - x_{j2}| + \dots + |x_{ip} - x_{jp}| \quad 4.2.$$

Uzaklıkları karşılaştırmak için Euclid uzaklık fonksiyonu kullanıldığında, denklemin sağ tarafındaki kare kökü hesaplamak gereksizdir. Çünkü uzaklıklar her zaman pozitif sayılardır ve bundan dolayı, d_1 ve d_2 gibi iki uzaklık için, $\sqrt{d_1} > \sqrt{d_2}$ iken $d_1 > d_2$ 'dir. Bir nesnenin bazı özellikleri farklı ölçeklerde ölçülüyorsa, Euclid uzaklık fonksiyonu kullanılarak büyük ölçeklerle ölçülen nitelikler küçük bir ölçekte ölçülen niteliklere baskın gelebilir. Böyle bir sorundan kaçınabilmek için, nitelik değerleri çoğunlukla 0 ile 1 arasında normalleştirilir.

Veri kümeleri için uygulanacak uzaklık fonksiyonlarının verimleri farklı olabilir, bundan dolayı Euclid ve Manhattan'ın haricindeki uzaklık fonksiyonları bazı veri kümeleri için daha uygun olabilir (Michaud, 1997).

Veri madenciliğinde, kullanılmakta olan birçok kümeleme algoritması vardır ve bunlar analiz edilecek olan verinin yapısına göre belirlenir. Kümeleme metotları genel olarak şunlardır:

- Bölümlendirme Metodu: n tane nesnenin olduğu veritabanında, nesnelere mantıksal gruplara ayrılarak analiz edilir. Küçük ve orta boyutlu veritabanlarında birkaç grup olabilirken, veritabanının büyüklüğü arttığında daha çok grup oluşabilir. Gruplandırma yapılırken değişik kriterler değerlendirilebilir. Yapılan gruplandırma, analizin kalitesine etki eder.
- Hiyerarşik Metot: Analiz etmeden önce nesnelere, hiyerarşik bir yapıya göre düzenlenir. Veriyi hiyerarşik bir yapıya çevirmek için değişik yöntemler kullanılır. Bunların arasında BIRCH ve CURE yöntemleri bulunur.
- Yoğunluk Bazlı Metot: Birçok kümeleme yöntemi, nesnelere arasındaki farklılıklarına göre kümeleme yaparken, bu metot nesnelere yoğunluğuna göre gruplama yapar. Yoğunluktan kasıt, analiz edilen nesnelere sayıdır. Yoğunluk bazlı metotlara örnek olarak DBscan verilebilir.
- Grid Bazlı Metot: Nesnelere grid yapısı oluşturacak şekilde sayılarına göre sınıflandırır. Temel avantajı hızlı tamamlaması ve nesnelere sayısından bağımsız olmasıdır. Bu tipteki metotlara örnek olarak Sting verilebilir.
- Model Bazlı Metot: Her küme için bir model belirlenir ve bu modele uyan veriler uygun kümeyle yerleştirilir.

Bu bölümde, bölümlendirme metotlarından olan K-means algoritması detaylı olarak incelenecektir. Diğer metotlar ise yüzeysel olarak değerlendirilecektir.

i. Bölümlendirme Metodu

"n" tane nesnesi olan ve k sayıda küme tanımlanmış bir veritabanı düşünelim. Bu durumda bölümlendirme metodu tüm nesnelere "k" adet kümeye ayıracaktır. Kümeler, nesnelere arasındaki benzersizliklere göre oluşturulur. En çok bilinen bölümlendirme algoritmaları k-means, k-medoids ve EM (Expectation Maximization) algoritmalarıdır.

✓ K-means Algoritması

"d" boyutlu metrik uzayda verilen "n" adet nesnenin, aynı kümelerdeki nesnelere diğer kümelerdekine kıyasla daha benzer olacak şekilde "k" adet kümeye yerleştirilerek bölünmesinin yapılmasıdır.

Bu algoritma şu parametreleri alır;

- k: küme sayısı,
- n: nesne sayısı.

Bu nesnelere benzersizliklerine göre kümeleme yapılır ve geri verilir. Bu algoritmada kümeler arasındaki benzerlik düşük olur. Algoritma öncelikle rastgele şekilde k tane nesne seçer. Bunların her birinin orta değeri kendisidir. Kalan nesnelere tümünü, bu seçilen nesnelere yakın olanlara göre kümelere dahil eder ve her defasında yeni mean (orta değer) hesaplar. Her nesnenin bir hata kriter değeri (E) vardır.

Algoritma: k-orta değer: k sayıda kümeleme algoritması

Girişler: nesne sayısı (n) ve küme sayısı (k)

Çıkış: k sayıdaki minimum hata ile oluşturulmuş kümeler

Algoritma;

Adım1: Kabaca n tane nesne seç,

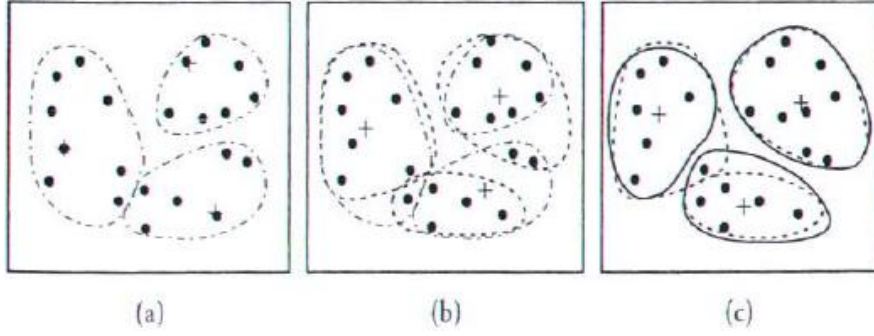
Adım2: Tekrarla,

Adım3: Değişken benzerliklerine göre grupları oluştur ve her grup için bir ortalama değer hesapla, bu ortalama değeri uygun olan kümelere yerleştir,

Adım4: Yerleştirme bittikten sonra ortalama değerleri güncelle,

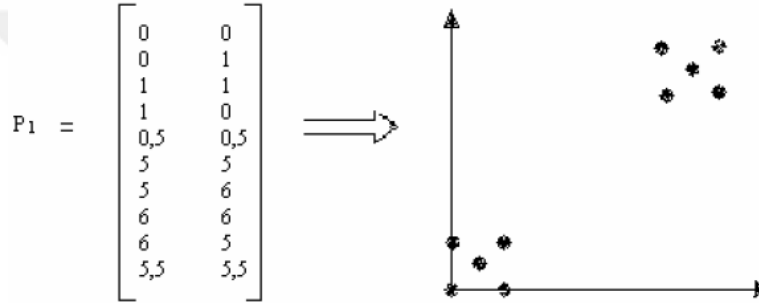
Adım5: Bir değişiklik olmayana kadar tekrarla.

Bu metod ölçeklendirilebilir bir metottur ve çok geniş veritabanları üzerinde de uygulanabilir. Çünkü karmaşıklığı oldukça azdır.



Şekil 4.7. Bir Nesne Setinin K-Means Metodu İle Kümelenmesi (Michaud, 1997)

Her bir kümenin orta değeri "+" ile işaretlenmiştir. Örnek: Girdi olarak veri kümesi Şekil 4.8'teki gibi verilmiş, $k=2$ seçilmiş ve uzaklık, Manhattan algoritma fonksiyonu $|x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$ olarak belirlenmiştir. Bu bilgilere göre hesaplama Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Örnek Veri (Michaud, 1997)

Adım1: İlk olarak k bölüm oluşturulur. İlk bölüm k başlangıç noktası, seçilerek oluşturulur. Bu k tohum (başlangıç) noktası ilk k nesne olabileceği gibi rastgele seçilen k kayıt da olabilir. Burada ilk iki nesne seçilir ve işlem başlatılır. Bizim örneğimiz için kümeler (bölümler) $C_1 = \{(0,0)\}$ ve $C_2 = \{(0,1)\}$ olur.

Adım2: Her kümede henüz sadece bir nokta olduğu için bu nokta kümenin merkezidir.

Adım3a: Her bir nesne ve küme merkezi için aralarındaki uzaklığı hesapla, nesneyi en yakın kümeye ata.

Örneğin, üçüncü nesne için:

$$\text{Uzaklık}(1,3) = 1 - 0 + 1 - 0 = 2 \text{ ve } \text{Uzaklık}(2,3) = 1 - 0 + 1 - 1 = 1$$

bu nedenle nesne C_2 'ye atanır.

Beşinci nesne her iki kümeden eşit uzaklıkta olduğu için, beşinci nesne rastgele bir kümeye yani C_1 'e atandı. Her bir nokta için uzaklıklar hesaplandıktan sonra, kümeler aşağıdaki nesnelere içerir:

$C_1 = \{(0,0), (1,0), (0.5, 0.5)\}$ ve

$C_2 = \{(0,1), (1,1), (5,5), (5,6), (6,6), (6,5), (5,5), (5.5, 5.5)\}$

Adım3b: Her bir küme için yeni küme merkezlerini hesapla.

C_1 için yeni merkez $C_1 = (0,5, 0,16)$, $(0+1+0,5)/3=0,5$, $(0+0+0,5)/3=0,16$

C_2 için yeni merkez $C_2 = (4,1, 4,2)$ için yeni merkez, $(0+1+5+5+6+6+5,5)/7=4,1$
 $(1+1+5+5+6+6+5,5)/7=4,2$

Adım3a*: Yeni merkezler $C_1 = (0,5, 0,16)$ ve $C_2 = (4,1, 4,2)$, eski merkezler $C_1 = (0,0)$ ve $C_2 = (0,1)$ 'den farklılık gösterir, bu nedenle döngü tekrarlanır. On nesne en yakın küme merkezine yeniden atanır, sonuç:

$C_1 = \{(0,0), (0,1), (1,1), (1,0), (0,5, 0,5)\}$

$C_2 = \{(5,5), (5,6), (6,6), (6,5), (5,5, 5,5)\}$

Adım3b*: Her bir küme için yeni küme merkezleri hesapla.

$C_1 = (0,5, 0,5)$ için yeni merkez

$C_2 = (5,5, 5,5)$ için yeni merkez

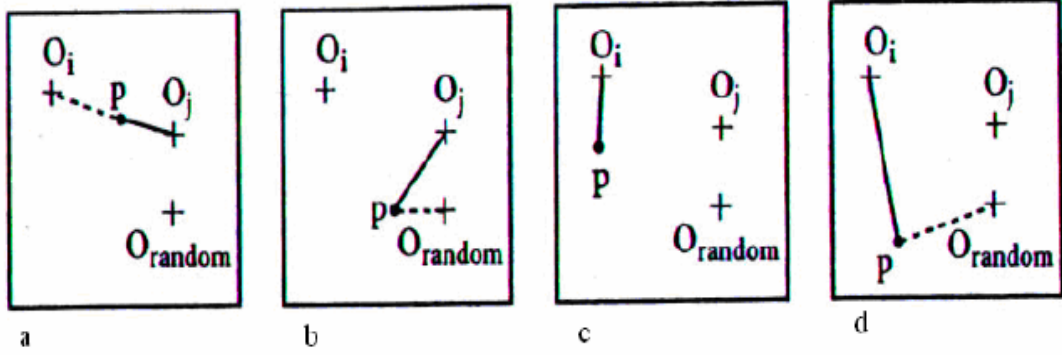
Adım3a**: Yeni merkezler $C_1 = (0,5, 0,5)$ ve $C_2 = (5,5, 5,5)$ eski merkezler $C_1 = (0,5, 0,16)$ ve $C_2 = (4,1, 4,2)$ 'den farklılık gösterir, dolayısıyla döngü tekrarlanır. On nesneyi en yakın küme merkezine yeniden ata.

Adım3b**: Yeni küme merkezleri hesapla. Merkezler Adım3b*'dekiyle aynıdır. Bu nedenle algoritma sonlandırılır. Sonuç, 3b*'dekinin aynısıdır.

✓ **K-medoids Algoritması**

Çok yüksek değerdeki nesnelere, küme dağılımını olumsuz etkiler. Çünkü k-means tüm değerlere karşı duyarlıdır. k-medoids'de, k-means gibi tek tek hesaplamak yerine;

1. Her bir küme için kabaca bir temsilci nesne belirlenir. (medoid)
2. Kalan her nesneyi bu medoid ile karşılaştırır ve benzerliğine göre o nesne kümeye dahil olur.
3. Bir kümedeki nesneyi alarak, daha yüksek kaliteyi elde edene kadar kümeler arasında iteratif olarak yer değiştirme yapılır.



Şekil 4.9. K-medoids Algoritması İle Kümeleme (Michaud, 1997)

✓ EM Algoritması

Em algoritması çok detaylı algoritmalarından biridir. Bu algoritma, bir veri setindeki parametre dağılımının maksimum olabilirlik tahminini yapan bir algoritmadır. Daha çok, tamamlanmamış veya kayıp veri içeren veri setlerine uygulanmaktadır.

ii. Hiyerarşik Kümeleme Algoritması

Hiyerarşik kümeleme nesnelerin yakınlık ilişkisine göre oluşturulan kümelerden bir ağaç inşa eder. Hiyerarşik kümeleme aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- Bir veritabanını birkaç kümeye ayırır.
- Bu ayrıştırma dendogram adı verilen bir ağaç sayesinde yapılır.
- Bu ağaç, yapraklardan gövdeye doğru veya gövdeden yapraklara doğru kurulabilir.

Aşağıdan yukarıya yaklaşım (toplayıcı (agglomerative)) hiyerarşik kümeleme şu şekildedir;

- Her bir nesne için farklı bir grup oluşturarak başla,
- Bazı kurallara göre grupları birleştir (merkezler arası uzaklık),
- Bir sonlandırma durumuna ulaşıncaya kadar devam et,

Yukarıdan aşağıya yaklaşımı (bölücü (divisive));

- Aynı kümedeki bütün nesnelerle başla,
- Bir kümeyi daha küçük kümelere böl,
- Bir sonlandırma durumuna ulaşıncaya kadar devam et.

iii. Model Tabanlı Kümeleme Metotları

Model tabanlı kümeleme metotları, verilen veri ile bazı matematiksel modeller arasında uygunluğu optimize etmeye çalışır. Bu metotlar genelde olasılık dağılımlarına göre varsayımlar üretir. Model tabanlı kümeleme metotlarının iki ana yaklaşımı vardır: İstatistiksel Yaklaşım veya Neural Network yaklaşımıdır.

iv. Grid Temelli Metotlar

Grid temelli kümeleme yaklaşımı çok çözümlü grid veri yapısını kullanır. Kümeleme yapılacak alanın sonlu sayıda hücelere bölünmesiyle oluşur. Ana avantajı genelde birbirinden bağımsız sayıda veri nesnelere hızlı işlem zamanıdır.

Grid temelli yaklaşımın bazı genel örnekleri: STING, grid hücelerindeki istatistiksel bilgiyi araştırır; Wavecluster, wavelet dönüşüm metodunu kullanan nesnelere kümeler; CLIQUE, yüksek boyutlu veri alanlarını kümelemek için grid ve yoğunluk temelli yaklaşımı temsil eder (McLachlan ve Bkassford, 1998).

v. Yoğunluk Temelli Metotlar

Birçok kümeleme yöntemi, nesnelere birbirleri arasındaki farklılıklarına göre kümeleme yaparken, bu metot nesnelere yoğunluğuna göre gruplama yapar. Yoğunluktan kasıt, analiz edilen nesnelere sayısıdır. Yoğunluk bazlı metotlara örnek olarak DBscan verilebilir.

4.4.2. Uzman Sistemler

Uzman sistem, bir uzmanı taklit edecek şekilde tasarlanan, sorulara cevap veren, açıklık getirmek için soru soran, tavsiyelerde bulunan ve karar verme sürecine yardımcı olan diyaloga açık bir sistemdir. Bilgi tabanlı sistemlerin en gelişmiş biçimidir. İnsan düşünce sürecini taklit eder. Muhakeme edebilir, çıkarımda ve yargıda bulunabilir (Ersöz ve Aktepe, 2011).

Uzman sistemler, analitik modelleri kurulamayan birçok gerçek hayat problemlerinin, sezgisel modellerle ifadesini ve çözümünü mümkün kılmaktadır. Uzman sistemler, problem çözmeye farklı alternatifler getirerek, işlerin ve işlemlerin çalışma boyutunu değiştirmektedir. Bu yeni teknoloji etkin çözümler bekleyen birçok problem için hızlı ve pratik cevaplar geliştirmeye imkan vermektedir (Ersöz, 2015, Öz ve Baykoç, 2004).

Uzman sistemler yardımıyla yöneticiler, şu anda çözümü mümkün olarak düşünemeyen çok karmaşık problemler ile daha çok bilgi işlemeyi mümkün kılan, güçlü kompütürize edilmiş iş istasyonlarına sahip olabilmektedir. Yöneticiler bu iş

istasyonlarını kullanarak, verdikleri kararların miktar ve kalitelerini simültane deneme şansına sahip olmaktadır. Dolayısıyla fabrikalar ve kompleks tesislerin çalıştırılmasından sorumlu olan kişiler, tezgahların çalışmalarını yakından izleyebilecek, problemleri sezebilecek ve operatörlere zekice önerilerde bulunabilecek uzman sistemlerle takviye edilebilmektedir (Ersöz, 2015, Şahin ve Börklü, 2007).

Uzman sistemler, uzmanların problem çözme ve karar verme işlemleri doğrultusunda hareket etmeye çalışan bilgisayar programlarıdır. Uzman sistemlerin amacı, özel problemleri çözmek, sunmak ve çözümü detaylı bir şekilde terimlerle kullanıcılara açıklamaktır (Madni, 1998).

Uzman sistemler, uzman insanın tasarım, oluşturma, planlama, teşhis etme, yorumlama, özetleme ve tavsiye etme gibi yapabileceği türden faaliyetleri yapmak için oluşturulmuş bilgisayar programlarıdır (Marcellus ve Daniel, 1989).

4.4.2.1. Uzman Sistemlerin Genel Özellikleri

Uzman sistemin başarısı, tasarlanacak yapıdaki toplanan bilginin niteliğine bağlıdır. Bilgi, probleme konu olan alanları tam olarak temsil edebilmelidir. Ayrıca bilgi, açıklanabilir olmalı ve bilgi tabanı, karar vermeyi kolaylaştıracak şekilde düzenlenmelidir. Dolayısıyla, bilginin toplanması ve kodlanması bir uzman sistemin en önemli özelliğidir. Uzman sistemin temel özelliklerini ve avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Cebeci, 1994);

- Karmaşık görevlerin uygulanmasındaki uygun zeki davranışı,
- Tam ve kesin olmayan bilgi ve veriyle ilgilenme kabiliyeti,
- Çözüm için problem alanlarında verimli bir şekilde araştırma yeteneği,
- Sistemin veri tabanının okunabilirliği,
- Sistem çalışırken ara sonuçları gösterebilme yeteneği,
- Fırsatları değerlendirecek bilgiden yararlanma kabiliyeti,
- Sonuçları belirleme ve açıklama kabiliyeti.

Bir uzman sistemin temeli, sistemin kurulması aşamasında genişleyen güçlü "Bilgi Tabanı (corpus of knowledge)"dır. Bu bilgi, karar vermeyi basitleştirmek için organize edilir ve sistemin dışsal elemanıdır (Waterman ve Donald, 1986).

Bir uzman sistemin önemli özelliklerinden biri, problemlerin çözümünde yüksek seviyeli uzmanlığa sahip olmasıdır. Bu uzmanlık, belirli bir alandaki üst seviye uzmanların en iyi düşüncelerini temsil edebilmektedir.

Uzman sistemin diğer bir önemli özelliği de, tahmini modelleme gücüdür. Uzman sistem, verilen bir alanda problem çözme modeli veya bilgi işleme teorisi olarak

davranabilmektedir. Mevcut problem durumu için cevapları temin etmekte ve yeni durumlarda çözümlerin nasıl değişeceğini göstermektedir. Yeni durumların değişikliğe nasıl sebep olacağını açıklayabilmektedir. Yeni kurallar ekleyerek veya mevcut kurallarda değişiklikler yaparak yeni stratejilerin veya prosedürlerin çözüm üzerindeki etkisini değerlendirebilmektedir.

Uzman sistemin ustalığını tanımlayan bilgi tabanı, organizasyonel hafıza (institutional memory) olarak nitelenen diğer bir özellik daha sağlamaktadır. Eğer bilgi tabanı bir kurumdaki anahtar personelin etkileşimi ile geliştirilirse, grubun çalışma yöntemini veya mevcut politikayı temsil etmektedir. Bu anahtar personel ayrıldığında onların uzmanlığı korunmuş olmaktadır.

Uzman sistemin önemli diğer bir özelliği, anahtar personel ve önemli personel için bir eğitim araçları sağlama yeteneğidir. Bilgiyi ve çıkarsama mekanizmasını açıklayabilmesinden dolayı eğitim amaçlı tasarlanabilmektedir. Yeni personeller uzman sistemin içerdiği uzmanlık ve stratejilerle yetiştirilmektedir.

4.4.2.2. Uzman Sistem ve Yapay Zeka Arasındaki İlişki

Yapay zeka; "İnsan tarafından zeka kullanılarak yapılabilenleri, makinelere yaptırma" bilimidir. Tanımın üç farklı boyutu vardır. Birinci boyut, ileri bilgisayar teknolojisinden bahsetmektedir. İkinci boyut, bilgisayarlarda insan davranışlarını, idrak, algı ve bilişsel süreçleri simüle etmesidir. Üçüncü boyut ise "bütün zeki beyinler uzayına ait özelliğin incelenmesidir" şeklinde tanımlanmıştır (Taşkın ve Türker, 1991).

Yapay zeka bilgi algılama, sebep sonuç ilişkisi araştırma, öğrenme, algılama ve benzeri kavrama yeteneklerinin geliştirilmesi ile çok sayıda denenmesi için bilgisayarın kullanılmasındaki süreçlerden oluşur (Chorofas, 1992).

Yapay zeka, zekice işleri bilgisayara yaptırma sanatıdır (Rao ve diğ., 1993).

Verilen bu tanımlar ışığında yapay zeka; verilerin toplanıp bilgiye dönüştürülmesi, bilgi tabanlarının oluşturulması, problemlerin çözümünde bilgi tabanlarının zekice işlenmesi olarak tanımlanabilecektir.

Yapay zeka programları, klasik bilgisayar programların aksine yeni ve alternatif bilgiler üretmektedir. Yapay zeka, doğal objeleri kullanırken diğer bilimler ve insanlar tarafından üretilen objeleri de kullanabilmektedir. Yapay zekanın kullanımına yönelik farklı alanlarda uygulamaları görülmektedir. Kullanım alanlarının ve uygulamaların farklılığına göre, bu teknikler aşağıda yer alan dört ana bölümde incelenmektedir;

- Genetik Algoritma,

- Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network),
- Bulanık Mantık (Fuzzy Logic),
- Uzman Sistem (Expert System).

4.4.2.3. Uzman Sistemin Karakteristikleri

Uzman sistem, bir problem alanındaki bir veya daha fazla uzmanın bilgi ve becerisini kullanan bir bilgisayar sistemidir. Uzman sistemler, kullanıcılara faydalı çıkarımlar yapmak için uzmanların problem çözme deneyimlerini kullanır (Kowali ve Janusz, 1986). Uzman sistemlerin dört karakteristiği vardır;

- Uzmanlık,
- Sembolik çıkarım,
- Derinlik,
- Kendi kendine (self) bilgi.

i. Uzmanlık

- Uzman performansının gösterilmesi,
- Yüksek seviyede beceriye sahip olması,
- Yeterli güce sahip olması.

ii. Sembolik Çıkarım

- Sembolik olarak bilgi gösterilmesi,
- Sembolik bilgiyi tekrar formüle etmesi.

iii. Derinlik

- Zor problem alanlarıyla uğraşması,
- Kompleks kurallar toplamı.

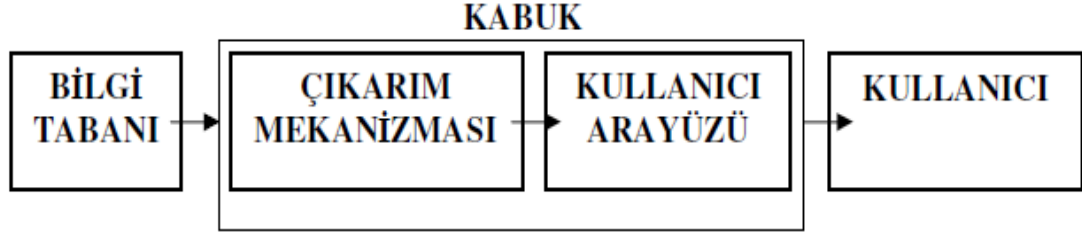
iv. Kendi Kendine Bilgi

- Kendi çıkarımını incelemesi,
- Kendi çalışmasını açıklaması.

4.4.2.4. Uzman Sistem Yapısı

Uzman sistem temel olarak Şekil 4.10'da gösterildiği gibi, üç elemandan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla;

- Bilgi Tabanı,
- Çıkarım Mekanizması,
- Kullanıcı Ara yüzü.



Şekil 4.10. Uzman Sistem Yapısı (Kowali, Janusz, 1986)

i. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, uzmanın bilgisini temsil eden gerçek ve kurallardan oluşmaktadır. Gerçek, problem alanındaki olguları tanımlayan ifadelerdir. Aşağıda gerçekleri ifade eden örnekler yer almaktadır;

- Kanarya bir kuştur.
- Kanarya ötebilir.
- Kanarya uçabilir.

Kurallar, uzman sistemde yer alan gerçekler ve ilişkileri tanımlamaktadır. Kurallar, genellikle IF-THEN yapısındadır. İlk cümle (IF ile başlar) koşul cümlesidir, ikinci cümle (THEN ile başlar) sonuç cümlesidir. Önce birinci durum, sonra ikinci durum gerçekleşir. Kural yapısıyla ilgili örnekler aşağıda yer almaktadır;

- If kanarya bir kuşsa, Then o bir hayvandır.
- If hava güneşli ise, Then yürüyüşe çıkılabilir.
- If hamsi bir balık ise, Then o suda yaşar.

ii. Çıkarım Mekanizması

Çıkarım mekanizması, bilgi tabanını kullanma ve özel problemleri çözümlenme kurallarını kullanarak çözüm elde etmektedir. Sonuçlara ulaşabilmek için spesifik alan bilgisini, özel gerçekler üzerine uygulamaktadır. Problemlerin nasıl çözüleceği, kullanıcı ile bilgi tabanı arasındaki etkileşimin nasıl olacağı bilgilerini içermektedir. Mevcut gerçekler ışığında kuralları işleterek sonuçları ortaya çıkartmaktadır.

İki temel bileşenden oluşmaktadır. İlki çıkarımın kendisidir, bu çıkarım prensiplerini ve metotlarını içermektedir. İkincisi ise kontrol mekanizmasıdır. Kontrol

mekanizması, çıkarım kontrol stratejilerini içermektedir. Kontrol stratejileri, çıkarım prensiplerinin sistematik bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır.

iii. Kullanıcı Ara Yüzü

Bir uzman sistemde, kullanıcı ara yüzü ile sistemin kullanıcı ile iletişim kurması ve kullanıcının sistemin çıkarım mekanizmasının gerçekleştirdiği çözüm süreci hakkında bilgi sahibi olması sağlanmaktadır. Ara yüz aracılığıyla kullanıcı sistem ile etkileşimde bulunmaktadır. Sistemle, ara yüz ile iletişimde bulunan kullanıcı, uzman sistemin bilgi tabanındaki kuralların uygulanarak, çıkarım mekanizmasının problemlerin çözümlemesini sağlamaktadır.

4.4.3. Bulanık Mantık

Geçmişte karmaşık sistemlerdeki bilgi eksikliklerine dayalı belirsizlikler istatistiksel ve yaklaşımlar ile ele alınmaktaydı. İstatistiksel ve matematiksel yaklaşımlar, günlük hayatta karşılaşılan bütün belirsizliklerin rastgele yapıda olduğunu varsaymaktadır. Oysaki günlük hayatta karşılaşılan bütün dilsel belirsizlikler rastgele yapıda değildir. Rastgele yapıda olmayan bu belirsizliklerin çözümlemesi, istatistiksel teorilere dayalı yöntemler kullanılarak yapılması mümkün olmamaktadır (Erdal, 2008, Zimmermann 2001).

Klasik küme teorisi kesinlik ifade eden durumlara dayanır. Klasik kümede belirsizlik yoktur. Hava ya "sıcak" ya da "soğuk"tur. Havanın ne kadar sıcak ya da ne kadar soğuk olduğu bu teori için önemli değildir. Ancak günlük yaşantımızda karşılaştığımız pek çok problemi dilsel şekilde ifade eder, inceler ve yorumlarız. Bu ifadeler kişilerin değer yargılarına, kültürlerine ve alışkanlıklarına göre farklılıklar gösterebilir. Düşüncelerdeki bu farklılaşma, problemin çözümündeki belirsizliğin temelini oluşturur. Örneğin "hava soğuk" kelimesinin ifade ettiği anlam kişilere, alışkanlıklara vb. göre değişim gösterebilir. İşte kişilere göre değişiklik gösterebilen belirsiz ifadeler bulanık ifadelerdir (Çevik ve Yıldırım, 2010).

Bulanık mantık yaklaşımı, insani düşünebilme silsilesini bir uzman sistem aracılığı ile çözüm üretiminde kullanılmasına olanak sağlar. Bu yöntemle çözüm üretilirken, matematiksel, sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. Sembolik ifadeler mantıksal ilişkiler temeline dayanmaktadır (Dubois ve diğ., 1999).

4.4.3.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık, klasik mantığın tamamen doğru ya da yanlış gibi ikili sonuçlarının genişletilmesiyle ulaşılan üst küme olarak ifade edilebilir. Bu tanıma göre, bir durumun meydana gelme ya da gelmeme durumundan öte bu iki uç değere ilişkin kümeye ne kadar üye olduğu ile ilgilenir (Dalgaldere, 2014).

Lotfi A. Zadeh bulanık mantığı belirsizlik ve yaklaşık düşünmenin temeli olarak tanımlamıştır. İnsani düşünme yeteneklerini formülize edildiği bu yaklaşımda iki temel özellikten bahsedilebilir. Bunlardan birincisi insani düşünmede eksik ve çelişkili bilgi varlığından kaynaklı belirsizlik durumunda rasyonel kararlar alabilme özelliği; ikincisi ise herhangi bir ölçüme dayanmaksızın mantıklı tahminlerde bulunabilme özelliğidir. Tüm bu özellikler göz önünde tutulduğunda aslında bulanık mantık bulanık değildir (Zadeh, 2008).

Philosophical Dictionary bulanık mantığı, klasik mantığın aksine "doğru" ya da "yanlış"ı dereceler şeklinde ifade edilmesi olarak tanımlamıştır.

4.4.3.2. Bulanık Mantık Tarihsel Gelişimi

1900'lü yılların başında, Amerikan filozof Charles Pierce "mantıkçıların" çalışmalarında, belirsizlik kavramını göz ardı ettiklerini ve bunun matematiksel olarak önemli bir hata olduğunu ileri sürmüştür. Belirsizlik kavramı, 1923 yılında Bertrand Russel tarafından yeniden ele alınmıştır. 1930'lu yıllarda Jan Lukasiewicz tarafından ortaya atılan çoklu değerli mantık yaklaşımı henüz tartışılıyorken, Max Black belirsizliği açıklamak üzere belirlenen "tutarlılık profillerini" ortaya atmıştır (Liu ve diğ. 2005). Tutarlılık profilleri bulanık mantıktaki üyelik fonksiyonlarının temelini oluşturmaktadır. H.Weyl (1940), A.Kaplan ve H.F. Schott (1951) basit bulanık mantıkla ilişkili çalışmalar yürütmüştür. Ancak 1968'de Fransız dilbilimci Yves Gentilhomme (1968), Zadeh'in bulanık kümelerinden (1965) bağımsız olarak belirsizliğe ilişkin durumları "ensembleflou" olarak ifade etmiş ve tanımlamıştır. Gentilhomme, "ensembleflou" kavramını iç içe alt kümelerin bir parçası şeklinde ifade etmiştir. Ayrıca "ensebleflou" kavramı ilk defa matematikçi Karl Menger tarafından 1951 yılında bir makale başlığında kullanılmıştır (Dubois ve diğ., 1984).

19. ve 20. yy'da yaşanan devrimler insani düşünme yeteneğini taklit eden makineler üretme ihtiyacını artırmış, sibernetiğin bir bilim olarak ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır. Lotfi A. Zadeh, sibernetik ve mantık alanında "makinelere düşünebilir mi?" sorusu ile yapay zeka sorunlarına tatminkar cevaplar vermiş ve bulanık mantığın temellerini oluşturmuştur (Dubois ve diğ., 2000).

Bulanık mantık ilk defa 1965 yılında Azeri asıllı Amerikan Lotfi A. Zadeh tarafından ikili klasik mantığa bir alternatif olarak ortaya atılmış ancak "bulanık mantık" terimi dönemin pek çok bilim adamı tarafından "mantığın bulanığı mı olurmuş" şeklinde eleştirilmiştir. Amerika'da bulanık mantık kavramı üzerinde tartışmalar devam ederken, Japonlar bu kavramı oldukça geliştirmiştir. Japonlar bulanık uygulamaların uluslararası alanda koordinasyonunu sağlamak için LIFE (1989) laboratuvarlarını kurmuş ve araştırmalara başlamıştır.

Bulanık mantık ile kontrol ilk defa 1973'de Londra'daki Queen Mary College'da Prof. Ebrahim H. Mamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulanmıştır. 1980 yılında Danimarka'da bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede bulanık mantık ilk defa ticari amaçlarla kullanılmıştır (Duru ve diğ., 2008). Bu gelişmelerle birlikte bulanık sistemler tıp, mühendislik, sosyal pek çok alanda kullanılmakta, kullanıcıya akılcı ve pratik çözüm yaklaşımları sunmaktadır.

4.4.3.3. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi 1965'te Zadeh tarafından belirsiz ve kesin olmayan problemler için tanımlanmıştır. Karmaşık sistemlerin modellenmesinde insanların kontrol etmesi zor durumlarda kullanılmaktadır.

A, sözel terimlerin kümesini oluşturmaktadır. X ise bu kümenin bulanık kümesini temsil etmektedir. A'nın üyelik fonksiyonu değerleri $[0,1]$ aralığındadır.

$$f_A: X \rightarrow [0,1] \quad 4.3.$$

Bu durumda A kümesi şu şekilde gösterilebilir.

$$A = \{f_A(x) | x \in X\} \quad 4.4.$$

Bulanık sayılar üçgen, yamuk ve eğri şeklinde olabilir. Genel olarak işlem kolaylığı açısından üçgen sayılar kullanılmaktadır. Üçgen sayılar alternatifleri, önemleri ve sayıları temsil etmek için kullanılır.

Tanım2:

Gerçek bir bulanık sayı şu özellikleri göstermelidir.

1. $f_A(x)$ için \mathfrak{R} kümesinde kapalı aralığı $[0,1]$ olarak eşleşmelidir.
2. $f_A(x) = 0$ ise bütün $x \in (-\infty, a)$
3. $f_A(x)$ $[a,b]$ aralığında büyümelidir.
4. $f_A(x) = w$ bütün $x \in [b, c]$
5. $f_A(x)$ $[c,d]$ aralığında küçülmelidir.
6. $f_A(x) = 0$ olduğunda $x \in (d, \infty)$

a, b, c ve d gerçel sayılardır.

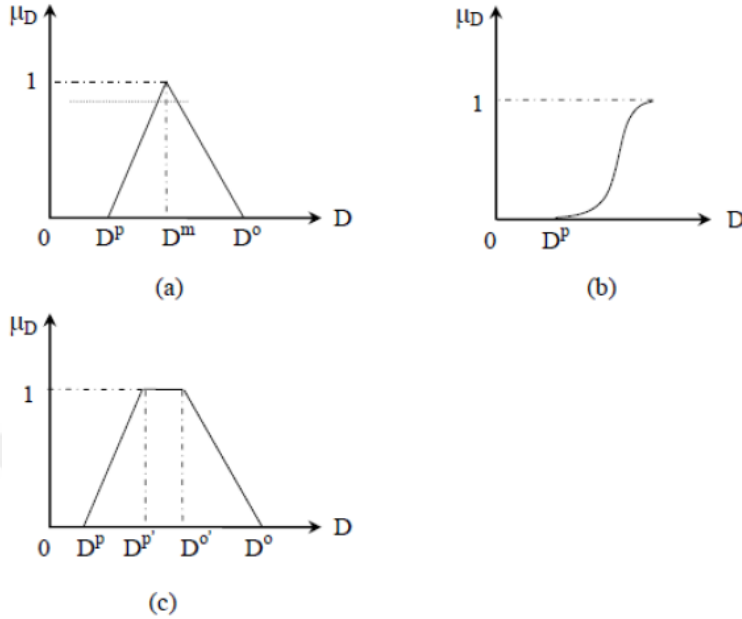
Tanım3:

Eğer A bulanık sayısı üçgen sayı ise üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi olmalıdır.

$$f_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{Diğer Koşullar} \end{cases} \quad 4.5.$$

Bu formülde c ve a gerçel sayıları en üst ve en düşük değerleri temsil etmektedir ve b sayısı medyan değeridir. Bir üçgen sayı (a, b, c) olarak gösterilir.

Bir üçgensel sayı "b civarında" veya "neredeyse b'ye eşit" olarak tanımlanabilir.



Şekil 4.11. Bulanık Küme Örnekleri

Şekil 4.11'de belirtilen grafikler farklı çeşitlerde bulanık kümeleri ifade etmektedir. (a) ile ifade edilen grafik, üçgensel yapıdaki bulanık kümeyi, (b) ile ifade edilen grafik, "S" yapısındaki bulanık kümeyi ve (c) ile ifade edilen, ikizkenar yamuk yapısındaki bulanık kümeyi göstermektedir.

Üyelik fonksiyonun "1" değerinde olması ile amaca ulaşıldığı, "0" değerini alması ile ise amaca ulaşılamadığı anlaşılacaktır. Üyelik fonksiyonun 0 ile 1 değerleri arasında bir değer alması ile amaca kısmen ulaşıldığı anlaşılmaktadır.

Bir karar vericiye problem ile ilgili soru sorulduğunda karar vericinin verdiği cevap genellikle kesin olmayan değerlerdir. Örneğin; bir ürünün maliyetini sorduğumuzda karar vericinin bize verdiği cevap "500'den fazla değil" veya "yaklaşık olarak 500" gibidir. Genelde bu tür cevaplarda günlük yaşamda bu cevaplar yuvarlama yöntemi ile gerçel sayılara çevrilir. "500 den fazla değil" cevabı 500 olarak yuvarlanır fakat gerçekte bu değer 490 veya 510 olabilir. Fakat bu tür yuvarlamalar hesaplama hatalarına sebep olmaktadır.

Örnekte de verildiği üzere "yaklaşık olarak 500" değeri 490 alt sınırı ve 510 üst sınırı olmak üzere bu aralıkta değerler alabilir. Bu değerlerin üyelik fonksiyonları hesaplanarak işlemler yapılabilir.

4.4.3.4. Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesi

Üyelik fonksiyonunun belirlenmesinde, sezgisel yöntemler ile beraber çıkarımsal ve algoritmik yöntemlerde kullanılabilir. Literatürde yer alan yöntemler genel itibarıyla sezgisel, çıkarımsal, derecelendirme, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi yöntemlerdir.

- **Sezgisel (Intuition):** Yöntemde temel bilgi düzeyinin az ya da hiç olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Bu yöntemde kişilerin kişisel görüşlerine dayanan sübjektif bakış açıları söz konusudur. Örneğin, sıcaklık kelimesine ilişkin alt kümeler çok soğuk, soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak şeklinde tanımlanmaktadır. Aynı sıcaklığa sahip ortamlar hakkında kişilerin belirttikleri sıcaklık değerleri farklılık göstermektedir. Bir kişi için 0°C sıcaklık "soğuk" iken bir başkası için "ılık" olabilir. Bu durumda 0°C hem soğuk hem de ılık alt kümelerinin eş zamanlı olarak farklı üyelik derecesinde elemanı olacaktır (Ross, 2010).
- **Çıkarımsal (Inference):** Üyelik fonksiyonu durumla ilgili olarak doğru bilgiye sahip uzman kişi tarafından belirlenmektedir. Uzman bilgisinin içerdiği varsayımlar ve sınırlar çerçevesinde çıkarım yapılabilir (Ross, 2010).
- **Derecelendirme (Rank Ordering):** Bulanık değişkenler ile ilgili bilgiler herhangi bir araştırma, anket vb. çalışmanın ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Üyelik dereceleri ise verilen cevaplara göre belirlenir (Fotheringham ve Rogerson, 2009).
- **Yapay Sinir Ağları (Neural Networks):** Düşünce özelliklerinin modellendiği bilgisayar sistemleri ile üyelik derecelerinin otomatik belirlenmesini ifade etmektedir. Yöntemde, bilgisayar sistemleri kullanılacak bilgiyi saklar ve bu bilgiyi yeni çözümlerde girdi parametresi olarak kullanır (Gülcan, 2012).
- **Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithms):** Genetik gelişim ve çeşitliliğinin bilgisayar temelli sistemlerde kullanılması ile ilgili maddedir. Başlangıç bilgisi her bir işlem sonrasında gelişir. Bu gelişim optimum ya da optimuma yakın çözüm elde edilinceye kadar devam etmektedir (Gülcan, 2012).

4.4.3.5. Dilsel Değişkenler

Bulanık sistemleri özelleştirerek çözüme ulaşmayı kolaylaştıran değişkenlerdir. Günlük yaşantımızda kullandığımız kavramları kullanarak doğru çözüm yaklaşımları elde edebilmek, bulanık mantığın amacını oluşturmaktadır. Örneğin; hava durumundan bahsederken "çok soğuk", "soğuk", "ılık", "sıcak" gibi ifadeler dilsel ifadeler yardımı ile nitelenir. Nitelendirmeyi sağlayan dilsel değişkenler, ifadenin ait olduğu kümedeki üyelik fonksiyonunda derecesini belirlemektedir. Bu derecelendirme matematiksel bir işlemdir. Fonksiyonun etkisini arttırabilmek amacıyla, üyelik derecesinin artırılması gerekmektedir.

Soğuk ifadesinin üyelik derecesi μ_s olmak üzere;

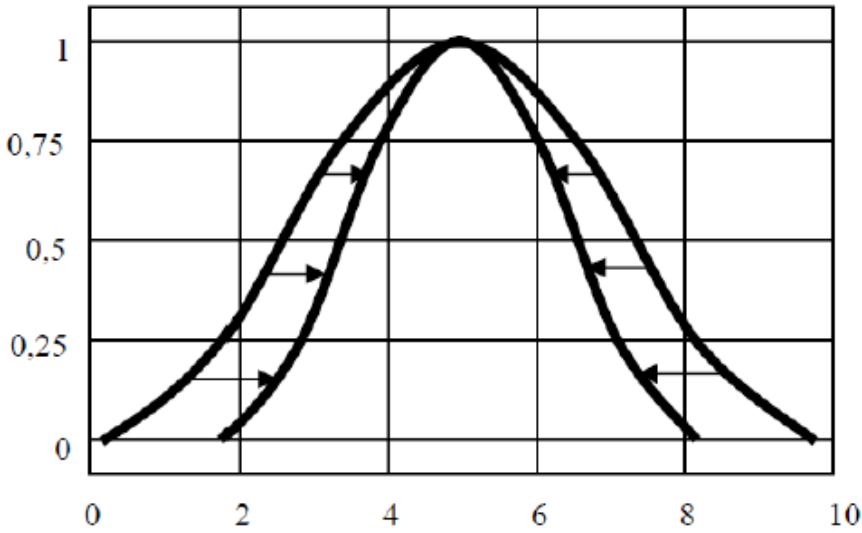
Çok soğuk $= \mu_s^2$

Ilık $= \mu_s^{0,8}$

Çok çok soğuk $= \mu_s^4$

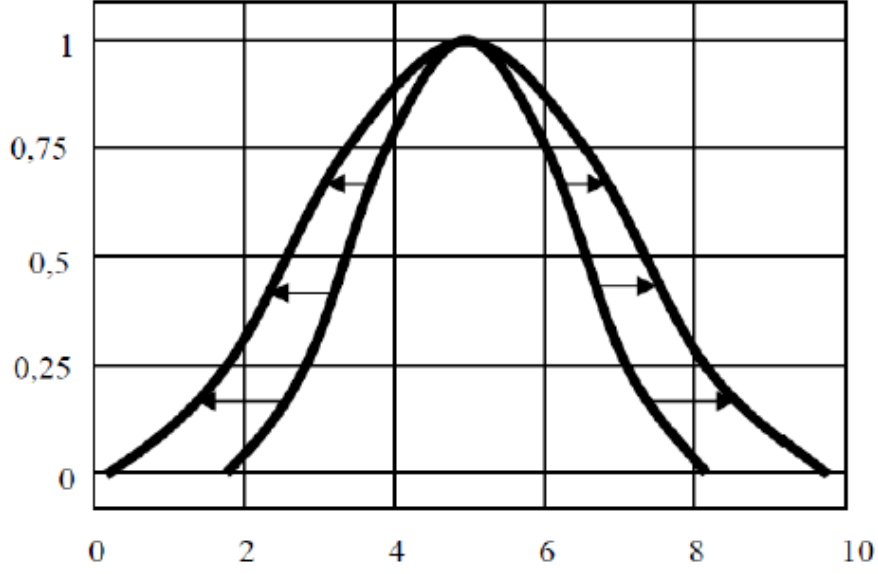
Sıcak $= \mu_s^{0,2}$

Üyelik derecesinin büyük kuvvetlerle çarpılması üyelik fonksiyonunu daraltmaktadır. Bu daralma, ifadedeki kesinliğin artırılması ile oluşmaktadır. Örneğin; "Çok çok soğuk" bulanık ifadesi, "Soğuk" bulanık ifadesine göre daha kesin ve belirgin bir ifadedir. Üyelik fonksiyonundaki bu daralma ile 0'a yakın üyelik derecesine sahip elemanlarda azalma görülecek, böylelikle kavramın kesinliği artacaktır (Acar, 2005).



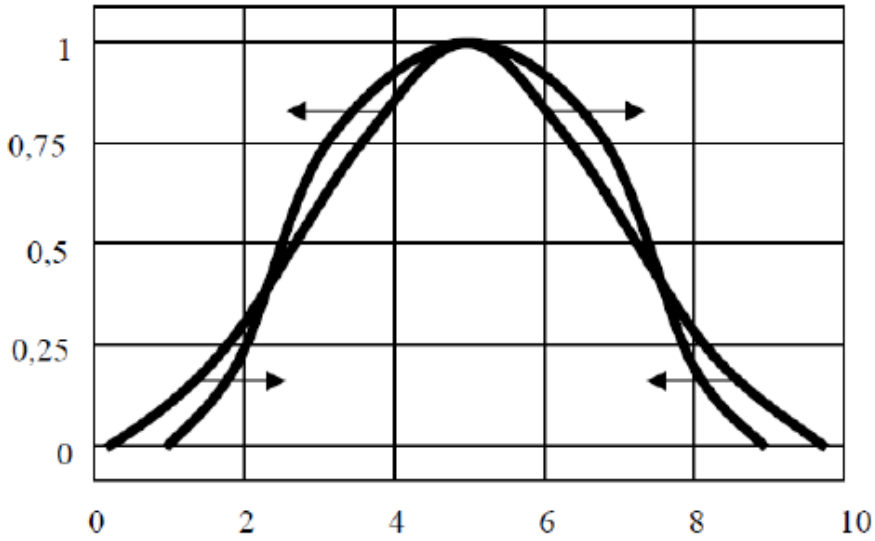
Şekil 4.12. Üyelik Fonksiyonunun Daraltılması (Acar, 2005)

Üyelik derecesinin 1'den küçük değerlerle çarpılması sonucu üyelik fonksiyonu genişler. Fonksiyondaki bu genişleme ile ifadedeki bulanıklık arttırılmış olacaktır. Böylelikle "Soğuk" bulanık ifadesine dahil olan elemanların sayısı artacaktır. Eğride 0 üyelik derecesine yakın değerler artış göstereceğinden bulanıklık durumu artacaktır. (Acar, 2005).



Şekil 4.13. Üyelik Fonksiyonunun Genişletilmesi (Acar, 2005)

Daralma ve genişlemeler dışında üyelik fonksiyonundaki eleman artışları "Yoğunlaşma" olarak ifade edilebilir. Yoğunlaştırma işleminden sonra üyelik fonksiyonlarının geçiş bölgeleri daha dik bir hal alırken, üyelik derecesi 0.5'den büyük olan üyelik fonksiyonu değerleri artar, üyelik derecesi 0.5'den küçük olan üyelik fonksiyonu değerleri azalır (Acar, 2005).



Şekil 4.14. Üyelik Fonksiyonu Yoğunlaşması (Acar, 2005)

$$yoğunlaştır(\alpha) = \begin{cases} 2\mu_{\alpha}^2(y), & 0 \leq \mu_{\alpha}(y) \leq 0,5 \\ 1 - 2(1 - (1 - \mu_{\alpha}(y)))^2, & x \geq 0 \end{cases} \quad 4.6.$$

4.4.3.6. Bulanık Mantıkta Kural Tabanı

Bulanık mantık temelinde düşünme sistemine yaklaşarak problemlere kolay cevap verilebilirliğini arttırmak vardır. Dilsel değişkenlerle ifade edilen değişkenlerin çözümünde de dilsel bir kural yer almaktadır. Problemlere çözümlerde "Eğer...İse..." kural tabanı kullanılarak sonuç üretilir. Kural temelli sistemlerde çok sayıda girdi için tek bir çıktıya ulaşılması doğru ve etkin bir kural tabanı ile mümkün olmaktadır. Bu kural tabanı uzman kişiler tarafından tespit edilen kuralları içermektedir. Karar vermede kullanılan denetim değişkenleri de uzman kişiler tarafından oluşturulmaktadır (Yılmaz ve Ocak, 2008).

Genel olarak kural tabanı;

"Eğer veri...ve...ve...ise sonuç" şeklindedir. Bulanık mantığın temelini oluşturan kural tabanı doğru çıktının elde edilmesinde oldukça önem taşımaktadır.

4.4.3.7. Durulaştırma

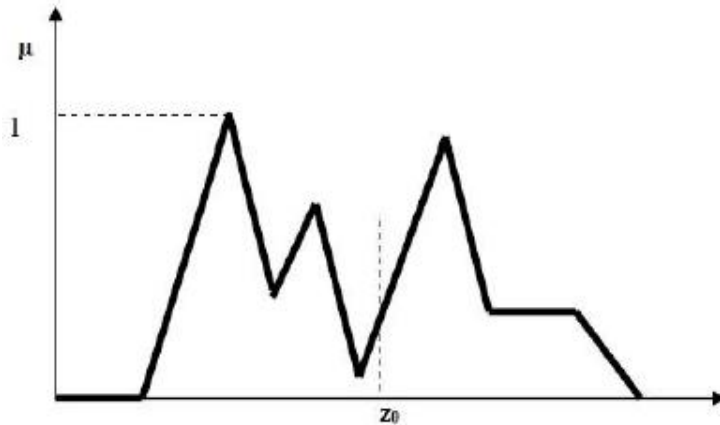
Bulanık mantıkta durulaştırma işlemi, bulanık bilgilerden yola çıkarak kesin değerler elde etme işlemidir. Literatürde pek çok durulaştırma yöntemi bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan yöntem, Alan Merkezi Yöntemidir. Bu kısımda sadece söz konusu yöntem ele alınacaktır.

Alan Merkezi Yöntemi (Center of Area Method)

Sugeno tarafından 1985 yılında geliştirilen yöntem durulaştırmada kullanılan en yaygın yöntemlerden bir tanesidir. Ağırlık merkezine dayalı yöntem matematiksel olarak;

$$Z_0 = \frac{\int \mu(z).zdz}{\int \mu(z)dz} \quad 4.7.$$

şeklinde ifade edilir (Jager, 1995).



Şekil 4.15. Alan Merkezi Yöntemi İle Durulaştırma (Jager, 1995)

5. TASARLANAN STOK YÖNETİM MODELİ VE GRUPLAMA ALGORİTMASI

Değişen rekabet koşullarına uyum sağlamak ve pazar paylarını kaybetmek istemeyen işletmeler, maliyetlerini azaltmak veya kontrol edebilmek ve uzun dönemli planlar yapabilmek için etkin bir stok kontrolüne ihtiyaç duymaktadır. Etkin stok kontrol ve yönetim politikaları işletmelerin geleceğini büyük oranda etkilemektedir. Stok kontrol faaliyetleri arasında en önemlilerinden biri de stok gruplamadır. Çok farklı şekillerde ve kullanım alanlarına göre farklı işlevler taşıyan stokların, etkin bir şekilde yönetilmeleri ve en avantajlı şekilde değerlendirilmeleri için, stokları çeşitli kriterleri baz alarak gruplandırmak gerekmektedir. Gün geçtikçe gelişen teknolojik faaliyetler, işletme fonksiyonlarını da etkilemektedir. Özellikle stok yönetim faaliyetlerinde kullanılmaya başlanılmıştır. Bu bölümde, RFID temelli geliştirilen stok yönetim modeli ve stok gruplama algoritması anlatılacaktır.

5.1. RFID Temelli Tasarlanan Stok Yönetim Modeli

İşletmeler arasında yaşanan kıyasıya rekabet ve var olma savaşında en önemli silahlardan biri de bilgi, bilginin doğru kullanımı ve yönetilmesidir. Doğru bilgiye ulaşan ve değişiklikleri önceden sezebilen işletmeler daima bir adım önde olmaktadır. Etkin bir stok yönetiminin olabilmesi için, disiplinler arasında hızlı ve doğru bilgi akışının sağlanması gerekmektedir. Bilgi paylaşım kalitesi ve düzeyi arttıkça stok yönetim faaliyetlerinin de etkinliği artmaktadır. Bu nedenle bilgi sistemi teknolojilerinin stok yönetimi yapılanmasında büyük önemi vardır.

SAN-TEZ projesi kapsamında, FNSS Savunma Sistemleri A.Ş.'de ambarda sistem analizi yapılmıştır. RFID sisteminin gerekliliği, ambardaki mevcut RFID donanım ve yazılımlarının değerlendirilmesi ve ambardaki stok yönetim faaliyetlerinin incelenmesi konuları üzerinde durulmuştur. Sistem analizi çalışma takvimi Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çalışma Takvimi

İş Paketleri	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Ambar ve Üretim Süreçlerinin Analizi	X	X		
Ambardaki Mevcut Yerleşim ve Depolama Sisteminin Analizi		X		
RFID Şirketleri İle Ambar Sürecinin İncelenmesi		X	X	
Toplantı (Çözümlerin Paylaşılması)				X

Ambarda yapılan sistem analizi çalışmaları sonucunda;

- Elektronik, köpük, kauçuk, bakır, metal, pul, somun vb. çeşitli ürün gruplarının bulunduğu,
- Malzemeler için sistematik bir gruplama yapısının çalıştığı ve sayım kurgusunun bu yapının üzerinde şekillendiği,
- Depoda 3000'e yakın ürünün raf ömrü kısıtının olduğu,
- Ambara ürün giriş çıkışlarının, kontrollü bir şekilde barkod yapısı ile sağlandığı,
- Sayımın sağlıklı yapılabilmesi amacı ile her ürüne ait tek bir etiket tanımlanması şeklinde tasarlandığı görülmüştür.

Analiz sonuçlarına göre 2 başlık inceleme altına alınmıştır. Bunlar;

- 22 günlük periyotta sayılan A grubu parçaların ve 80 günlük periyotlarda sayılan B grubu parçaların yeniden tespitine yönelik bir algoritma önerilmiştir.
- RFID yazılım ve donanımlarının daha etkin kullanılmasına yönelik planlamalar yapılmıştır.

Önem gruplarının yeniden gözden geçirilmesi projenin ilerleyen aşamalarında;

- RFID Etiketleme,
- Ambar sürecinin kolay takibi,
- Sayım süreçlerinin minimizasyonu,
- Üretime hızlı geri dönüşler yapılması gibi süreçlerde iyileştirme yapılmasında aktif rol oynayacaktır.

Sistem analizi sonuçları neticesinde etkin bir stok yönetimi gerçekleştirmek için bilgi sistemi teknolojilerini de kullanarak uygun bir model geliştirilmiştir. RFID temelli tasarlanan stok yönetimi modelinde aşağıda belirtilen donanımlar ve yazılımlar kullanılacaktır.

i. El Terminali Sistemi: Yeni alınan bir projenin imalatına geçebilmek için MRP çevrimine göre malzemelerin toplanması gerekmektedir. Bu nedenle depoya yeni giren ya da üretim tarafından talep edilecek malzemelerin kolay ulaşılabilir olması gerekmektedir. Mevcut sistemde el terminalleri ambarda sayım işlemleri için kullanılmaktadır. Her malzemeye etiket takılarak sayım işlemlerinde tek tek bütün malzemelerin sayılma işlemi yapılmaktadır. RFID ile geliştirilen stok yönetim modelinde el terminalleri, malzemelerin buldukları lokasyonların tespitinde ve ambar içinde raflara yerleştirilmesinde kullanılacaktır.

ii. *Forklift Sistemi*: Stok yönetiminde, parçaların sayımı ve gruplandırılması için tasarlanan algoritma ile bütün stok kalemleri forkliftlerin üzerine monte edilecek olan RFID antenleri ile sayılacaktır. Bu sayede işgücünden önemli derecede kazanç ve dolayısı ile stok maliyetlerinde de bir azalma söz konusu olacaktır. Tablo 5.2'de kullanılacak olan forklift sisteminin teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 5.2. Forklift Sistemi

No	Model Numarası	Açıklama
FORKLİFT SİSTEMİ		
1	FX7500-42325A50-WR	READER,FX7500:RFID READER,4 PORT,GEN2,GL
2	MTI-243017	11 dB Dairesel Anten
3	Anten Kabloları	ANTEN KABLO
4	APPC1230T-2G	FORKLİFT BİLGİSAYARI 12.1" TFT SVGA 4:3 Flush Panel PC with Intel® Atom™ D2550, 1.86GHz, Touch Screen, 4GB DDR3, 4 x USB, 4 x COM and VGA , 60GB SSD HDD Windows 7 Pro 64 Bit
5	NISE 105	Forklift PC Intel® Atom™ Processor E3826 Dual Core Fanless System, 4GB RAM, 60GB SSD HDD, 3.5G/GPS Kombo Module Kit SIERRA WIRELESS , Windows 7 Pro 64 Bit
6	VMD3002-BS	Forklift PC Monitör 10.4" XGA Vehicle Mounted Display with Projected Capacitive Touch Screen, VGA and CVBS Interfaces
7	Monitor Montaj Aparatı	Forklift PC Monitör VMD3002-BS dokunmatik ekran montaj aparatı
8	Aksesuarlar	DC-DC konvertör, ihtiyaç olabilece röle ve kablolar
9	Makara Sistemi	Forklift Makara sistemi
10	MONTAJ ve Kurulum	RFID Sistemi + PC + Makara Sisteminin Forkliftte Montajı

iii. *RFID Kapı Sistemi*: Stok yönetiminde hata payını ortadan kaldırmak ve ERP sistemine dinamik olarak veri sağlamak için depo giriş ve çıkış kapılarına RFID antenler takılması planlanmıştır. Giriş ve çıkışların kontrol altında tutulması, çıkan veya giren ürünün RFID sisteminin kontrolünde sürecin yönetilmesi sağlanacaktır.

Ürünlerin giriş yaptığı ana kapı ve iş emirlerine göre üretim bölümüne gönderirken geçtikleri diğer 3 kapı RFID antenleri ve okuyucu sistemleri ile donatılacaktır. Kullanılacak olan kapı sisteminin özellikleri Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3. RFID Kapı Sistemi

KAPI SİSTEMİ		
1	FX7500	KAPILAR İÇİN SABİT RFID OKUYUCU
2	ANTEN	8,5 dB Dairesel Anten
3	Anten Kablo	ANTEN KABLO
4	STAND	KAPILAR İÇİN ANTEN ve OKUYUCULARI TUTACAK STAND
5	MONTAJ ve Kurulum	KAPI SİSTEMİ KURULUMU

iv. *RFID Etiket Yazıcı*: Stok kalemlerine yerleştirilecek olan etiketlerin basılması için teknik şartnamede belirtilen özelliklerde RFID etiket yazıcısı sağlanacaktır. Malzemelerin ambara girdikten sonraki tüm takip işlemlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi için etiketlerin doğru çalışıyor olması gerekir. Bu nedenle alınacak olan yazıcı önem arz etmektedir.

v. *RFID Etiket*: Malzemelerin tüm süreçler içerisinde etkin kontrolü için her stok kalemine ayrı etiket (unique) tanımlanacaktır. Bu etiketlerde malzemelerle ilgili, lokasyon bilgisi, raf ömrü, cins ve adet gibi bilgiler bulunmaktadır. Ayrıca metal, PVC, ahşap ve elektronik malzemeler için dört farklı cins etiket önerilmektedir. Toptan alınan malzemeler için kırmızı etiket, perakende olarak alınan malzemeler için ise yeşil renkte etiket kullanılması önerilmektedir. Tablo 5.4'te kullanılacak olan RFID etiketin özellikleri verilmiştir.

Tablo 5.4. RFID Etiketi

ETİKET		
1	MicroxII	Metal Yüzey Etiketi
2	3004006	Ahşap ve plastik yüzeyler için etiket RFID Yazıcı ile basılabilir UHF RFID Etiket 97 x 27 mm

v. *Yazılım*: Yazılım, işletmedeki mevcut ERP uygulaması ile entegre olarak çalışacaktır. RFID yazıcıdan etiket üzerine parça ve çiple ilgili tekil numara atanacaktır. Malzemeler süreç içerisinde atanan bu numaralar ile takip edilecektir.

Deste, düzine, koli, kg, m3 ve lt gibi benzer ölçütlerle malzemelerin toptan ve perakende tasnifi öngörülmektedir.

- Adet bazında olan parçaların her biri mevcut sistemde ayrı ayrı etiketlenmektedir. Bunun yerine parçaların bulunduğu kutuya etiket koyularak ve etikete kutu içerisinde bulunan parça cinsleri ve adetleri işlenerek daha verimli bir takip sistemi elde edilebilir.
- Kutuda bulunan malzemeler haricinde depoda bulunan atıl malzemeler için ayrı etiketleme yapılabilir. Örneğin; 13 adet parça varsa 10 tanesi için kutu bazında etiketleme, 3 tane için ise ayrı ayrı etiketleme yapılabilir.
- Benzer şekilde elle sayılamayan ya da belirli bir hacme göre depolanan ürünler için de aynı şekilde bir sepet mantığı ile malzemelerin takibi kolaylaşacaktır.

5.2. Tasarılan Hibrit Gruplama Algoritması

Yapılan gözlem ve analizler, gruplama metodundan maksimum fayda sağlayabilmek ve sistem ihtiyaçlarına cevap verebilmek için Pareto (ABC) analizinin tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Bu nedenle ABC analizine katkı sağlayacak yeni bir gruplama yöntemi düşünülmüştür.

Birden fazla kriterin göz önüne alındığı algoritma ile stoklar, birçok farklı şekilde nitelendirilerek, işletmenin ihtiyacına göre etkin gruplandırılacaktır. Algoritma konfigürasyon yönetimi felsefesine dayanılarak tasarlanmıştır. Kurgulanan stok gruplandırma algoritmasında ilk adım klasik ABC yöntemidir. Stok kalemlerinin değerlerine ve miktarlarına göre tutar üzerinden gruplama yapılmaktadır.

Değer ve miktar kriterleri stok sınıflandırma problemlerinin kilit noktası olduğu için kurgulanacak olan algoritmanın da temellerini oluşturmaktadır. Bazı stok kalemleri miktar ve değer kriterlerinin yanında farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle stok kalemlerinin birden fazla kriterle ifade edilmesi gerekmektedir.

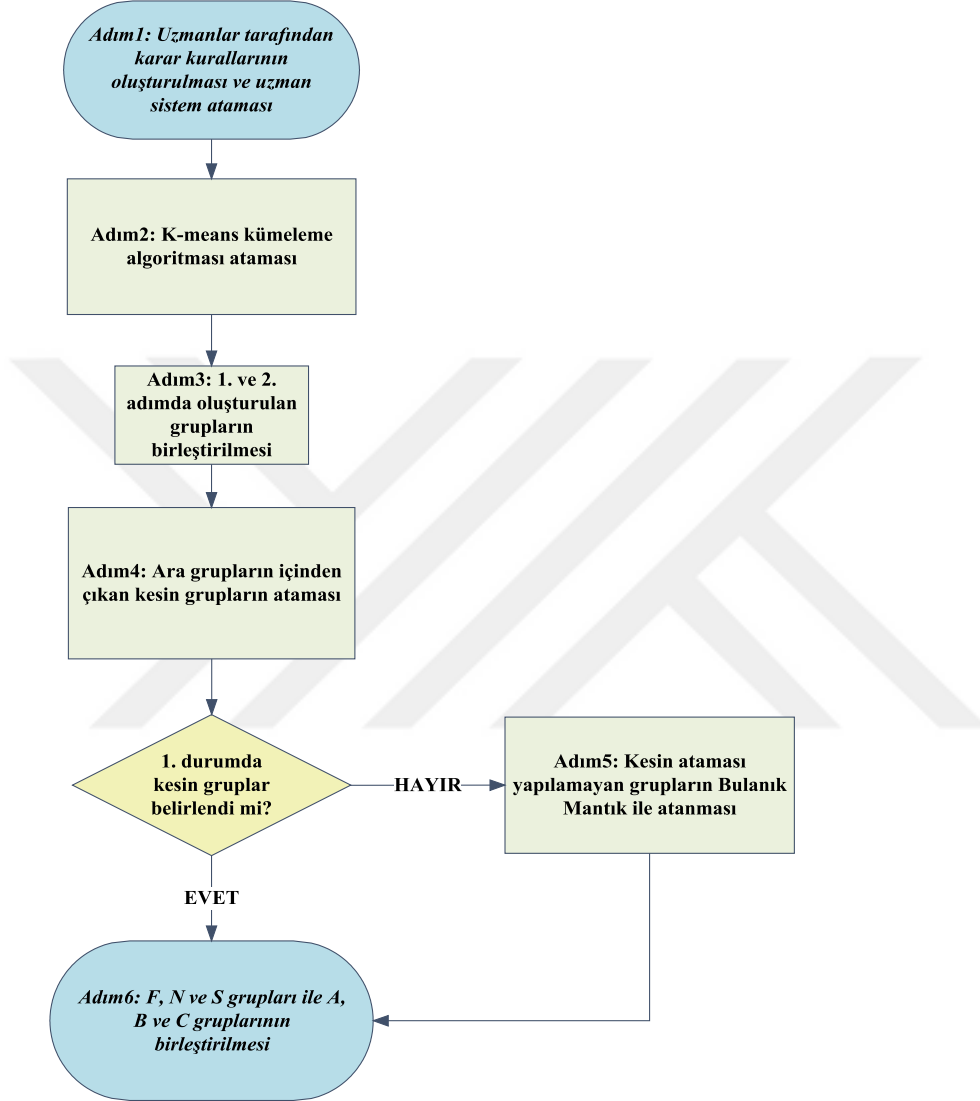
Stok kalemlerinin, birden fazla kritere göre gruplandırılması için uzman sistemler ve k-means algoritmaları kullanılacaktır. Oluşturulan karar kuralları neticesinde stok kalemleri uzman sistemlerin belirleyeceği şekilde gruplanacaktır. Sınıflandırma işleminin kesinliği ve güvenilirliği için K-means kümeleme algoritması da kullanılarak birden fazla kritere göre sınıflar belirlenecektir. Uzman sistemler ve K-means kümeleme algoritmalarının yetersiz kalması durumunda, kesin atamaların yapılabilmesi için bulanık mantık metodu kullanılmıştır. Bu sayede her bir stok kalemi kesin olarak, belirlenen gruplara atanacaktır.

Düşünülen stok gruplama algoritmasının yanında RFID yazılım ve donanımlarının etkin olarak kullanılması hakkında önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler maddeler halinde belirtilmiştir.

Tasarlanan model, birden fazla kriterin yer aldığı özellikle konfigürasyon yönetiminin uygulandığı işletmeler için uygun olacak bir çalışmadır. Birim fiyat ve adet gibi parametrelerin yanı sıra, hareket görme sıklığı, tedarik süresi gibi kriterler de depo yönetiminde etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle sınıflandırma yapılırken birden fazla kriterli sınıflandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde oldukça fazla sayıda çok ölçütlü stok sınıflandırma yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmada, düşünülen yöntem ile bahsedilen sınıflandırma yöntemlerine farklı bir bakış açısı kazandırılmaya çalışılmıştır.

5.2.1. Algoritma ve Akış Diyagramı

Geliştirilen FNS algoritmasında, "Konfigürasyon Yönetimi" esaslı, stokları hem değerlerine göre hem de önem derecesine göre gruplandırılmaktadır. Tasarlanan algoritmanın akış diyagramı Şekil 5.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.1. Algoritmanın Akış Diyagramı

Geliştirilen algoritmanın adımları şu şekildedir:

Adım1: Hareket görme sıklığı (K1), tedarik süresi uzunluğu (K2), fason işlemler için dışarıya gönderilen parçalar (K3) ve zor temin edilen parçalar (K4) kriterlerine göre mevcut stoklar uzmanlar tarafından belirlenen karar kurallarına göre F, N ve S sınıflarına atanır. Bu adımda uzmanlar, stok kalemlerinin atanması ile ilgili karar kurallarını oluşturmuştur.

Adım2: K-means kümeleme algoritması, K1, K2, K3 ve K4 kriterleri girdi olacak şekilde oluşturulur. K-means kümeleme algoritması, K=3 olacak şekilde 3 ayrı küme oluşturur. Küme merkezlerinin büyüklüğüne bakarak sınıflandırmada kullanılacak gruplar belirlenir. Her stok kaleminin küme merkezlerine olan uzaklıklarına bakılarak atama işlemi gerçekleştirilir. K-means kümeleme algoritmasının kullanılma amaçlarından biri de stoklama yapılacak grupları belirlemektir. Algoritmada, ABC analizinde olduğu gibi hazır gruplar yoktur. Bu nedenle k-means kümeleme algoritması kullanılarak, önce gruplar oluşturulur, daha sonra veriler belirlenen gruplara dağıtılır.

Adım3: 1. ve 2. adımda bulunan iki farklı küme birleştirilerek yeni gruplar oluşturulur. 1. adımdan çıkan sonuçta oluşan 3 grup ve 2. adımdan çıkan sonuçta oluşan 3 grup birleştirildiğinde toplamda 9 (3x3) yeni grup meydana gelir (FF, FN, FS, NF, NN, NS, SF, SN ve SS).

Adım4: Ara gruplar içinden çıkan kesin grupların ataması 1. süzgeçte yapılır. Kesin olmayan atamalar 2. süzgeç olan Adım 5'e gönderilir. 1.adım ve 2. adım sonuçlarında aynı çıkan gruplar (FF, NN, SS) için nihai atama yapılır. Her iki grupta F grubuna atananlar (FF) F grubuna, aynı şekilde N grubuna atananlar (NN) N grubuna ve S grubuna atananlar (SS) ise S grubuna atanır. Geriye kalan 6 grubun ataması için 5. adıma geçilir.

Adım5: 4. adımda ataması yapılamayan 6 grup için bulanık mantık yöntemine başvurulur. Bunun temel sebebi, uzman sistem ve kümeleme algoritması sonucunda kesin atanamayan gruplar için bir sonuç üretmek zordur. Stok kaleminin hangi gruba daha yakın olduğunu net olarak ifade edebilmek için bulanık mantık son derece önemli bir çözüm aracıdır. Örneğin; ayrı ayrı F ve N gruplarına atanan stok kaleminin hangi gruba dahil olduğunu belirlemek uzman sistemler ve k-means algoritması ile oldukça zordur. Fakat bulanık mantık metodu, söz konusu stok kaleminin hangi gruba daha yakın olduğunu bize kolaylıkla göstermektedir.

Adım6: F, N, S gruplarına atanan parçalar daha önce birim tarafından belirlenen A, B, C ile kesiştirilir ve nihai gruplar oluşturulur. Bu sayede bütün stok kalemleri hem önem dereceleri açısından hem de değerleri açısından gruplandırılmış olur.

Geliştirilen algoritmanın etkinliğini ölçmek üzere, bir ambarda uzmanlar tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda, literatürde yer alan test verileri kullanılarak uygulama çalışması yapılmıştır. Algoritmanın çözüm araçlarından olan kümeleme algoritması için SPSS paket programında yer alan K-means algoritmasından, bulanık mantık yönteminin uygulanması için ise Matlab R2016a programının Fuzzy Logic Designer modülünden yararlanılmıştır.

5.3. Uygulama

Bu bölümde problemin tanımlanması, amaçları ve verilerinin oluşturulması ile FNS algoritması ile ilgili detaylı bilgiler verilecektir. İşletme tarafından sağlanan veriler ile algoritmanın uygulaması yapılacaktır.

5.3.1. Problemin Tanımlanması

Günümüzde işletmelerde, girdi kalemi olarak stoklar, üretim faaliyetlerine esneklik kazandırarak üretim kapasitesinin daha verimli kullanılmasına ve üretim faaliyetlerinin minimum maliyetle gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Üretimde ortaya çıkabilecek acil malzeme ihtiyaçlarının önüne geçilerek satın alma açısından beklenmeyen tedarik maliyetlerinin oluşmasına engel olur. Üretim işletmelerinde ürün maliyeti içerisinde en yüksek paya sahip olan malzeme ve tedarik maliyetlerinin aşağıya çekilmesinde stoklar, satın alma stratejisinde büyük öneme sahiptir. Özellikle pazarlık ve nakliye aşamalarında stok bulundurulabilme gücü, satın alma bölümünün kullanabileceği önemli avantajlardan biridir.

Stok tutmanın belirtilen faydalarının yanında, işletmeye hem mali hem de verimlilik açısından zararları da olmaktadır. Sağlıklı şekilde yapılamayan stok yönetim politikaları neticesinde işletmeler büyük ölçüde elde bulundurma maliyetine maruz kalmaktadır. Bu nedenle, işletmeler stok politikalarını gözden geçirerek, ihtiyaçları doğrultusunda kararlar almak zorundadır.

Çalışmanın önceki konularında, doğru stok politikalarının nasıl oluşturulacağına dair gerekli bilgiler verilmiştir. Stok miktarı ve stok bulundurma maliyeti arasındaki dengeyi oluştururken bir çok araç ve yöntemden bahsedilmiştir. Bunlardan en önemlilerinden biri de stok gruplamadır. Stok gruplama işlemi işletmelerin tüm fonksiyonlarının yanı sıra özellikle üretim kısmını yakından ilgilendirmektedir. Bu nedenle, çalışmada stok gruplama problemi ele alınmıştır.

Özellikle proje tipi üretimi benimseyen işletmeler için stok gruplama işlemi oldukça önem taşımaktadır. Mevcut dönemde depolanan stok kalemleri, sonraki projede kullanılmayabilir. Ayrıca söz konusu stok kalemleri, ABC analizinde yer alan "A" sınıfı ürün olabilir. İlerleyen dönemlerde bu stok kalemleri herhangi bir üretim fonksiyonunda kullanılmayacağı için depoda fazladan yer kaplamaktadır. Bu durum hem stok bulundurma maliyetlerini arttırmakta hem de ambar içindeki akışları olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu gibi durumlar için stok kalemlerini, sadece yıllık kullanım oranlarına göre gruplandırmak stok yönetimi açısından verimsizliğe yol açabilir. Stok kalemlerini değer kriterinin yanında önem derecelerine göre gruplandırmak bize söz konusu problemlerin çözümünde kolaylık sağlayacaktır.

Tüm belirtilenler göz önüne alındığında karşımıza çok kriterli stok gruplama problemleri çıkmaktadır. İşletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda yeni kriterler ile oluşturulacak stok gruplama yöntemi çerçevesinde belirtilen karışıklığın çözümü hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, malzemeleri hem önem derecelerine göre hem de yıllık kullanım oranlarına göre gruplandırarak, çok kriterli stok gruplama algoritması geliştirilmiştir.

5.3.2. Algoritmanın Amaçları ve Fırsatları

Amaçlar:

Geliştirilen algoritma esas olarak birden fazla kriterli stok gruplama işlemi için tasarlanmıştır. Algoritmada kriterler, işletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda oluşturulacağı için, hem sektör bazında hem de işletme içerisinde farklı alanlarda kullanılabilir. Bu tez çalışmasında, savunma sanayisinde faaliyet gösteren ve proje tipi üretimi benimseyen bir firma göz önüne alınarak stok gruplama modeli oluşturulmuştur. Çalışmanın amaçlarını maddeler halinde şu şekilde açıklamak mümkündür;

- Sürekli değişen rekabet koşullarına uyum sağlamak ve pazar paylarını kaybetmek istemeyen işletmeler için etkin bir stok kontrol modeli geliştirmek,
- İşletmelerin stok maliyetlerini azaltmak ve stok kontrol politikalarına yardımcı olmak,
- Uzun ve orta dönemli yapılacak planlara katkı sağlamak,
- Ambar içerisinde, farklı şekillerde ve kullanım alanlarına göre farklı işlevlerde kullanılacak stokları etkin bir şekilde yönetmek,
- Literatürde yer alan stok gruplama çalışmalarına katkı sağlamak ve farklı bir bakış açısı kazandırmaktır.

Fırsatlar:

Belirtilen amaçlara ulaşmak, bu paralelde problemlerin çözümünü oluştururken, bazı fırsatların da oluşmasına katkı sağlayacaktır. Geliştirilen stok gruplama algoritmasının, belirtilen amaçlara çözüm olmasının yanı sıra işletmenin stok sayma problemlerine de katkı sağlayacaktır. Doğru şekilde gruplanan stokları saymak, işletmenin birçok işçilik maliyetinden kurtulmasını ve zamanın etkin şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

5.3.3. Problem Verilerinin Oluşturulması

Bu bölümde, literatürde yer alan test verileri ile FNS stok gruplama ve sayma uygulaması gerçekleştirilmiştir. ABC analizinde birim fiyat ve adet bazında sınıflandırma yapılmıştır. FNS yönteminde ise şu kriterler dikkate alınmıştır;

- Hareket görme sıklığı (K1),
- Tedarik süresi uzunluğu (K2),
- Fason işlemler için dışarıya gönderilen parçaların süresi (K3),
- Özel (Zor temin edilen) parçalar.

Belirtilen kriterler K1, K2, K3 ve K4 şeklinde kısaltılmıştır. Uygulama kısmında kriterler kısa şekilleriyle ifade edilecektir.

Tablo 5.5'te FNS sınıflandırma algoritmasında kullanılacak kriterler, kriterler ile ilgili verilerin sağlanacağı kaynaklar ve kriterlerin algoritmada kullanılacak olan formülasyonları verilmiştir.

Tablo 5.5. FNS Stok Gruplama Sistemi Özellikleri

Kriter No	Kriter Adı	Formül	Sınıflandırma Türü	Gerekli Veri
1	Hareket Görme Sıklığı	Üretim planında önceliği olan parçalar	FNS	Ürün ağaçları
2	Tedarik Süresi	Ortalama Tedarik Süresi/2	FNS	Tedarik süresi
3	Fasona Gönderilen Parçalar	Ortalama Dönüş Süresi/2	FNS	Dönüş süresi
4	Parça Büyüklüğü	Adet	ABC	Parçaların sayısı
5	Fiyat	Parçaların birim fiyatı	ABC	Parçaların sınırları
6	Özel Parçalar	Özel parçanın olup olmama durumu	FNS	Ürün ağaçları

Hareket Görme Sıklığı: Parçanın ana üretim planına göre ilerleyen dönemlerde (hafta ya da ay bazında) kullanılacak zamanını veren kriterdir. Bu kritere göre, hareket sıklığı ortalama 1 hafta ve daha az olan parçalar için "1" değeri, ortalama 2 hafta olan parçalar için "2" değeri ve 2 haftadan fazla olan parçalar için "3" değeri atanır.

Tedarik Süresi: Parçanın tedarik süresinin sınıflandırmaya katıldığı kriterdir. Bu kriter içinde atama değerleri "Hareket Görme Sıklığı" kriterine benzemektedir.

Fasona Gönderilen Parçalar: İşletmeler, çeşitli nedenlerden dolayı bazı ürünlerinin üretimini farklı firmalara yaptırırlar. Bu kriter ile söz konusu parçaların da

hesaplamaya katılması amaçlanmıştır. Kriter için atama yine "Hareket Görme Sıklığı" kriterine benzer, fakat parçanın fason üretime gönderilmediği durum için "0" değeri atanır.

Parça Büyüklüğü: Stok kalemlerinin adet bazında değerlerini içermektedir. Fakat bu kriter, her stok kalemi için ABC analizine göre belirlenmektedir. Fiyat kriteri ise parçaların birim fiyatlarını yansıtmaktadır. Parça büyüklüğü kriterine benzer olarak fiyat kriteri de ABC analizinden faydalanılarak her stok kaleminin grubu belirlenir. Sonuçlar, FNS algoritmasına veri sağlamaktadır.

Özel Parçalar: Özellikle savunma sanayi ve hastane gibi kuruluşlarda temini zor olanlardır. Bu tür parçalar için söz konusu kriter belirlenmiştir. Özel parçalar kriterine göre hayati önem arz eden parçalar için "1" değeri, diğer parçalar için "0" değeri atanır. Tablo 5.6'da yer alan veriler test verileridir. Bu veriler FNS algoritması için kaynak olarak kullanılacaktır.

Tablo 5.6. Kriterler ve Stok Kalemlerinin Değerleri

Parça No	Parça Adı	Hareket Görme Sıklığı (Gün)	Tedarik Süresi (Gün)	Fasona Gönderilen Parçalar (Gün)	Özel Parçalar
1	X1	20	45	40	2
2	X2	40	30	20	1
3	X3	50	55	38	2
4	X4	65	10	28	2
5	X5	35	85	40	2
6	X6	100	25	15	2
7	X7	80	22	15	1
8	X8	15	57	35	2
9	X9	55	10	64	2
10	X10	37	18	40	2

Tablo 5.6'da değerler gün cinsinden verilmiştir. Fakat SPSS paket programına veri girebilmek için bu değerlerin gruplara bölünmesi gerekir. Bu nedenle kriterlerin değerleri farklı gruplara bölünmüştür. Tablo 5.7'de her kriter için ayrı olarak planlanan gruplar oluşturulmuştur. Tablodaki veriler, uzmanlar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 5.7. Kriterlerin Grupları

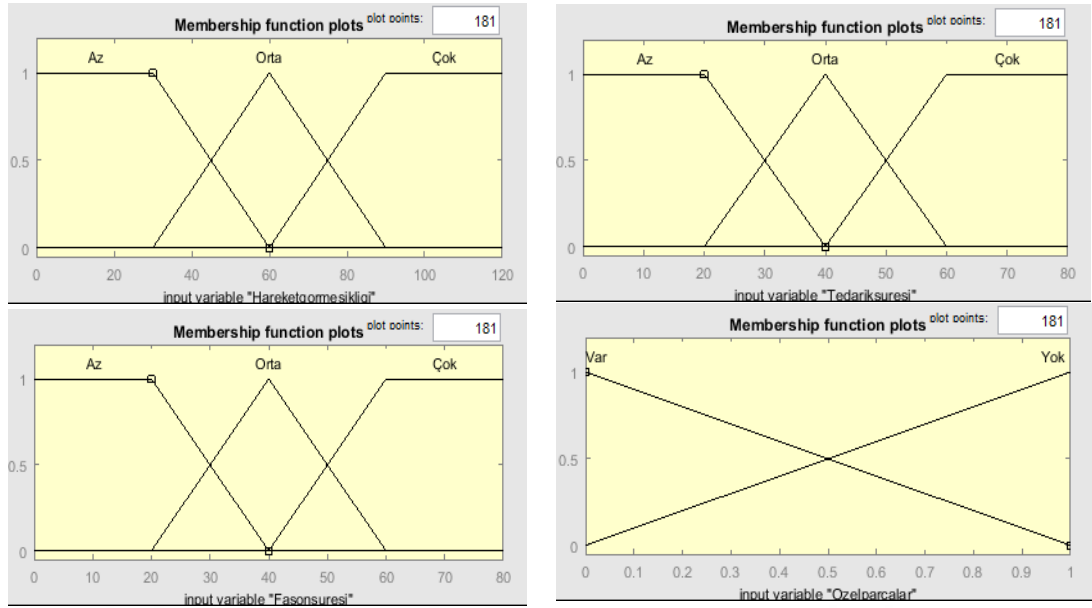
Kriter Adı	Gruplar	Arahklar
Hareket Görme Sıklığı (Gün)	Az, Orta Çok	0-30, 30-60, 60-
Tedarik Süresi (Gün)	Az, Orta Çok	0-20, 20-40, 40-
Fason Süresi (Gün)	Az, Orta Çok	0-20, 20-40, 40-
Özel Parçalar	Var, Yok	
FNS Grupları (%)	F, N, S	0-33, 33-66, 66-100

Test verilerinin gruplara ayrılmasının başka bir amacı da bulanık mantık metodu için kullanılacak grafiklerin Matlab programına girişlerinin yapılabilmesidir. Bulanık mantığın giriş ve çıkış verilerinin belirlenmesinde, belirtilen gruplar kolaylık sağlayacaktır. Kriterler gün cinsinden, çıkış parametreleri ise yüzde (%) cinsinden belirlenmiştir. Giriş ve çıkış parametreleri için oluşturulan gruplar birbirinden farklıdır.

Tablo 5.6'da gün ve özel parça olup olmama şeklinde verilen değerler, Tablo 5.7'de bulunan gruplara dönüştürülecektir. Bu doğrultuda, "Az" olarak nitelendirilen değerler için "1" değeri, "Orta" olarak nitelendirilen değerler için "2" değeri ve "Çok" olarak nitelendirilen değerler için "3" değeri atanır. Tablo 5.8'de verilerin dönüşümleri sonrası değerleri verilmiştir.

Tablo 5.8. Stok Kalemlerinin Gruplarına Göre Atandıkları Değerler

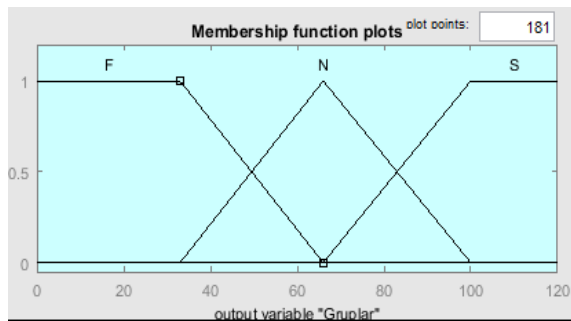
Parça No	Parça Adı	Hareket Görme Sıklığı (Gün)	Tedarik Süresi (Gün)	Fasona Gönderilen Parçalar (Gün)	Özel Parçalar
1	X1	1	3	3	2
2	X2	2	2	1	1
3	X3	2	3	2	2
4	X4	3	1	2	2
5	X5	2	3	3	2
6	X6	3	2	1	2
7	X7	3	2	1	1
8	X8	1	3	2	2
9	X9	2	1	3	2
10	X10	2	1	3	2



Şekil 5.2. Giriş Kriterlerin Bulanık Küme Grafikleri

Uzman sistem atamaları ve k-means kümeleme algoritması atamaları için Tablo 5.3'deki değerler kullanılacaktır. Bu değerler aynı zamanda bulanık mantık atamaları için de kullanılacaktır. Fakat giriş ve çıkış parametrelerini grafiksel olarak ifade etmek gerekir. Şekil 5.2'de giriş parametrelerinin grafikleri gösterilmiştir. Grafikler, Matlab2016a paket programının "Fuzzy Logic Designer" modülünde tasarlanmıştır.

Şekil 5.2'deki grafiklere göre; hareket görme sıklığı, tedarik süresi ve fason parçaların süresi kriterleri "Az, Orta, Çok" şeklinde 3 gruba ayrılmıştır. Giriş parametreleri olan kriterlere göre "Az" olarak belirlenen grup için "1" değeri, "Orta" olarak belirlenen grup için "2" ve "Çok" olarak belirlenen grup için "3" değeri atanacaktır. Özel parçaların kriterleri, diğer 3 kriterden farklı olarak sadece "Var" ve "Yok" şeklinde gruplanmıştır. "Var" olarak belirlenen gruplar için "1" değeri, "Yok" olarak belirlenen gruplar için ise "2" değeri atanacaktır. Çıkış parametresi olan "Gruplar" için de F, N ve S olmak üzere 3 farklı kategori belirlenmiştir. Şekil 5.3'te çıkış parametrelerinin grupları görülmektedir.



Şekil 5.3. Çıkış Parametrelerinin Bulanık Küme Grafiği

5.3.4. FNS Algoritması

FNS algoritması Şekil 5.1'de gösterildiği gibi 6 adımdan oluşmaktadır. Uzman sistemleri, k-means kümeleme algoritmasını ve bulanık mantık metodunu kullanarak, birden fazla kriterli stok gruplamayı amaçlamaktadır. Bu bölümde daha önce verilen test verileriyle, algoritmanın adımları detaylı olarak çalıştırılarak stok kalemlerinin gruplandırılması yapılacaktır.

Adım1: İlk aşamada uzman kişiler tarafından her bir stok kaleminin FNS grubu belirlenmiştir. Bu işlem için, karar kuralları belirlendikten sonra yine uzman kişiler tarafından uygun atamalar yapılmıştır. Karar kuralları;

"Eğer ...ve ... ve... ve... ise ... sonuç" şeklindedir. Toplam olarak 54 karar kuralı oluşturulmuştur. Karar kuralları şu şekildedir;

EĞER K1 =1 VE K2 =1 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =1 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =1 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =1 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =1 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =1 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =2 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =2 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =2 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =2 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =2 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =2 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =3 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE F GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =3 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =3 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =3 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =3 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =1 VE K2 =3 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =1 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE F GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =1 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =1 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =1 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =1 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =1 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =2 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE F GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =2 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =2 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =2 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE S GRUBU

EĞER K1 =2 VE K2 =2 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =2 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =3 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =3 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =3 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =3 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =3 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =2 VE K2 =3 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =1 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =1 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =1 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =1 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =1 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =1 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =2 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =2 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =2 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =2 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =2 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =2 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =3 VE K3 =1 VE K4 =1 İSE N GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =3 VE K3 =1 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =3 VE K3 =2 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =3 VE K3 =2 VE K4 =2 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =3 VE K3 =3 VE K4 =1 İSE S GRUBU
EĞER K1 =3 VE K2 =3 VE K3 =3 VE K4 =2 İSE S GRUBU

Adım2: Bu adımda 1. kümeleme algoritması ile stok kalemleri verilen kriterler neticesinde gruplara atanır. Hazır gruplar olmadığı ve bu grupların değerleri bilinmediği için sınıflandırma algoritmaları yerine kümeleme algoritmaları kullanılmıştır. Kümeleme algoritmaları verileri kullanarak önce grupları oluşturur, daha sonra parçaların uygun gruplara atanmasını sağlar. K-means kümeleme algoritması için SPSS programı kullanılmıştır. Şekil 5.4'de SPSS programının değişken tanımlama ekran görüntüsü (Variable View) verilmiştir.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	ID	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Nominal
2	C1	Numeric	8	2	Hareket Görme...	{1,00, 1 haft...	None	8	Right	Scale
3	C2	Numeric	8	2	Tedarik Süresi	{1,00, 1 haft...	None	8	Right	Scale
4	C3	Numeric	8	2	Fason	{0,00, Gönd...	None	8	Right	Scale
5	C4	Numeric	8	2	Özel Temin	{1,00, Özel ...	None	8	Right	Scale

Şekil 5.4. SPSS Değişken Tanımlama Ekran Görüntüsü

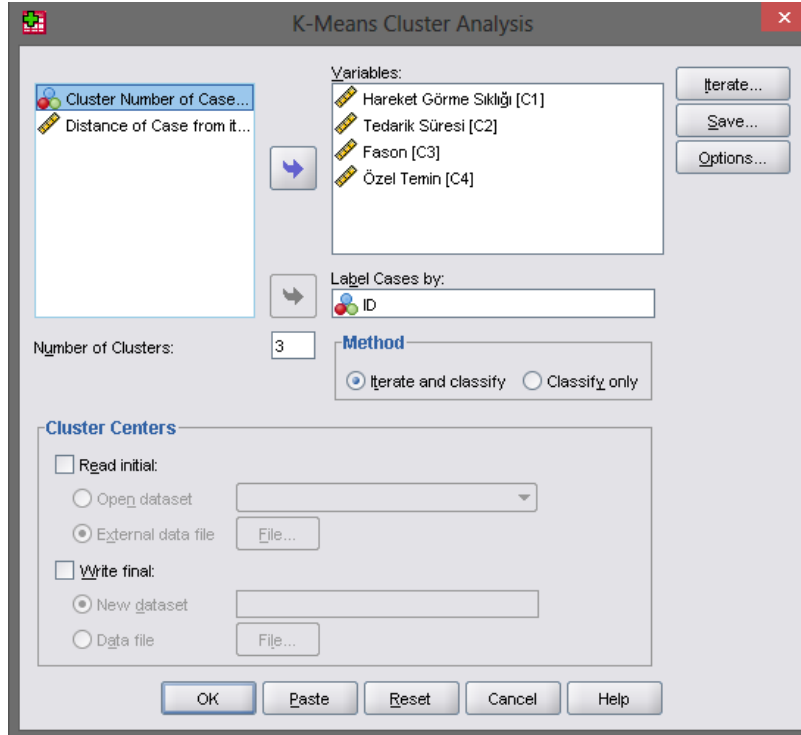
Şekilde, her stok kaleminin numarasının atanması için "ID" ve daha önce belirlenen 4 kriter (C1, C2, C3 ve C4) tanımlanmıştır. Şekil 5.5'te SPSS programına veri

girişinin sağlandığı ekran görüntüsü (Data View) verilmiştir. Bütün stok kalemleri ve kriterlere göre aldıkları değerler programa girilmiştir.

	ID	C1	C2	C3	C4
1	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00
2	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00
3	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00
4	4,00	3,00	1,00	2,00	2,00
5	5,00	2,00	3,00	3,00	2,00
6	6,00	3,00	2,00	1,00	2,00
7	7,00	3,00	2,00	1,00	1,00
8	8,00	1,00	3,00	2,00	2,00
9	9,00	2,00	1,00	3,00	2,00
10	10,00	2,00	1,00	3,00	2,00

Şekil 5.5. SPSS Veri Giriş Ekran Görüntüsü

Bütün işlemler tamamlandıktan sonra k-means kümeleme algoritmasının kullanılması gerçekleştirilmiştir. SPSS programının, Analyze menüsünden, Classify seçeneği ve ardından K-means Cluster seçeneği ile algoritmanın çalıştırılacağı modül seçilmiştir. ID ve diğer kriterler, algoritmanın giriş parametreleri olarak seçilmiştir. "Number of Clusters" seçeneğinde, verilerin kaç kümeye ayrılacağı bilgisi girilmiştir. FNS algoritmasının, F, N ve S olmak üzere 3 adet grubu olduğu için "3" değeri girilmiştir. Program verilerin birbirlerine olan uzaklıklarına göre kümeleri oluşturmuştur. Şekil 5.6'da K-means kümeleme algoritması ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 5.6. K-means Cluster Analysis

Modüle tüm veri girişleri tamamlandıktan sonra "OK" tuşuna basarak algoritma çalıştırılır. Tablo 5.9'da her bir stok kaleminin atandıkları gruplar ve küme merkezlerine uzaklıkları verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus bulunmaktadır. Küme ilişkileri bulunan tabloda, 1 numaralı küme "S" grubunu, 2 numaralı küme "N" grubunu ve 3 numaralı küme "F" grubunu temsil etmektedir. Bunun nedeni; K-means kümeleme algoritması düşük değerleri 1 numaralı kümede, yüksek değerleri ise 3 numaralı kümede toplamıştır.

Tablo 5.9. Küme Üyelikleri (Cluster Memberships)

Case Number	ID	Cluster	Distance
1	1,00	1	0,707
2	2,00	2	0,745
3	3,00	1	0,707
4	4,00	3	0,943
5	5,00	1	0,707
6	6,00	2	0,745
7	7,00	2	0,471
8	8,00	1	0,707
9	9,00	3	0,471
10	10,00	3	0,471

Adım3: Her iki yöntemle grupları belirlenen parçalar bu aşamada birleştirilerek ara gruplar oluşturulur. Bu durumda her parça iki harf ile ifade edilmektedir. Tablo 5.10'da her iki atama sonucunda stok kalemlerinin grupları verilmiştir.

Tablo 5.10. Uzman Sistem ve K-means Kümeleme Algoritması Atamaları

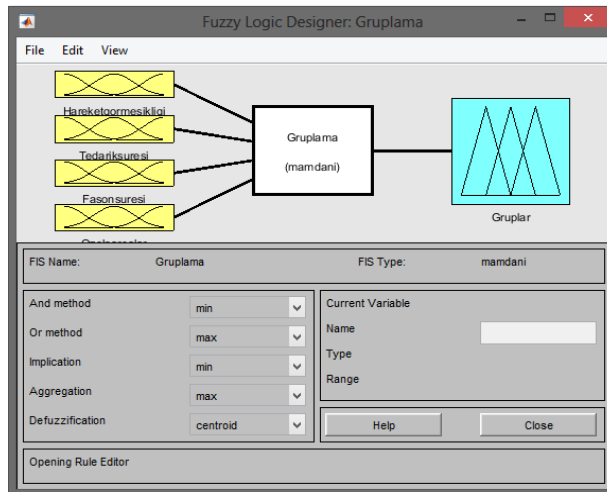
Parça No	Parça Adı	Uzman Sistem Ataması	Kümeleme Algoritması Ataması	Ara Gruplar
1	X1	S	S	SS
2	X2	N	N	NN
3	X3	S	S	SS
4	X4	N	F	FN
5	X5	S	S	SS
6	X6	N	N	NN
7	X7	N	N	NN
8	X8	N	S	SN
9	X9	S	F	FS
10	X10	S	F	FS

Adım4: Algoritmanın 1. süzgeci bu adımda gerçekleştirilir. Adım3'te birleştirilen gruplar bu süzgece girer. Uzman sistem ve kümeleme sonucu aynı harfe sahip olan parçalar için kesin atama tamamlanmış olur. Bu parçalar 5. adıma uğramadan nihai grupların oluşturulacağı 6. adıma gönderilir. Kesin ataması yapılamayan parçalar ise bulanık mantık yönteminin uygulanacağı 5. adıma gönderilir. Tablo 5.11'de kesin olarak atanan ve atanamayan stok kalemleri gösterilmiştir.

Tablo 5.11. Stok Kalemlerinin 1. Birleşim ve Kesin Atama Durumları

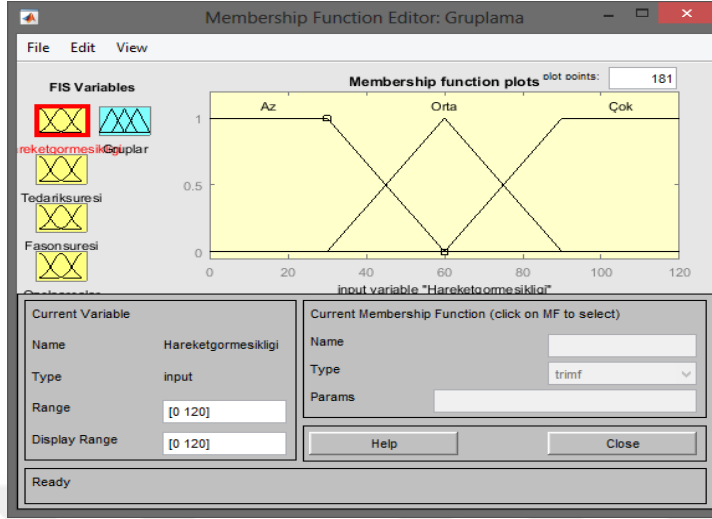
Parça No	Parça Adı	1. Birleşim	Kesin Atananlar
1	X1	SS	S
2	X2	NN	N
3	X3	SS	S
4	X4	FN	ADIM5
5	X5	SS	S
6	X6	NN	N
7	X7	NN	N
8	X8	SN	ADIM5
9	X9	FS	ADIM5
10	X10	FS	ADIM5

Adım5: Adım4'te kesin atanamayan gruplar için bulanık mantık yöntemi uygulanacaktır. Adım5'e gelen her parça, uzman sistem ve kümeleme algoritması sonucunda farklı kümelerle atanmıştır. Fakat ilk bakışta parçanın hangi gruba yakın olduğu kestirilemez. Bu nedenle, bulanık mantık ile kesin olarak hangi gruba yakın olduğu anlaşılabilir. Matlab R2016a programının Fuzzy Logic Designer modülü ile önce giriş birimleri ve çıkış birimi, yani algoritmanın kriterleri ve grupları girilir. Daha sonra modülün karar verebilmesi için karar kuralları da modüle işlenerek program çalıştırılır. Şekil 5.7'de Fuzzy Logic Designer modülünde giriş ve çıkış parametreleri gösterilmiştir.



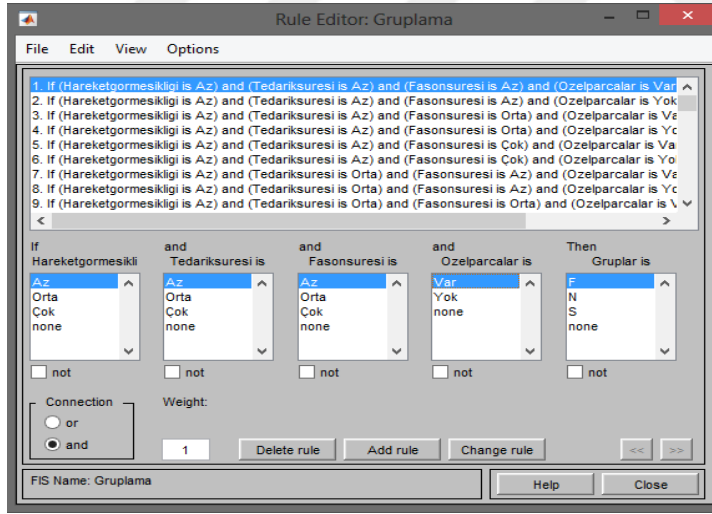
Şekil 5.7. Fuzzy Logic Designer Giriş ve Çıkış Parametreleri

Her giriş ve çıkış parametresi için Tablo 5.4'te belirtilen aralıklar programa girilir. Örnek olarak "Hareket Görme Sıklığı" kriterinin aralıkları Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



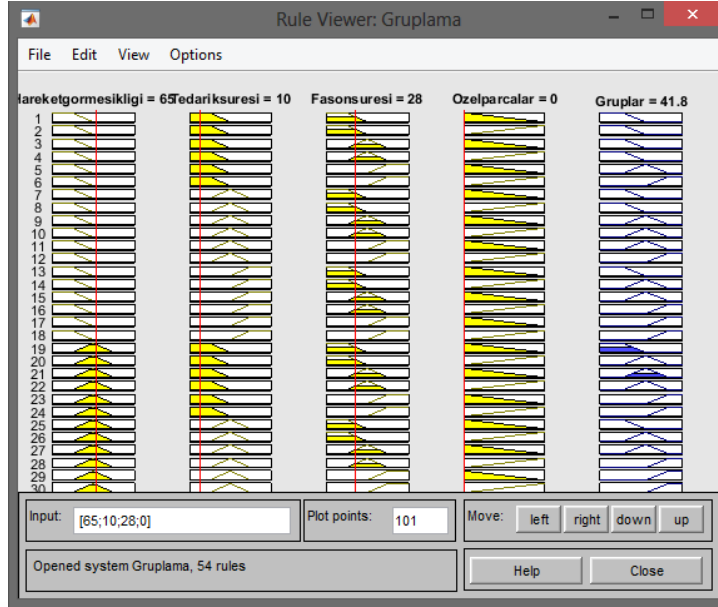
Şekil 5.8. Hareket Görme Sıklığı Bulanık Küme Grafiği

Giriş ve çıkış parametreleri girildikten sonra, kural tabanının da girilmesi gerekmektedir. Kural tabanı, uzman sistemlerdeki gibi karar kurallarına benzemektedir. Kural tabanı Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Karar Kuralları Bloğu

Modülün "Rules" bölümünde bizim gireceğimiz verilere göre en uygun atamanın yapıldığı ara yüz bulunmaktadır. Sonuç bölümünün bulunduğu ara yüz, Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Şekilde sol altta bulunan "Input" kısmında kriterlerimizin değerlerini gireceğimiz bölüm bulunmaktadır. Sonuç kısmı ise sağ üstte çıkış biriminin yanında bulunmaktadır. Çıkış biriminin değeri, Şekil 5.3'te çıkış parametrelerinin bulanık küme grafiğinde belirtildiği üzere yüzdesel olarak verilmektedir. Fuzzy Logic Designer modülünün sonuç ara yüzü Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Fuzzy Logic Designer Modülü Sonuç Ara Yüzü

Sonuç değerini Şekil 5.3'te bulunan grafikte yerine koyarak kesin grup atamasını yapmış oluruz. Şekil 5.10'da örnek olması açısından "X4" parçasının değerleri girilmiştir. Sonuç değeri, % 41,8 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Şekil 5.3'te grafiği 2 noktadan kesmektedir. Bu noktada maksimum kuralı gereği grafiği üstten kesen nokta seçilerek grup ataması yapılır. Üst nokta "F" grubunu ifade ettiği için "X4" parçası, "F" grubuna atanır.

Adım 5'te bulanık ataması yapılan stok kalemlerinin grupları Tablo 5.12'de gösterilmiştir.

Tablo 5.12. Bulanık Mantık Atama Sonuçları

Parça No	Parça Adı	Bulanık Mantık Ataması
4	X4	F
8	X8	N
9	X9	S
10	X10	F

Adım 6: Tüm parçaların kesin atamaları tamamlandıktan sonra bu adımda, parçaların ABC analizine göre grupları ile FNS algoritması sonucu atandıkları gruplar eşleştirilerek nihai gruplar elde edilir. Tablo 5.13'de iki farklı sınıflandırma sonucu oluşan nihai gruplar belirtilmiştir.

Tablo 5.13. Nihai Gruplar

Parça No	Parça Adı	Kesin Atananlar	ABC Sınıflandırması	Nihai Gruplar
1	X1	S	A	SA
2	X2	N	A	NA
3	X3	S	B	SB
4	X4	F	B	FB
5	X5	S	C	SC
6	X6	N	C	NC
7	X7	N	A	NA
8	X8	N	B	NB
9	X9	S	C	SC
10	X10	F	C	FC

Tablo 5.13'de bütün stok kalemlerinin nihai grupları bulunmaktadır. Son durumda bütün stok kalemleri hem "Değer" kriterine göre hem de "Konfigürasyon Yönetimi" kriterine göre gruplandırılmıştır. Tabloda bulunan stok kalemleri bize birçok noktada bilgi vermektedir. Örneğin "SA" olarak atanan stok kalemi, değer olarak "A" sınıfı bir malzeme olmasına rağmen önem olarak "S" sınıfı bir malzemedir. Stok sayma işlemlerinde bu malzemeyi diğer "A" sınıfı malzemelerden ayırmak bize birçok konuda kolaylık sağlayacaktır.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Stokların etkin yönetilmesi sürecinde stok kontrol maliyetlerini minimize etmek amacıyla ABC analizi yıllardır kullanılmıştır. İlerleyen dönemlerde birden fazla kriterli stok sınıflandırma yöntemleri geliştirilerek klasik ABC metoduna katkılarda bulunulmuştur. Belirtilen amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmada, ABC analizi ile entegre çalışacak FNS algoritması geliştirilmiştir. FNS algoritması depo yönetiminde kullanılan söz konusu birçok kriteri kullanarak etkin bir sınıflandırma ortaya koymayı amaçlar. Uzman sistem, kümeleme algoritmaları ve bulanık mantık ile çalışan bu algoritmada her bir stok kalemi FNS algoritmasında belirtilen gruplara atanır. "F" grubu depo için fonksiyonel sayılabilecek stok kalemlerini kapsamaktadır. "N" ile belirtilen grup, normal olarak nitelendirilen stok kalemlerini kapsar. Başka bir ifadeyle "F" grubu stok kalemlerine göre daha az kritik parçalar şeklinde ifade edilebilir. "S" grubuna ait stok kalemleri ise önem derecesi düşük olan sıradan parçalardır. ABC stok sınıflandırma yönteminde, ürünler "Değer" oranlarına göre sınıflandırılmaktadır. Daha çok sağlık kurumlarında kullanılan VED analizinde ise ürünler "Hayati" derecelerine göre gruplandırılmaktadır.

Bu çalışmada da birden fazla kriterli stok sınıflandırma yöntemlerine katkı sağlayacağı düşünülen FNS algoritması geliştirilmiştir. Algoritma, uzman sistemleri, kümeleme algoritmalarını ve bulanık mantığı kullanması açısından literatürde yer alan çalışmalara yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Algoritmada yer alan kriterler sektörler arası ya da çalışılacak problemlere göre farklılık arz edebileceğinden dolayı birçok alanda uygulanabilir. Algoritmanın önemli noktalarından biride esnek olmasıdır. Farklı kriterlerin değerlendirilmesi, bu kriterlere göre farklı sınıflandırma yöntemlerinin geliştirilmesi açısından işletmelerde stok yönetimi faaliyetlerine referans olacaktır. Bunun yanı sıra çok ölçütlü sınıflandırma yöntemlerinden farklı olarak birden fazla yöntemden faydalanan algoritma, benzeri sınıflandırma metotlarına göre önemli derecede farklılık arz etmektedir.

Geliştirilen RFID temelli stok yönetim modeli ile bilgi teknolojilerinin depo süreçlerine entegrasyonu sağlanmıştır. Malzemelerin dinamik olarak izlenebilirliği, değişikliklerin hızlı bir şekilde yapılması, stok kalemlerinin depo içerisinde yerleştirilmesi ve bulunması işlemlerinin geliştirilen stok yönetim modeli ile etkinliği arttırılmıştır. Ayrıca RFID teknolojisinin, malzeme çeşitliliğinin ve yoğunluğunun fazla olduğu otomotiv sektöründe kullanılması, diğer sektörlerde de uygulanabileceğini göstermiştir.

KAYNAKÇA

Anonim, DHL, İade Lojistiği, (Çevrimiçi), http://www.dhl.com.tr/tr/logistics/industry_sector_solutions/fashion_logistics/reverse_logistics.html. (Erişim Tarihi: 15.11.2016)

Anonim, "Ters Lojistik", (Çevrimiçi), http://www.logisticclub.com/konular_detay.php?id=75. (Erişim Tarihi: 15.11.2016)

Acar, U., Bulanık Mantıkla Görüntü Zenginleştirme Yöntemlerine Dayanarak Mammogramlardan Mikro Kalsifikasyon Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, 10. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

Adams, R. John, Principles of project management with a new introduction, PMI Publications, 1997.

Arrow, K. J., An extension of the basic theorems of classical welfare economics, Proceedings of Second Berkeley Symposium on Math. Statist. and Prob, Univ.of Calif. Press : 507-532, 1951.

Baker, P., Canessa, M., Warehouse design: A structured approach, European Journal of Operational Research, 193, 425-436, 2009.

Ballou, R. H., Business logistics supply chain management, 5th edition, Inc. Upper Saddle River, s. 137, New Jersey, 2004.

Barutçugil, İ., Performans Yönetimi, (2. Baskı), Kariyer Yayıncılık İletişim Eğitim Ltd. Şti, 2002.

Başkak, M., Depo Tasarımı ve Yönetimi, Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.

Berczuk, S. P., Appleton, B., Software configuration management patterns: Effective teamwork, Practical Integration, Addison Wesley, 2009.

Beşli, S., Pratik Bilgiler: Lojistik, İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, Ankara, 2004.

Bidgoli, H. Distribution and warehousing in supply chains, The Handbook of Technology Management, Supply Chain Management, Marketing and Adversiting and Global Managemet, John Wiley & Sons, Vol 2, s. 357, USA, 2010.

Bilginer, B., Depo Düzen ve Dizayn Amaçları, 2002.

Bowersox, J. D., Closs, J. D., Cooper, M. B., Supply chain logistics management, McGraw Hill, ss. 31-35, New York, 2002.

Brockman, T., Godin, P., Flexibility for the future in warehouses design, IIE Solutions, V. 29, Iss. 7, s. 22, 1997.

Büker, S., Aşikoğlu, R., Sevil, G., Finansal Yönetim, (6. Baskı), Sözkesen Matbaacılık, Ankara, 2010.

Cebeci, U., Hücresel İmalatın Başlangıç Aşamaları İçin Uzman Sistem Yaklaşımı, İTÜ Basılmamış Doktora Tezi, 1994.

Chorofas, D.N., Expert System in Manufacturing, Automation in Manufacturing Series, New York, 1992.

Connolly, C., Warehouse management technologies, Sensor Review: 28 (2), 108-114, 2008.

Polatkan, A. C., Türkiye'nin RFID Çözümler, Mantis RFID, 2012.

Çakır, O., Canbolat, M.S., A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology, Expert Systems with Applications, 35, 1367-1378, 2008.

Çelikçapa, F. O., Üretim Yönetimi ve Teknikleri, Alfa Yayınları, s. 165, İstanbul, 2003.

Çeltek, A., Avrupa birliği ile müzakereler ve gıda güvenliği, Gıda Mühendisliği Dergisi, 19, 17-18, 2005.

Çevik, O., Yıldırım, Y., Bulanık doğrusal programlama ile süt ürünleri işletmesinde bir uygulama, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 12 (18), 15-26, 2010.

Dalgaldere, S., İletişim Araçlarında Bulanık Mantık Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2014.

Davis, A. M., Software requirements: Objects, functions & states, Prentice Hall, 1993.

Doğan, M., İşletme Ekonomisi ve Yönetimi, İzmir, 2007.

De Koster, R., Le-Duc, T. ve Roodbergen, K. J., Design and control of warehouse order picking: A literature review, *European Journal of Operational Research*, 182, 481-501, 2007.

Dubois, D., Klement, E. P., Prade, H., *Fuzzy Sets, Logics and Reasoning About Knowledge*, Norwell, USA: Kluwer Academic Publishers, 1999.

Dubois, D., Ostasiewicz, W., Prade, H., *Fundamentals of Fuzzy Sets*, Massachusetts, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000.

Dubois, D., Prade, H., Yager, R. R., *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems*, San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1984.

Duru, N., Kurtuluş, C., Canbay, M., Gürültü etkilerinin bulanık mantık temelli bir yöntemle analizi, *Uygulamalı Yerbilimleri*: 62-75, 2008.

Eliens, A., *Principles of object-oriented software development*, Addison Wesley Publication, 2002.

Erdal, C., *Bulanık Mantık ve Firmaların Başarı Kriterlerinin Tanımlanarak Bulanık Mantık ile Ölçülmesinin Bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2008.

Erdal, M., Çancı, M., *Lojistik Yönetimi*, Erler Matbaası, İstanbul, 2003.

Ersöz, O. Ö., Ersöz, S., *İşletmelerde Bilgi Sistemleri*, Nobel Yayınevi No: 1339, Ankara, 2015.

Ersöz, S., Aktepe, A., An expert system approach for high school type selection, *Gazi University Journal of Science*, 24 (2), 317-327, 2011.

Ertek, G., Cross Docking, *Lojistik Dergisi*, s. 22, 2010.

Fotheringham, A. S., Rogerson, P. A., *The SAGE Handbook of Spatial Analysis*, London: SAGE, 2009.

Frazelle, E. H., Apple, J. M., *Warehouses Operations, The Distribution Management Handbook*, Printed and Bound by R. R. Donnelley & Sony Company, 1994.

Freese, T. L., *Warehouse Layout and Design*, Principal of Freese & Associates, 2000.

Gue, K. R., Warehouses without inventory, *International Commerce Review*, 7 (2), 124-132, 2007.

Gu, J., Gosetschalckx, M., McGinnis, L. F., Research on warehouse operation: A Comprehensive review, *European of Journal Operational Research*, 177, 1-22, 2007.

Gülcan, B., Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Bisküvi İşletmesinde Optimum Ürün Formülü Oluşturma, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2012.

Hales, H. L., Put your warehouse in order industrial engineering, V. 38 (2), s. 34-37, 2006.

Han, J., Kamber, M., Data Mining Concepts and Techniques, Morgan Kauffman Publishers Inc., Germany, 2001.

Harrison, A., Van Hoek, R., Logistics management and strategy, Second ed. Person, s. 217, Harlow, 2005.

Hopbaoglu, F., Tedarik Zincirinde ve Lojistik Süreçlerde Depo Tasarımı ve Depo Yönetimi: Kozmetik Sektöründe Bir Uygulama, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

Humphrey, Walter, S., A Discipline for software engineering, Addison Wesley, 1995.

İmrak, E., Gerdemeli, İ., Endüstriyel Depolama Teknikleri, Transport Tekniği Ders Notları, 2009.

Kenneth K., Kendall E., Julie, E., System Analysis and Design, 2005.

Kılıç, A. B., RFID Yoklama Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 2015.

Konuralp, S. M., Depo Yönetimi, İÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Üretim Yönetim Ana Bilim Dalı İşletme Yüksek Lisans Tezi, s. 32, İstanbul, 2003.

Koster, R., Brito, M. P., Vendel, M. V., Return handling: An exploratory study with nine retailer warehouses, *International Journal of Retail & Distribution Management*, s. 30 (8/9), s. 411, 2002.

Kotler, P., Marketing management, Prentice Hall, s. 541, London, 2006.

Kotonya, G., Sommerville, I., Requirements engineering: Processes and techniques, John Wiley & Sons, 1998.

Kowali, K., Janusz S., Knowledge Based Problem Solving, Prectice-Hall, New Jersey, 1986.

Kumuk, C., Depolama Sistemleri ve Ekipmanları, Lojistik Kampı 2005 Sunumları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005.

Lambert, D. M., Stock, J. R., Ellram, L. M., Fundamentals of logistics management, McGraw Hill, s. 49, Singapore, 1998.

Laudon, Kenneth, C., Laudon, Jane, P., Management Information Systems- Managing The Digital Firm, 2002.

Liu, Y., Chen, G., Ying, M., Fuzzy Logic, Soft Computing and Computational Intelligence, 1515, Beijing, China: Eleventh International Fuzzy Systems Association World Congress, 2005.

Madni, Azad M., The Role of Human Factors in Expert Systems Design and Acceptance, Human Factors, The Human Factors Society Inc., 30, 1998.

Mallawarachchige Don, S. K., Siriwardaganagea, N., Software engineering and management, Bachelor Thesis IT University of Gotenburg, s. 15, Sweden, 2008.

Marcellus, Daniel, H., Expert Systems Programming in Turbo Prolog, Prentice Hall Inc., USA, 1989,

Mclachlan, G. J., Bkaford, K. E., Mixture Models: Inference and Applications to Clustering Approach for Very Large Spatial Databases, Vldb, 1998.

Michaud, P., Clustering Techniques, Future Generation Computer Systems, 13, 1997.

Murray, M., Warehouses best practices, 2011.

Ness, M., Multivariate Techniques Curso de Especializacion Postuniversitaria en Marketing Agroalimentario, CHIEAM, Spain, 2000.

Olson, D. R., Seven trends of highly effective warehouses, IIE Solutions, V. 28 (2), s. 12, 1996.

Ould, M.A., Business processes: Modeling and analysis for re-engineering and improvement, John Wiley & Sons, 1995.

Ölçer, C., Önüt, S., Lojistik Sektöründe İnsan Kaynakları Yönetimi, International Logistics Congress, s. 2, 2003.

Önüt, S., Tuzkaya, U. R. ve Doğaç, A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem, Computers and Industrial Engineering, 54, 783-799, 2007.

Öz, E., Baykoç, Ö. F., Tedarikçi seçimi problemine karar teorisi destekli uzman sistem yaklaşımı, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 19 (3), 275-286, 2004.

Öztürk, A., Etkin Depo Yönetimi ve Lojistik Depoların Etkin Depo Stratejileri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2011.

Pavel, L., Effect of equalization strategy on dynamic responses of optical networks, Proceedings of IEEE LEOS, Laser and Electro Optics Society Annual Meeting, Glasgow, UK 185-186, 2005.

Perrealt, W. D., McCarthy, E. J., Basic marketing: A global managerial approach, Chicago: Times Mirror Higher Education Group, s. 12, s. 72, 1996.

Pressman, Roger, S., Software Engineering A Practitioner's Approach, 2005.

Rao, M., Wang, Q.C., Jianzhang, Integrated Distributed Intelligent Systems in Manufacturing, Chapman Hall, 1993.

Rezaei, J., Dowlatshahi, S., A rule-based multi-criteria approach to inventory classification, International Journal of Production Research, 1-20, 2010.

Ross, T. J., Fuzzy Logic with Engineering Applications, U.K: John Wiley and Sons, 2010.

Rouwenhorst, B., vd., Warehouses design and control: Framework and literature review, European Journal of Operational Research, 182, s. 518, 1999.

Salvendy, G., Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management, John Miley & Sons, New York, 2000.

Seidman, C., Data Mining with Microsoft SQL Server 2000 Technical Reference, Microsoft Press, Redmond, WA, USA, 2001.

Sommerville, I., Software engineering, Pearson- Addison Wesley Publication, 2004.

Şahin, İ., Börklü, H. R., İki görünüşle ifade edilen prizmatik parçaların, uzman sistem yardımıyla katı modellerini oluşturma, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi Universty, 22 (4), 819-827, 2007.

Tan, P. N., Introduction to Data Mining, Pearson Education India, 2007.

Taşkın, H., Türker, S., Endüstriyel sistemlerde yapay zeka ve uzman sistem uygulamaları, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 14,1991.

Tompkins, J. A., Smith, J. D., The warehouses management handbook, NC: Tomkins Press, Raleigh, s. 1-2, 1999.

Thomas, P., Weedon, R., Object-oriented programming in Eiffel, Addison Wesley Publication, 2003.

Ülengin, F., Karadağ, F., Türkiye'deki 3PL lojistik hizmet sağlayıcılara genel bakış, Lojistik Dergisi, 2 (5), Lojistik Derneği Yayın Organı, s. 39, 2005.

Üstündağ, A., RFID teknolojisi ile iş süreçlerinde paradigma değişikliği, Lojistik Dergisi, 5, s. 33, 2005.

Waterman, Donald, A., A Guide To Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986.

White, B. A., Software configuration management strategies and rational clearcase, Addison Wesley, 2000.

Whitgift, D., Software configuration management: Methods and tools, Addison Wesley, 1990.

Yamak, O., Üretim Yönetimi Sistemsel Bir Yaklaşım, (5. Baskı), Türkmen Kitabevi, İstanbul, 2007.

Yılmaz, Z., Ocak, Ş., Bulanık Mantık ile Aneminin Belirlenmesi, 1. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, 375-381, Çankaya Üniversitesi, 2008.

Zadeh, L. A., Is there a need for fuzzy logic?, Information Sciences, 178, 2571-2779, 2008.

Zaim, A. H., Yeni nesil teknoloji olarak RFID, RFID sistem yapıları ve bir RFID sistem tasarım yaklaşımı, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 2-3, 2009.

Zimmermann, H. J., Fuzzy Set Theory and Its Applications, USA: Kluwer Academic Publishers, 2001.

